

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. А.Н. КОСЫГИНА (ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»



На правах рукописи

Павлов Максим Андреевич

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ОДЕЖДЫ, ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

Специальность 05.19.01

«Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Е.А. Кирсанова

Москва 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРИДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ОДЕЖДЫ	9
1.1 Анализ современных высокотехнологичных материалов для одежды различного назначения	9
1.1.1 Анализ применяемых современных комплексных материалов	11
1.1.2 Анализ технических решений, посвященных разработке современных инновационных материалов.....	26
1.2 Методы и средства придания материалам для одежды особых функциональных свойств.....	35
1.2.1 Инновационные текстильные материалы для защитной одежды.....	36
1.2.2 Технические устройства, используемые в текстильных материалах	38
Выводы по первой главе.....	48
ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЛЕКСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ....	50
2.1. Модель проектирования комплексного материала, отвечающего заданным конструктивно-технологическим и потребительским свойствам.....	50
2.2 Разработка требований к пакету материалов для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях	61
2.3 Разработка теплозащитного пакета с регулируемым тепловым сопротивлением.....	73
2.4 Разработка методики исследования комфортности материалов и пакетов....	80
Выводы по второй главе	83
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ (ПАКЕТОВ) МАТЕРИАЛОВ ОДЕЖДЫ.....	85
3.1 Методы и средства по определению основных характеристик многокомпонентных материалов.....	86
3.2 Методики, используемые при испытании материалов и пакетов	90
3.3 Выбор объектов исследования.....	93
3.4 Экспериментальные исследования комплексных утепляющих материалов и пакетов, эксплуатируемых в экстремальных условиях.....	100
3.5 Оценка параметров деталей трансформируемой одежды с учётом свойств материалов	109
Выводы по третьей главе.....	116

ГЛАВА 4. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАКЕТОВ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	117
4.1 Разработка базы данных материалов одежды для экстремальных условий	118
4.2 Элементы баз данных и производственные задачи конфекционирования материалов	124
4.3 Программный комплекс по проектированию и выбору пакетов и материалов изделий.....	130
4.4 Реализация проектирования системы материалов в программном комплексе по проектированию и выбору пакетов и материалов.....	144
Выводы по четвертой главе.....	149
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	151
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	153
ПРИЛОЖЕНИЯ	166

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

Анализ тенденций в развитии изделий легкой промышленности показывает, что изменение ассортимента изделий в основном связано с тем, что потребителю предлагается более широкий выбор изделий, существенно отличающихся по набору функциональных свойств. Проектирование одежды для эксплуатации в экстремальных климатических условиях является актуальной задачей. В зависимости от условий эксплуатации специальной одежды и особенностей конкретных групп потребителей указанные границы параметров сравнительно быстро изменяются, следовательно, и границы адекватного уровня качества также оказываются изменчивыми. Заметное влияние на уровень требований оказывают новые технологии. В настоящее время комплексные текстильные материалы находят все более широкое применение для различных целей, однако недостаточно исследован вопрос, связанный с проектированием таких материалов и пакетов, особенно с использованием цифровых технологий «Индустрии 4.0».

В связи с этим, появляется необходимость в информатизации процессов проектирования, разработки и исследования комплексных текстильных материалов, обеспечивающих высокое качество изделий при эксплуатации в экстремальных условиях.

Цели и задачи исследования

Целью диссертационной работы является усовершенствование методов проектирования свойств комплексных материалов и пакетов одежды на основе оценки характеристик, отвечающих потребностям, за счет применения информационных технологий.

Достижение поставленной цели обеспечивается путем решения следующих задач:

- разработка теоретических основ подбора комплексных материалов и

пакетов одежды для экстремальных условий за счет целенаправленного использования структуры и свойств компонентов, входящих в систему;

– анализ характеристик компонентов системы комплексных материалов, обеспечивающих заданные потребительские параметры свойств, а также методов их достижения;

– анализ современных методов исследования потребительских свойств материалов и пакетов одежды;

– разработка логической структуры взаимосвязей параметров компонентов комплексных материалов и пакетов одежды для экстремальных условий, обеспечивающих заданные потребительские свойства и характеристики;

– разработка программного обеспечения по предложенной методологии с целью экспериментального подтверждения концептуальной модели проектирования комплексного материала или пакета одежды.

Объектом исследования являются характеристики комплексных материалов и пакетов для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях.

Методы исследования

В работе использованы современные достижения в области материаловедения производств текстильной и легкой промышленности, методы математического, компьютерного моделирования, системного подхода и теории множеств, современные методы компьютерной обработки информации, методы разработки баз данных и экспертных систем, основы теории САПР, теория алгоритмизации и программирования, метод системно-структурного анализа, метод функционального моделирования, современные компьютерные технологии и объектно-ориентированное программирование.

Научная новизна работы

Впервые разработаны теоретические основы, раскрывающие сущность и закономерности формирования комплексных материалов и пакетов, эксплуатируемых в экстремальных условиях, за счет целенаправленного использования структуры и свойств компонентов, входящих в систему. В том числе:

– предложена модель проектирования комплексного материала, отвечающего заданным конструктивно-технологическим и потребительским свойствам;

– предложена фасетная классификация компонентов материалов с теоретическими и практическими методами направленного действия, обеспечивающими достижение требуемых потребительских свойств;

– реализован метод применения типовых эвристических приемов при проектировании комплексных материалов и пакетов одежды с заданными потребительскими характеристиками;

– сформирована логическая структура взаимосвязей параметров компонентов комплексных материалов, обеспечивающих потребительские свойства тканей и их характеристики, на основе которой осуществляется прогнозирование или выбор комплексного материала и (или) пакета одежды по заданным требованиям.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке концептуальной модели и алгоритма поиска новых технических решений с целью создания комплексных материалов для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях.

Практическая значимость результатов работы состоит в том, что экспериментально доказана теория усовершенствования методов проектирования текстильных материалов и пакетов одежды, посредством информационных, цифровых технологий. В том числе:

– реализовано программное обеспечение, доказывающее полноценную работу математического аппарата на основе исследования изготовленного, по предложенной методологии, комплексного материала и пакета одежды отвечающим заданным потребительским требованиям;

– разработан способ, позволяющий на стадии проектирования учитывать свойства исходных материалов и определять оптимальные параметры элементов изделий для экстремальных условий, внедрены в практику разработанное устройство и новая методика для исследования свойств комфортности материалов и пакетов при оценке кинетики температуры и влажности в пододежном слое;

– получена конструкция теплозащитного пакета с регулируемой толщиной, содержащая внешний и внутренний слой материала, и расположенный между ними утеплитель, созданный по предложенной методике;

– сформирована база данных материалов и алгоритмы работы программного обеспечения.

Автор защищает:

– принцип классификации материалов, позволяющий описать любую систему материалов с помощью фасетной формулы, обеспечивающей пути поиска технических и технологических решений получения материалов с заданными свойствами,

– математическую модель, описывающую взаимосвязь структуры пакета (комплекса) материалов и эксплуатационные характеристики по предложенной методике оценки материалов,

– созданную структуру баз данных физических и механических эффектов для получения новых типов структур материалов и пакетов для одежды.

Апробация и реализация результатов работы

Основные положения диссертации и результаты работы доложены на заседаниях кафедры материаловедения и товарной экспертизы Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство); Международной научно-технической конференции, посвященной Году науки, Витебск, 2018 г.; II Международной научно-практической конференции «Инновационные внедрения в области технических наук», Москва, 2017 г.; Российско-американской научной школы-конференции «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов и систем РАШХИ-2016», Казань, 2016 г.; II Международной научно-практической конференции «Модели инновационного развития текстильной и легкой промышленности на базе интеграции университетской науки и индустрии образование–наука–производство», Казань, 2016 г.; VII Международной научно-практической конференции «Академическая наука – проблемы и достижения», США, 2015 г.; 48

Международной научно-практической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50-летию университета, Витебск, 2015 г.

Публикации

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 15 печатных работах, 5 из которых – в реферируемых изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы

По своей структуре диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы, приложений. Работа изложена на 164 страницах машинописного текста, содержит 59 рисунков, 25 таблиц. Список литературы включает 124 библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 4 страницах.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРИДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ОДЕЖДЫ

Высокотехнологичный материал и одежда за последнее десятилетие приобрели новые и значительно улучшили традиционные свойства, расширили области использования текстильных изделий. Так же увеличились потенциалы применения инновационных материалов в традиционных сферах, например, костюм с новым эстетическим эффектом и функциями с информационными технологиями, текстильные материалы с защитными и управляемыми свойствами.

Производство современных материалов с высококачественно новыми свойствами, увеличение технического уровня всех этапов текстильного производства, появление перспективных информационных технологий открывает новые потенциалы в тенденции развития текстильной промышленности [1]. Следовательно, на основании этого появляются новые решения в производстве одежды и адаптации ее к организму человека, например, регулирование микроклимата пододежного пространства [2].

На основе применения научных достижений в области инженерного творчества, информационных технологий может быть создано современное производство качественной высокотехнологичной одежды, удовлетворяющей современные и эксплуатационные потребности для экстремальных условий окружающей среды человека.

1.1 Анализ современных высокотехнологичных материалов для одежды различного назначения

На современном этапе развития рынок инновационных материалов легкой промышленности претерпевает существенные изменения. На потребительском рынке появляются ткани различных структур с усовершенствованными и новыми свойствами. Функциональность текстильных материалов является одним из главных направлений новаторского процесса в текстильной индустрии [3].

Потребители требуют от выпускаемой одежды все больше различных свойств, в том числе и функциональных. Престижные и повседневные изделия наделяются такими способностями, как износостойкость, пластичность, комфорт и удобство при эксплуатации изделий.

В первую очередь следует отметить, что в модной индустрии выпускается широкий ассортимент тканей для одежды. Поэтому большое внимание уделяется развитию ассортимента, отделки, цвета, а также конструкции изделий, которые подбираются с учетом модной тенденции и функциональности изделий [4]. Такие текстильные материалы должны соответствовать гигиеническим, эксплуатационным и эстетическим требованиям [5]. Следовательно, сделанная одежда, отвечающая гигиеническим требованиям, дает возможность защитить человека от неблагоприятных факторов внешней среды, высоких и низких температур, ветра, лишней солнечной радиации. Соблюдение этих критериев способствует созданию комфортных условий для человека и его жизнедеятельности.

В настоящее время одежда считается промышленным продуктом и результатом научно-технического прогресса. В связи с этим, одной из особенностей стадии современного развития производства текстильных изделий составляет значительное ужесточение всего комплекса условий к продукции: эксплуатационных, потребительских, эстетических и промышленных аспектов, что, стало быть, обосновано ростом уровня качества жизни в мире, а также повышением конкуренции при реализации продуктов на рынке. Потребители в большинстве случаев выбирают изделия престижные, комфортные, функциональные, эстетичные и качественно изготовленные. Увеличение конкурентоспособности изделий российских компаний достигается в текущее время, в основном, за счет роста количества выпускаемой продукции. Ассортимент текстильных материалов успешно расширяется, улучшаются потребительские свойства, а текстильные предприятия часто продолжают работать по давно сложившимся, традиционным технологиям [6]. Из-за несогласованности технологий в сфере проектирования

одежды и в сфере отделки материалов возникают противоречия, что сказывается на качестве текстильной продукции.

Важной составляющей в повышении эффективности производства и качества текстильных изделий являются информационные технологии, так как они содействуют развитию промышленности в направлении уменьшения длительности производственного цикла и количества операций, повышения наукоемкости, материала, труда и энергосбережения, а также автоматизации, механизации и роботизации технологических процессов. Одежда в текущее время все больше становится объектом внедрения научных достижений [7].

1.1.1 Анализ применяемых современных комплексных материалов

Количество заменителей традиционных шерсти и хлопка увеличилось за последнее десятилетие в несколько раз в связи с тем, что у производителей одежды выросли потребности к материалам. Проводя анализ главных тенденций в развитии материалов можно выделить предпочитаемые свойства одежды, обеспечивающие деятельность человека. Такие требования к материалу как: гидрофобность и устойчивость к влаге, – приводит к применению в материалах синтетических волокон полиэстера. А потребность в сохранении первоначальных свойств материала, эластичности и возможности отвода влаги от тела, приводит к созданию полиэстера из микроволокон. На такие волокна, для улучшенной защиты от влаги, наносят разные гидрофобные покрытия. При этом удастся сохранить значительную гидрофильность волокон наружного слоя, всасывающие влагу от тела и удаляющую ее через испарение [8].

С кожи человека, в основном, при любых условиях испаряется влага, однако, при физических нагрузках на организм происходит терморегуляция через потоотделение для отвода излишнего тепла. Таким образом, человек при сильной физической активности за несколько часов выделяет до 1 литра жидкости [9]. Чтобы материал не препятствовал этому процессу, дав возможность влаге

испариться в атмосферу и в это же время защитил от внешней влаги, обеспечив материал свойством водостойкости, начали применять паропроницаемые мембраны [10].

Ткани с контролем влаги. В этих тканях с внутренней стороны, которая прилегает к коже, применяются волокна большего диаметра, так как поверхность, контактирующая с телом будет меньше. Волокна с меньшим диаметром, а значит с большей контактной поверхностью, применяется на внешней поверхности материала, таким образом влага от кожи быстрее распространяется по поверхности и быстрее высыхает. Движение влаги происходит от внутренних волокон к внешним под действием капиллярных сил [11]. В материале скрученные нити с меньшим размером волокна и с более значительной капиллярностью на внешней поверхности находятся рядом с нитями из волокон на внутренней поверхности, убирающими влагу с поверхности тела. Такой двухкомпонентный материал помогает, сохраняя тепло, отводить влагу. На данный момент высокоэффективными материалами (рисунок 1.1) считаются— Polartec Power Dry или Polartec Power Stretch американской фирмы Malden Mills.



Рисунок 1.1 – Структура трикотажного полотна Polartec

Из-за мягкого ворсистого велюра на внутреннем слое, такие ткани комфортны при контакте с телом. Высокая эластичность материала позволяет с легкостью снимать и надевать вещи.

Производитель указывает, что ткани Polartec обеспечивают абсолютную защиту от воздушных масс, движущихся со скоростью 50 километров в час,

скорость отвода влаги не указывает, однако отмечает, что в сравнении с традиционными тканями из ветрозащитного флиса эффективнее в 3 раза.

Водоотталкивающие пленки имеют низкую механическую прочность, так как толщина их может составлять всего несколько микрон. Поэтому, они используются на изнаночной стороне проницаемой для влаги и воздуха ткани. Таким образом, конечные свойства этого комплексного материала будут в полной степени зависеть от свойств поверхностного слоя наружной ткани, определяющая внешний вид, толщину, жесткость, прочность и т.д. [12].

Конструкция такого комплекса может быть двухслойной, двухслойной с половиной или трехслойной. В первом случае мембрану (рисунок 1.2) защищает от механических повреждений дополнительная подкладка или сетка, во втором – производится тиснение мембраны, чтобы уменьшить зону контакта, в третьем – производится ламинация мембраны мелкой сеткой. Трехслойная конструкция считается идеальной для применения в тех местах, где высокая степень износа изделия, например, плечи и локти.



Рисунок 1.2 – Структура традиционной мембраны

Изготовленная из трехслойной мембраны одежда, лучше всего подходит тем, кто нуждается в сочетании максимальной прочности и легкости одежды.

Мембраны изготавливают, используя синтетические полимеры: сополимеры полиэстера «Sympatex», полиуретан – PU «Toray», политетрафторэтилен - ePTFE «Gore-tex» [20]. При изготовлении тонких пленок мембраны из водоотталкивающих (гидрофобных) полимеров, их делают пористыми. Одной из самых популярных изготавливаемых мембран считается «Gore-Tex». Он содержит в своей структуре 9 миллиардов пор на кв. дюйм. Однако, размеры этих пор слишком малы для пропускания влаги внутрь, но довольно велики, чтобы пропустить ее обратно изнутри [13]. Паропроницаемость вычисляется количеством паров воды пропущенных одним квадратным метром мембраны в течении 24 часов ($\text{г}/(\text{м}^2\text{час})$). Существует другой параметр обратный «паропроницаемости» – это сопротивление одного квадратного метра мембраны проникновению паров (RET). Разница заключается в используемых для измерения стандартах.

Водостойкость определяется высотой водяного столба в мм, который мембрана может сдержать без пропуска воды. Так у ткани «Gore Tex Classic»: паропроницаемость двухслойной мембраны составляет RET 55 ($\sim 20000\text{г}/\text{м}^2/24\text{ч}$), трехслойной мембраны – RET 80 ($\sim 25000\text{г}/\text{м}^2/24\text{ч}$), водостойкость более 20000 мм, ветрозащита – 100%. За последнее время стали появляться более дешевые пористые мембраны, имеющие различные характеристики водостойкости и паропроницаемости, например: «Supplex», «Nipora», «Ultrex», «Event», «Breathtex» и др.

Неопрен —мягкий материал с пористой структурой (рисунок 1.3), относится к семейству синтетических каучуков. Ключевыми свойствами данного материала считаются высокая эластичность, водонепроницаемость и высокая степень плавучести за счет своей пористой структуры. В быту неопрен характерен как теплоизолирующий материал и устойчив к вредным воздействиям разных химикатов и масел [14]. Как отдельные элементы или одежда в целом из неопрена обширно используется в экипировке любителей подводного плавания и активного отдыха на воде, туристов-водников, рыболовов и т.д.

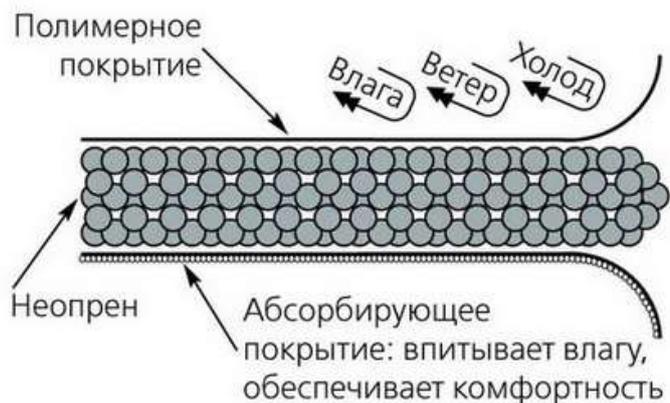


Рисунок 1.3 – Структура материала из неопрена

Поларон – вид высокотехнологичного паропроницаемого флиса, широко применяется при изготовлении одежды фирмы «Graff» (Польша). Представляет собой уникальную многослойную структуру (рисунок 1.4): 1- капсулированный воздух в волокнах, препятствующий переохлаждению; 2 - внутренний слой, отвечающий за ускоренный сбор излишков влаги с поверхности тела, сохраняя при этом тепло (5); 3 - средний слой, обеспечивающий повышенную износостойкость материала; 4 - наружный слой, служит для вывода излишней влаги и ее испарения, удерживая при этом нужное количество тепла для удержания оптимального обмена;

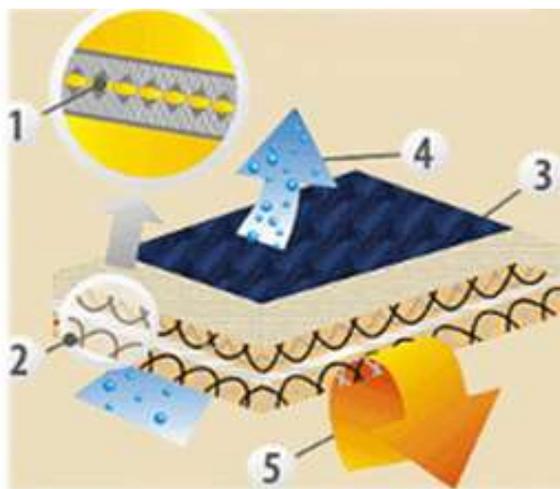


Рисунок 1.4 – Структура материала Polaron

Серплекс -мембранный материал (рисунок 1.5), который состоит из 5 слоев разной фактуры: прочный нейлон, 2 слоя полиуретана, слой тонкого покрытия особого состава и защитная сетка. Внешний слой изделия выдерживает давление

от 5 м водяного столба, а внутри мембрана предохранена особой сеткой от истирания.

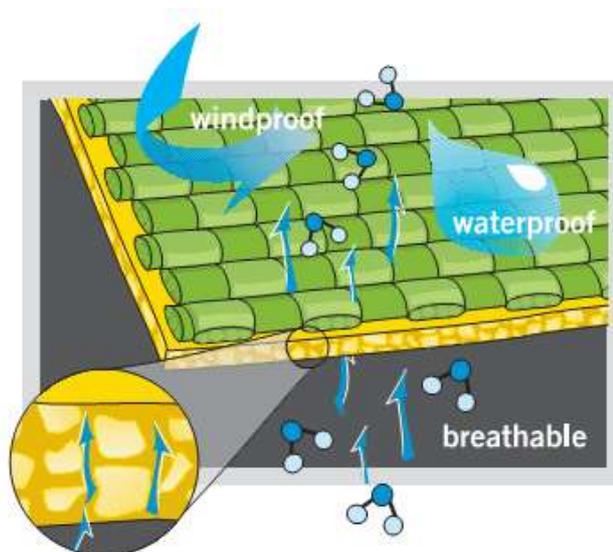


Рисунок 1.5 – Структура материала Cerplex

Мембрана полностью непроницаема для влаги, но не препятствует испарению потовых желез тела. Такой эффект удастся добиться за счет пленки с значительным количеством микропор, которые при соединении между собой занимают до 80% поверхности. На одном квадратном дюйме располагаться около девяти миллиардов микропор, а каждая пора - в двадцать тысяч раз мельче капли дождя, но в семьсот раз больше молекулы воды [13].

Gore-Tex – высокотехнологичный мембранный материал (рисунок 1.6), покрытие которого состоит из следующих компонентов: первый полимер – это пленка с большим числом микропор, за счет чего мембрана выдерживает до 80000 мм водного столба для воды, но не препятствует испарению потовых желез тела. Второй полимер – олеофобное покрытие, которое пропускает выход паров воды, но не дает проход жирам, солям и косметике, которые могут испортить водонепроницаемость первого полимера, забивая его поры. Так как мембраны очень тонкие и подвержены повреждению, их всегда защищают подкладочным и наружным слоями.

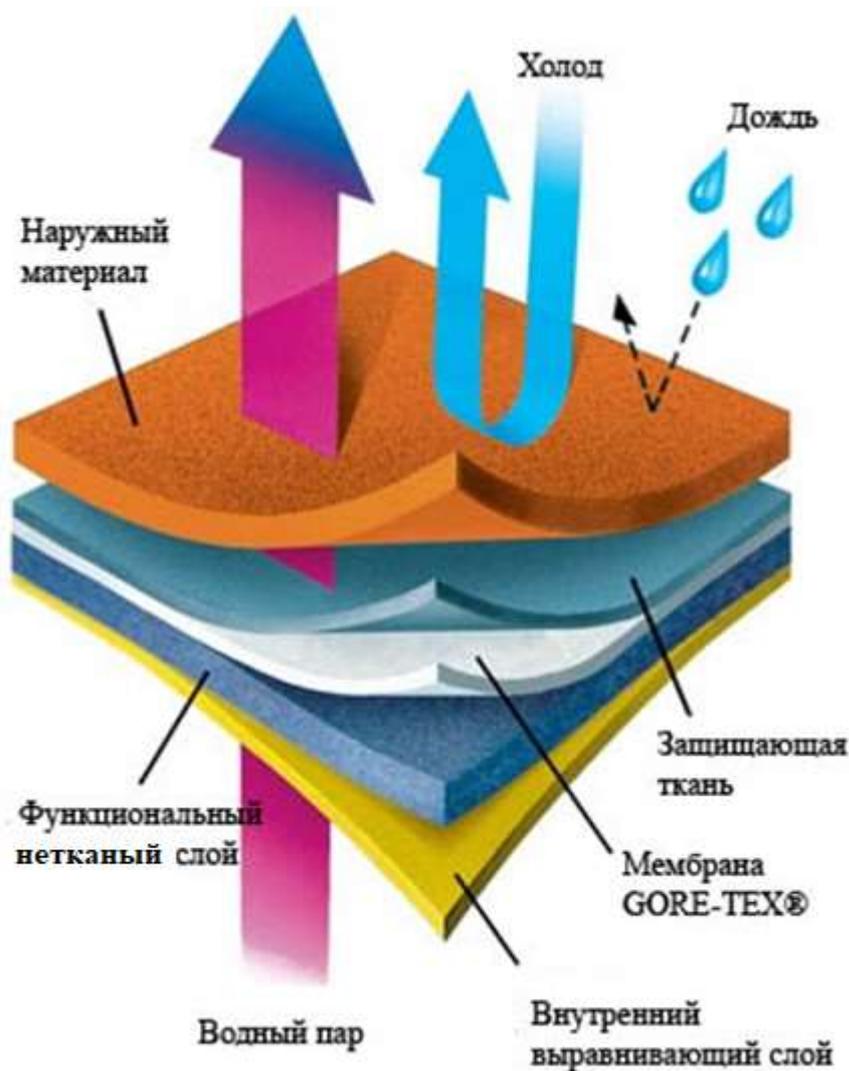


Рисунок 1.6 – Структура материала Gore-Tex

Большинство мембранных материалов Gore-Tex имеют одну из 4 структур:

1) Внешний слой или двухслойное ламинирование мембраны: с внутренней стороны внешнего слоя, который подбирается в зависимости от области применения материала, а с внутренней стороны мембрана защищена подкладкой.

2) Трехслойное ламинирование: внешний слой, мембрана и внутренний слой - ламинируются вместе. В результате ткань получает высокую прочность, но становится жестче, грубее и менее воздухопроницаемая. Данная ткань применяется в особых случаях, при пошиве спортивной функциональной одежды.

3) Z-ламинирование: мембраной покрывается тонкий материал-носитель, помещающийся без затруднений между подкладочными внешними слоями. Достоинства такой структуры: выбор внутреннего и внешнего материалов может

устанавливаться в зависимости, как от функционала, так и от моды, при этом достоинства мембраны всегда сохранены. Z-ламинирование в основном применяют, когда внешний вид материала играет такую же важную роль, как и его функциональность [16].

4) Gore-Tex с облегченной конструкцией: ламинирование мембраны происходит на внутреннем слое подкладки, а наружный слой без труда провисает над ней. В данном случае, выбор внешнего слоя не имеет каких-либо ограничений. Материал приобретает легкость, при этом сохраняя мембранные свойства.

Воздухонепроницаемые ткани. Тефлон — полиамидный материал волокнистой структуры с гидрофобными свойствами (рисунок 1.7). С наружной стороны материал покрыт специальным слоем, тем самым обеспечивая защиту от грязи, скатывания воды и дает материалу устойчивость к разным видам механических нагрузок.

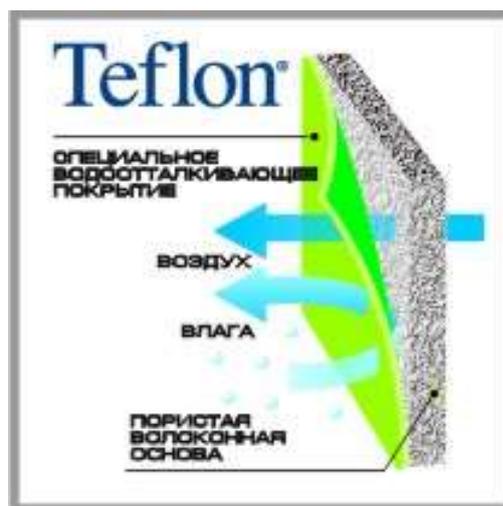


Рисунок 1.7 – Структура материала Teflon

Материал обладает быстросохнущим эффектом и высокой воздухопроницаемой способностью. Подходит для одежды с высокими требованиями к износостойкости.

В материале Полар флис (Polar fleese) (рисунок 1.8) внешняя поверхность имеет устойчивость к истиранию, защиту от влаги и ветра, а ворсистый и мягкий внутренний слой служит максимальным теплоизолятором.

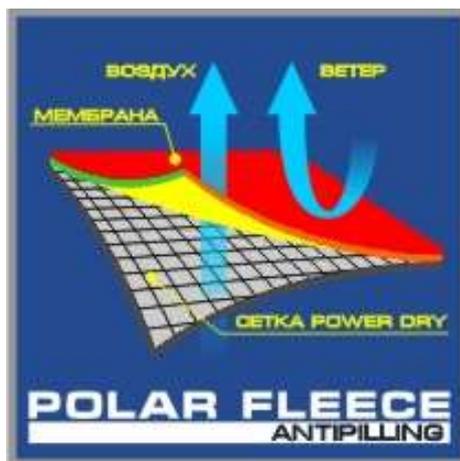


Рисунок 1.8 – Структура материала Polar fleece

Ткань обладает гидрофобными свойствами, воздухопроницаемостью, устойчивостью к воздействию лучей света, антибактериальными, антистатическими и гипоаллергенными свойствами. В отличие от большинства ворсистых материалов, этот сохраняет теплоизолирующую функцию и устойчив к многократным стиркам, имеет относительно большой объем и малый вес [15].

Nobelex – высокофункциональный, гидрофобный и воздухопроницаемый материал, созданный при помощи нанотехнологий. На рисунке 1.9 представлена конструкция, где прочная нейлоновая ткань обработана водо- и грязеотталкивающими пропитками, а покрытием служит микропористая мембрана.

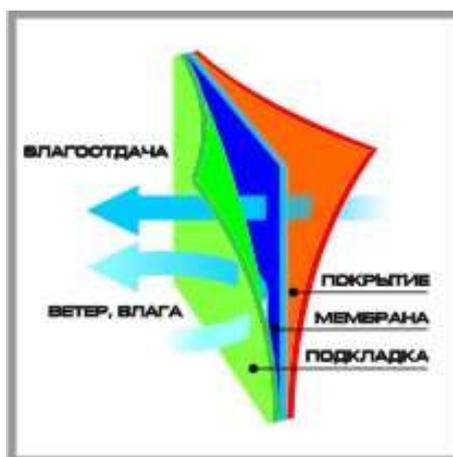


Рисунок 1.9 – Структура материала Nobelex

Такая пропитка придает ткани идеальную гладкость и характерный блеск. Материал так же обладает высокой прочностью и морозостойкостью.

Windbloc – ткань из флиса с мембраной (рисунок 1.10), ветронепроницаемая, но выводящая конденсат изнутри наружу. Сочетает в себе комфорт и тепло флиса, влаго- и ветрозащиту мембраны.



Рисунок 1.10 – Структура материала Windbloc

Windstopper – мембрана (рисунок 1.1.11), ветронепроницаемая, но паропроницаемая изнутри. На воздухопроницаемую ткань наносится мембрана, традиционно – это флис, но бывают ткани следующей структуры: трехслойный материал Windstopper, где мембрана размещена между двух слоев флиса; двухслойный материал Windstopper, где мембрана служит в роле подкладки для флиса [16].

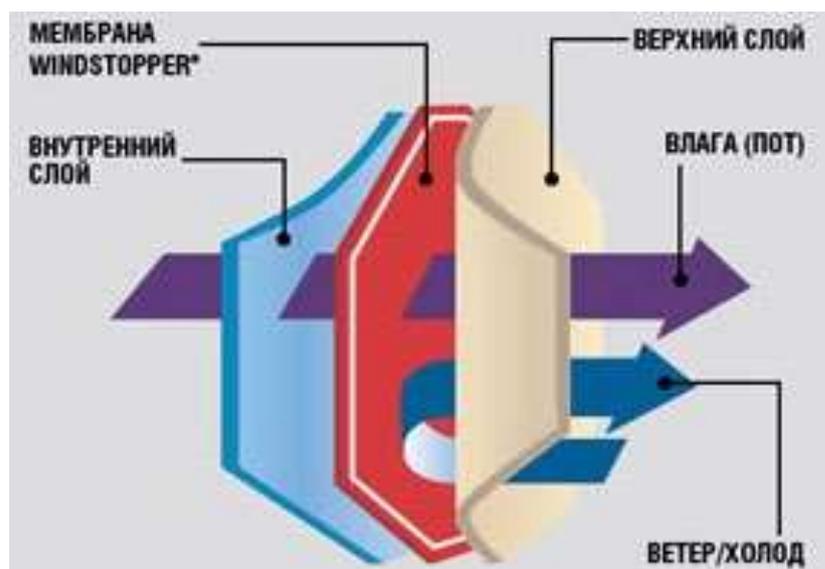


Рисунок 1.11 – Структура материала с мембраной Windstopper

Принято полагать, что любая одежда может быть более функциональными если использовать ветронепроницаемую мембрану Windstopper. Таким образом, обычный флис будет в три раза менее теплый, чем флис с мембраной Windstopper.

Материалы, сохраняющие тепло. Fine tex wing – многослойный высокотехнологичный материал (рисунок 1.12), который регулирует воздухообмен во внутреннем пространстве одежды. Способствует свободному выводу избыточных влаги и тепла на поверхность ткани. Обладает гипоаллергенными и антибактериальными свойствами, прочностью и износостойкостью.



Рисунок 1.12 – Структура материала Fine tex wing

Thermolite – это новый синтетический утеплитель (рисунок 1.13). В разработке использовались три различных вида волокон: наложенные волокна термическим способом, что придает материалу свойства повышенной плотности и дополнительную изоляцию; микроскопические волокна служат основанием материала и нужны для поддержания температуры и компактности; особые 3D-

волокна с воздушными пространствами обеспечивают стабильную форму при многократном использовании.



Рисунок 1.13 – Структура материала Thermolite

Совокупности этих функций позволяет материалу сохранять тепло, не впитывать влагу и оставаться комфортным в носке. Особенностью данного изделия считается его быстрое высыхание относительно других синтетических утеплителей.

Holofiber – современный и высокотехнологичный материал (рисунок 1.14) с функцией теплоизоляции. Структура материала представляется в виде пространственной спирали, которая помогает изделию сохранять и восстанавливать форму. Обладает следующими свойствами: гигиеничность, влагоустойчивость, экологическая чистота, гипоаллергенность, комфортность [17].



Рисунок 1.14 – Конструкция материала HoloFiber

Износоустойчивые полотна. Сетка Air-mesh – это объемный материал, который состоит из трёхмерно сплетенной сетки (рисунок 1.15), образующей ячейки различной величины во внутреннем и во внешнем слое тонкого поролона. Благодаря конструкции сетки, материал наделен различными свойствами: повышенная прочность, постоянная циркуляция воздуха, амортизация.

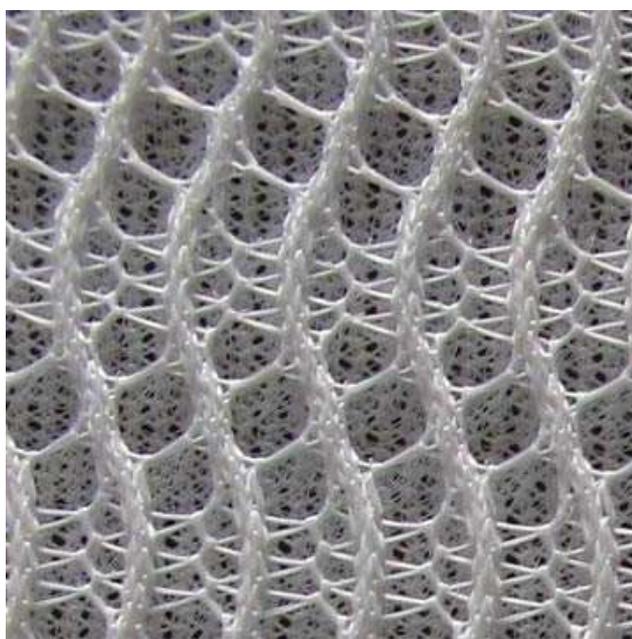


Рисунок 1.15 – Конструкция сетки Air-mesh

Сетка «Air-mesh» широко применяется в изготовлении спортивных и туристических изделий.

Raclite – это новейший двухслойный ламинированный материал, произведенный в США (рисунок 1.16). Данный материал не нуждается в защитной

подкладке мембраны, так как с внутренней стороны мембрана уже защищена слоем в виде точек. Изделия из материала получаются легкими и малообъемными, более прочными и воздухопроницаемы на 25% больше, чем другие двухслойные материалы с ламинированием. При отсутствии подкладочного слоя, материал Paclite может защитить мембрану от испарений и пота.

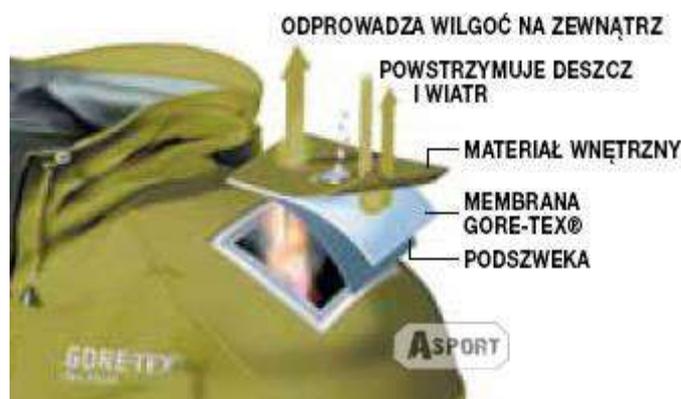


Рисунок 1.16 – Структура материала Gore-Tex 2.5 L – Paclite

Материал имеет обладает свойствами такими, как влаго- и ветронепроницаемость, однако, воздухопроницаемость есть, но при условии, что температура воздуха с внутренней стороны мембраны выше, чем с ее наружной стороны [20].

Виды изделий: Gore-Tex Boston 2C – двухслойный материал для эксплуатации в экстремальных условиях, Gore-Tex Jura 2C – двухслойный материал для эксплуатации в нормальных условиях. Отличие состоит только в способности выводить конденсат. Gore-Tex STRETCH относится к новым эластичным материалам, ламинирован мембраной Gore-Tex, содержит в себе удобство обоих компонентов: эластичность, мягкость, водонепроницаемость, ветронепроницаемость, пропускает воздух. Материал Flora peach 2C содержит в себе 75% хлопка, 25% полиамида, мембрану Gore-Tex Jura 2C. Ткани, используемые в экстремальном зимнем спорте: Safeguard 2.5 layer, Taslan 3 layer, Taslan 2 layer, Seon 2 layer, Seon 3 layer, Tremalzo 2.5 layer (Paclite) [20].

Sympatex – легкая и тонкая (~0,01 мм), при этом прочная мембрана (рисунок 1.17) из полиэстера, не содержит пор, благодаря чему Sympatex образует неодолимую стену для ветра и влаги снаружи. При растягивании в любом

направлении мембрана не растрчивает своих редких свойств. Поэтому, Sympatex сохраняет свою форму даже в локтевых, коленных и плечевых местах, где на мембрану ложится повышенная нагрузка при трении и сгибании материала. Sympatex имеет хорошую паропроницаемость (более 2500г/м² в сутки).

Принцип действия изображен на рисунке. Чтобы достичь уникальный баланс между водонепроницаемостью и «дышащим» свойством в данной мембране применены достижения физики и химии. Так как Sympatex – сплошная пленка, которая не имеет микропор, то изделие непроницаемо для воды и выдерживает 10000 мм водного столба.

Гидрофильные молекулярные зоны, встроенные в мембрану, передают уникальность Sympatex. При повышении температуры и влажности внутри одежды с мембраной выше наружных, появляется разность давлений водяного пара и возникает сила, направленная из зоны высокого давления в зону низкого [19]. С помощью гидрофильных зон в мембране, молекулы пота выходят на внешнюю сторону мембраны, где происходит их беспрепятственное испарение.



Рисунок 1.17 – Структура материала Sympatex

1.1.2 Анализ технических решений, посвященных разработке современных инновационных материалов

Самообучаемый материал. Группа исследователей из Токио представила рубашку, которая способна производить регистрацию движения человека и улучшить спортивные навыки. Такая одежда самообучаема и позволяет передавать навыки ее владельцу, например, умение управлять транспортным средством. [ссылка]

Костюм (рисунок 1.18) имеет множество датчиков, регистрирующих движения человека и транслирующих информацию на портативные устройства. Разработка получила название «Хенома».



Рисунок 1.18 – Костюм «Хенома», запоминающий движения

Данный костюм можно стирать, и он не лишится своих свойств даже после многократного использования. При обучении одежда улавливает и передает сигналы человеку, сообщая таким образом, какие действия необходимо совершать с максимальной эффективностью для получения результата [22].

Ткань с финтес-трекером. Компьютеризированный мир привычных вещей упрощает и улучшает жизнь человека, но разную портативную электронику просто

можно забыть взять с собой или потерять в отличие от одежды. Сотрудники Гарвардского университета изобрели высокотехнологичную ткань (рисунок 1.19), которую можно применить в производстве одежды. Главной особенностью является то, что ткань не имеет никаких дополнительных сенсоров. Она сама исполняет роль одного большого сенсора [21].

Инновационная ткань представляет собой слой кремния, который располагается между двух слоев серебряного проводящего материала. Проводимость кремния в несколько раз меньше серебра. В результате такое наложение формирует емкостный датчик, который улавливает движение, фиксируя изменения тем, что удерживает заряд электрического поля между двумя электродами [22]. Так как при растяжении материала кремниевый слой делается тоньше, то слои проводящего материала сдвигаются.



Рисунок 1.19 – Ткань – фитнес-трекер

Сенсор регистрирует, помимо «фитнес-показаний», движения руки, даже то, на сколько градусов сгибается каждый палец. Такую ткань можно использовать при изготовлении спортивной одежды и одежды для наблюдения за состоянием здоровья пациентов.

Самоутолщающаяся ткань. Американская ученая группа в рамках своего проекта «Otherlab» создала ткань, целью которой является способность изменять свои свойства в зависимости от температуры воздуха. Материал (рисунок 1.20) может изменять свою толщину, не используя при этом ни проводов, ни элементов питания.

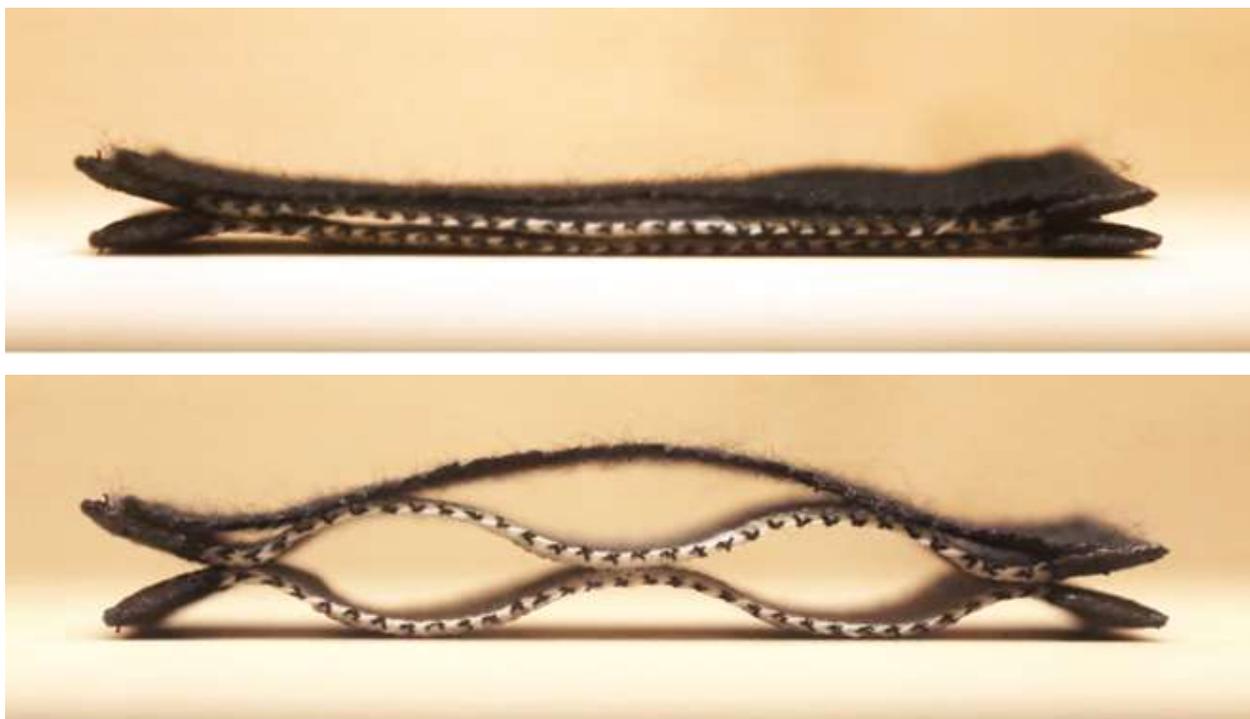


Рисунок 1.20 – Самоутолщающаяся ткань

Это полотно содержит несколько слоев, в состав которых входят материалы с разными свойствами. Поэтому каждый слой неодинаково реагирует на действие температуры окружающей среды. Например, при охлаждении некоторые слои сужаются, из-за чего на материале появляются складки, а между слоями возникают, своего рода, воздушные пространства. Остальные же при нагреве, наоборот, расширяются, ткань выпрямляется и становится прямой [23].

Одежда с автономным отоплением. Калифорнийские исследователи разработали нанопроволочный покрывающий слой для одежды, способный, кроме того, что вырабатывать собственную тепловую энергию, но также сберегать тепло тела человека. Стоит отметить, что эффективность одежды из такого материала, например, у перчатки (рисунок 1.21, а, б) выше чем, у обыкновенной одежды.

Инновация может помочь человеку уменьшить зависимость от стандартных источников энергии, которые имеют ряд отрицательных влияний на удобство эксплуатации и эстетичность одежды.

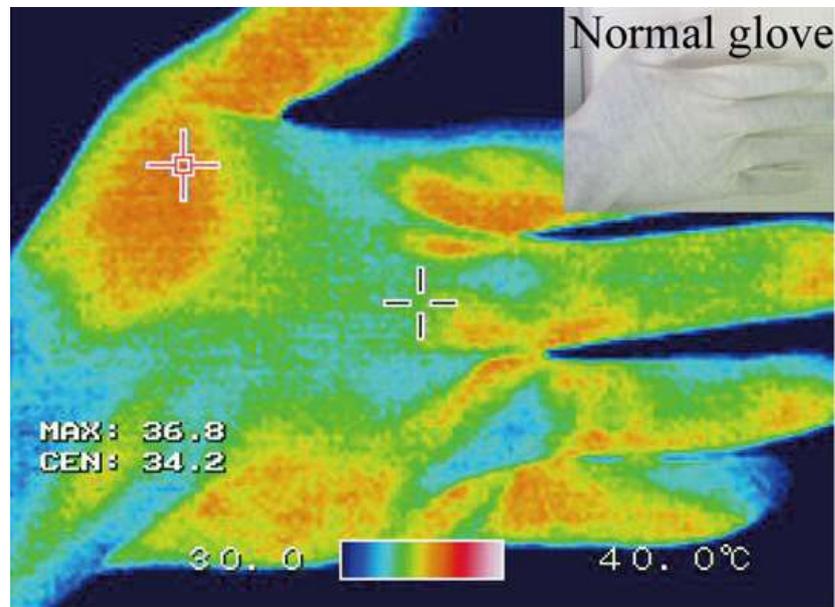


Рисунок 1.21 (а) – Перчатка с автономным отоплением

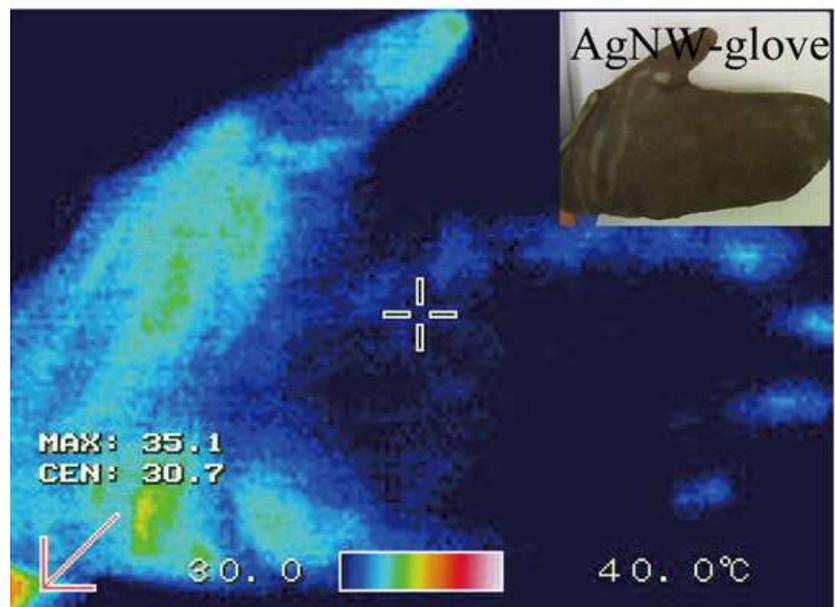


Рисунок 1.21 (б) – Перчатка с автономным отоплением

Разработан набор дышащих и легких материалов, которые обладают определенной гибкостью, чтобы их можно было применять в пошиве одежды.

Изделия из проволоки нанометрового диаметра в несколько раз эффективнее удерживают тепло чем традиционные материалы, используемые в одежде.

В инновационном покрытии применяются проводящие материалы, активно нагревающиеся под действием электрической энергии с сохранением тепла. Ученые вычислили, что их термо-материал позволяет экономить примерно 1000 киловатт-часов на одного человека в год, когда среднестатистическая семья потребляет такое количество энергии за месяц [21].

Одежда из светодиодных нитей. В связи с быстрым развитием носимой электроники улучшилось производство электронных дисплеев, определенных для внедрения в текстиль и одежду (рисунок 1.22). Тем не менее, в настоящее время для изготовления светодиодов, придуманных использоваться в качестве деформирующихся и эластичных слоев на одежде, по-прежнему применяются твердые покрытия электролюминесцентного материала.

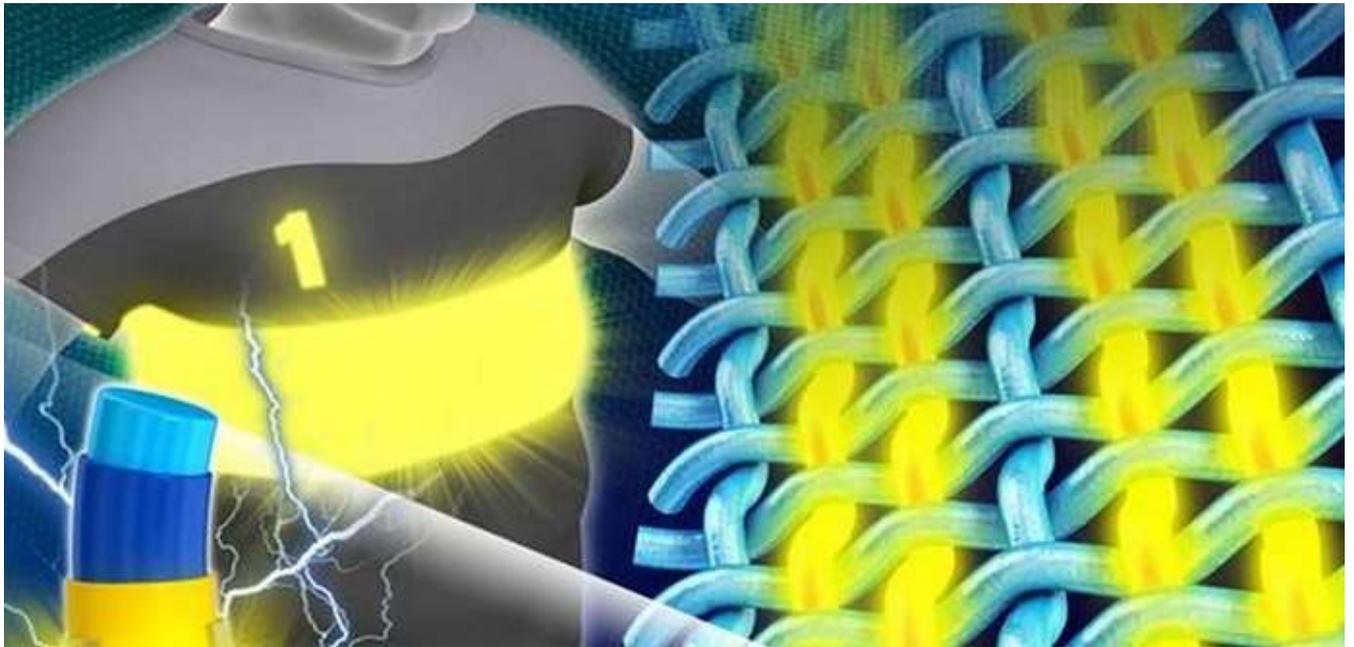


Рисунок 1.22 – Одежда из светодиодных нитей

Разработчики из Корейского научно-технического института KAIST создали светодиодные волокна вшиваемые или вплетаемые сразу в материал.

Чтобы производить новые светодиодные нити, ученые пропитывали несколько раз волокно полиэтилентерефталата в раствор из органического

проводящего полимера PEDOT: полиэтилендиокситиофен и полистиролсульфонат, далее сушили 30 минут при температуре 130 градусов Цельсия [24]. После чего материал снова помещали в раствор, но уже из органического полимера и поли-р-фениленвинила, который формирует LED- и OLED-светодиоды. Полученный материал снова сушили и затем покрыли нити составом из фторида лития/алюминия. Процесс такого производства изображен на рисунке 1.23.

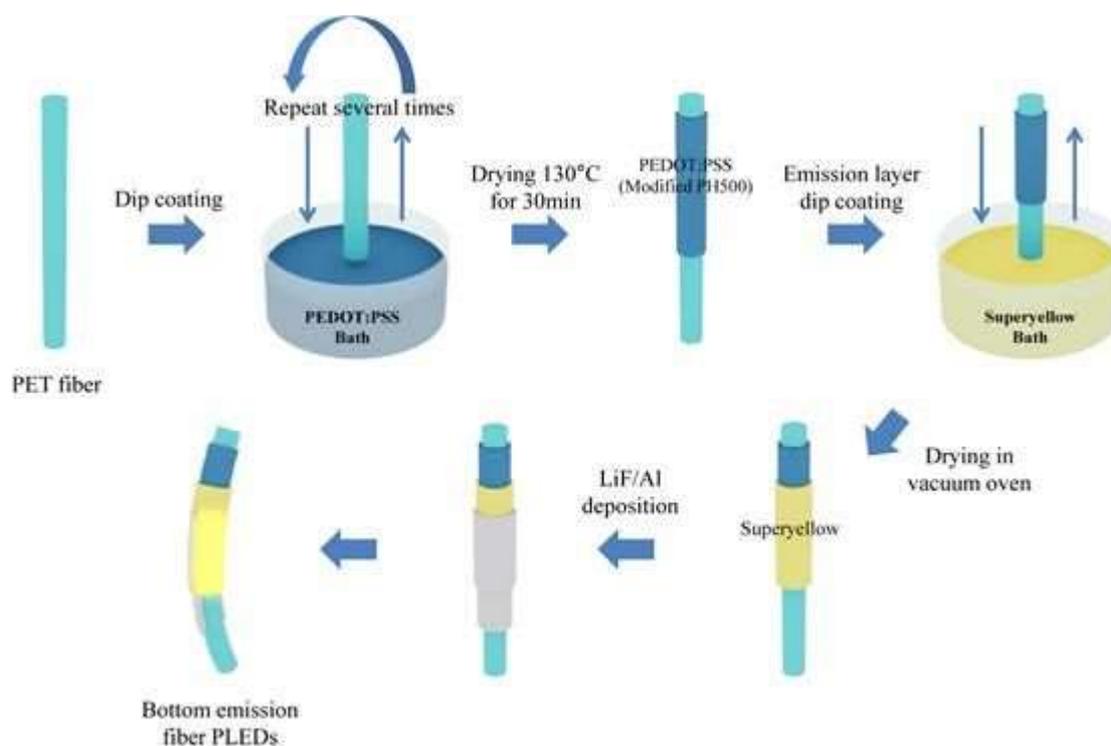


Рисунок 1.23 – Процесс производства светодиодных волокон

Исследователи утверждают, что этот процесс – более эффективный способ покрытия светодиодными тканями мелких цилиндрических структур, по сравнению с любым другим методом термообработки. Как было замечено, чтобы контролировать толщину осаждения до сотни тысячных доли нанометра, требуется придерживаться ограничений скорости извлечения волокна из раствора.

Разработчики метода производства светодиодных волокон считают, что такая технология позволит ускорить производство и продажу носимых дисплеев, автоматизировав процесс изготовления, делая его совершенно дешевым. Тогда

запустить массовый выпуск светодиодных волокон будет так же легко, как и производство полиэтиленового или нейлонового волокна.

Сверхтонкий материал, делающий одежду зарядным устройством. Такая разработка может предвещать питание электричеством мобильных устройств носимых человеком материалов. Ученые нашли принципиально новую возможность получить электричество при помощи генератора, состоящего из одного слоя атомов.

Электричество вырабатывается при растяжении или сжатии материала (рисунок 1.24), который, можно вшить в костюм, а также использовать в медицинских имплантатах. Материал имеет название: дисульфид молибдена (MoS_2). Он может найти широкое использование в сфере носимой электроники.

Цель носимого устройства – преобразование энергии движения человека в энергию для питания датчиков на одежде или медицинских устройств.

До недавнего времени пьезоэффект двухмерного материала MoS_2 был только в теории. Пьезоэлектричество — это эффект выработки электрической силы при сжатии или растягивании вещества, и наоборот, влияние электрической силы на вещество может менять его форму [25].



Рисунок 1.24 – Сверхтонкий материал, делающий одежду зарядным устройством

Это первый экспериментальный случай, в котором наблюдается пьезоэлектричество в ткани, толщина которой всего несколько атомов. Дисульфид

молибдена явил свойство, которого еще не было, что предвещает разработку новых электронных устройств.

Данное исследование возможно станет причиной появлению автономных наносистем толщиной с атом, которые питаются механической энергией из окружающей среды. Тем самым это приведет к широкому применению слоистых материалов в интерфейсах «человек-машина», робототехнике, микро-электромеханических системах и в гибких устройствах электроники.

Эластичный костюм космонавта. **Нынешние костюмы** космонавтов смотрятся красиво, но они не комфортны в ношении. Поэтому исследователи из Массачусетского технологического института разработали новый эластичный материал для космонавтов, который действует как усадочная пленка. Ученые решили уйти от использования газа в скафандрах, используя металлические катушки (рисунок 1.25), которые создают необходимое давление. Таким образом, человек, используя обычный скафандр, находится в пространстве газа, который поддерживает необходимое для жизни давление [26]. Идея новой технологии в том, чтобы получить такой же эффект, но с помощью механического противодействия. Если использовать давление, непосредственно, к коже, то это поможет отказаться от газа.

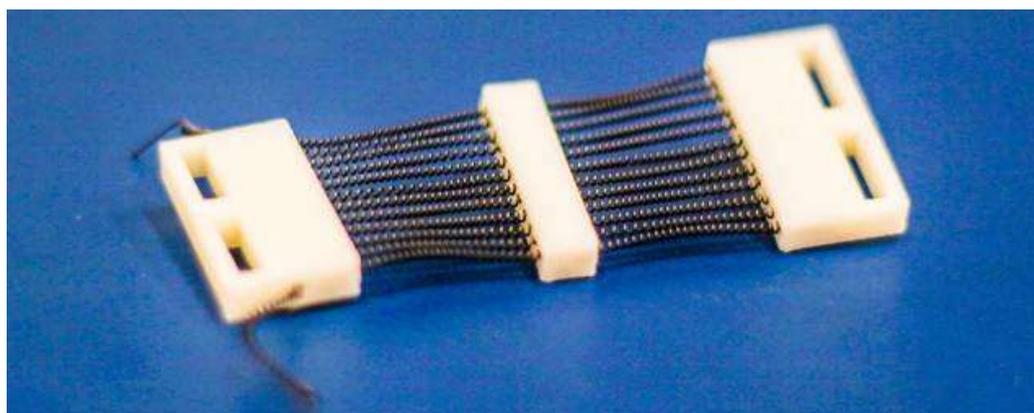


Рисунок 1.25 – Пружиннообразные катушки

Добиться такого же эффекта можно при помощи нового активного материала с применением, сокращающихся при нагревании, пружиннообразных катушек, которые плотно обтягивают тело человека. Основой катушек является материал с памятью формы. Он принимает известную ему форму при нагревании до

определенной температуры. При повышении температуры костюм становится тверже, при понижении – мягче. По заявлению исследователей, новый скафандр отличается повышенной легкостью и подвижностью, что делает его комфортным в эксплуатации.

На сегодняшний день ученые испытывают новые эффективные способы нагрева катушек с последующей их блокировкой. Данная технология возможно найдет свое применение в одежде для военнослужащих [26]. Например, рукав, который способен сжиматься под действием температуры, может зажать рану бойца как жгут, таким образом предотвратить потерю крови.

Впитывающая сухая ткань. Следы на одежде и дискомфорт, который приносит пот могут остаться в прошлом благодаря инновационной ткани, разработанной учеными Калифорнийского университета под руководством проф. Тингруи Пана. Новый материал, изображенный на рисунке 1.26, не впитывает пот и не отталкивает, в отличие от натуральных и синтетических материалов. Ткань пронизана множеством микроканалов, транспортирующих жидкость с одной наружной стороны на другую [26]. Такой процесс образует капли влаги, которые впоследствии испаряются.



Рисунок 1.26 – Инновационный материал в процессе испытания

Чтобы получить микрожидкостной текстиль, исследователи прошили гидрофобную ткань гидрофильной нитью, впитывающей жидкость, которую затем отводит ее в определенную сторону [27]. Благодаря стабильному градиенту

давления, который создается силой поверхностного натяжения капель, вода легко проникает через капилляры. Из этого следует, что движение жидкости по внутренним каналам ткани можно полностью контролировать и задавать.

Такая микросистема позволяет оставаться ткани не только сухой, но и пропускать воздух, что делает разработку интересной для компаний, занимающимся выпуском одежды. Исследователи утверждают, что созданная ими технология может совмещаться с процессом создания текстильных материалов и разрешает легко наладить массовое производство.

1.2 Методы и средства придания материалам для одежды особых функциональных свойств

Ассортимент высокотехнологичных материалов, созданных в период становления информационных технологий, электронной техники, нанотехнологий, естественным образом расширился. Теперь на внешнее воздействие материалы ответили, реализовав всю совокупность явлений, существующих в природе. Быстро сформировалась группа высокотехнологичных материалов в области механики. Масса «умных» систем возникла в биотехнологии и медицине. На данный момент в сети Internet и научной литературе накопилось большое число разрозненных фактов об инновационных материалах.

Появилась задача систематизации этой быстро устаревающей и постоянно обновляемой информации. Она не теряет актуальность, даже если по проблемам разработки и эксплуатации умных материалов напечатано более ста книг [28]. Растущий интерес к этой теме не мешает тому, что до сих пор не существует универсальной классификации высокотехнологичных материалов, которая могла бы служить инженерам и технологам. Внесенная в материаловедение функциональная схема «умных» систем в виде: сенсор–актуатор–процессор [27], не актуальна по содержанию. Масса факторов, каковые нужно учесть при

систематизации «умных» материалов, определило описательный подход к этой проблеме.

Большой набор натуральных и химических волокон различной физической структуры и химического строения, наличие многообразных технологий выработки из волокон различного вида текстиля: ткани, трикотаж, нетканое полотно, с различным переплетением, плотностью из волокон разной тонины и пряжи с различной круткой и плотностью, широкий набор химических технологий. Все это дает возможность изготавливать многочисленное количество видов текстиля для почти любой области жизни, для техники и науки [29].

Значительная прочность к механическим нагрузкам, гибкость и эластичность, отвечает за удобство текстиля, за технологичность не только для применения в традиционных сферах как одежда или интерьер, но и в медицине и технике.

Существенная сложность в образовании высокотехнологичного материала с использованием высоких технологий, например, электронной техники – это уменьшение электроники до наноразмеров, вероятность ее органическим внедрением в текстиль с нитями, волокнами, пряжей, трикотажем и т.д., устойчивость микро-, наноэлектроники к сказывающимся факторам окружающей среды и эксплуатации человеком.

Прочий весьма значительный элемент инновационного материала – полимеры – так же должны быть интегрированы в материал. Такая проблема решается за счет всевозможных химических технологий соединения полимеров на поверхности нитей и волокон.

1.2.1 Инновационные текстильные материалы для защитной одежды

Высокотехнологичный материал может выявлять защитные свойства следующим образом:

– регистрировать опасные изменения в организме человека, окружающей среде и в себе самом;

- транслировать сигнал опасности внешним приемным станциям;
- в момент возникновения чрезвычайных ситуаций реагировать на них [26].

В список серьезных внешних изменений входят следующие показатели: переохлаждение, перегрев, газы, химические атаки, радиация и состояние человеческого здоровья (давление, пульс, температура и т.п.). Материал может реагировать на опасности изменяя окраску как индикаторная лакмусовая бумага. Окружающие увидят по цвету одежды, что с человеком не хорошо, то ли это переохлаждение, сердечный приступ, разгерметизация костюма и т.д.

Защитные костюмы сотрудников пожарной охраны запрограммированы поддерживать комфортные климатические условия внутри одежды при высоких температурах окружающей среды. Существует необходимость сочетать баланс между защитными эффектами и комфортными условиями [30]. Это крайне сложная задача, так как эти две функции как правило обращены друг против друга.

Для работы в защитной одежде в условиях комфорта необходимо обеспечить следующие требования: климат в пододежном пространстве, как правило, – это температура, контроль влажности, вентиляция, освещение, минимизация посторонних запахов; минимизация посторонних шумов [31].

Защитной одежде необходимо выполнять ниже перечисленные функции: запись и хранение информации, измерение и сигнализирование, коммуникативность, комфорт, устойчивость функций во времени и при эксплуатации.

Инновационная одежда и ее основа – высокотехнологичный текстиль, как правило, должны содержать в себе следующие элементы: сенсоры (датчики), внутреннюю связь, память, процессор, передатчик, антенну, программное обеспечение, автономный источник питания [27].

1.2.2 Технические устройства, используемые в текстильных материалах

Сенсоры в одежде. При эксплуатации одежды материал контактирует с наибольшей частью тела человека – его кожей, что позволяет располагать сенсоры в различных крайне значительных местах на поверхности тела и мониторировать параметры организма. Кроме того, такой материал может измерять параметры внешней среды.

Главные параметры, которые могут регистрировать датчики одежды: влажность, температура, электромагнитные сигналы, звук, движение, химикаты, механические свойства кожи, радиация, запах.

Используя сенсоры в текстильном производстве, разработчики сталкиваются с рядом проблем, связанных с дальнейшей эксплуатацией такого материала:

- устойчивость к деформации;
- качество передаваемого сигнала;
- устойчивость к длительному воздействию окружающей среды при эксплуатации в экстремальных условиях [32].

Вначале для высокотехнологичной одежды применяли обычные сенсоры, но со временем перешли к особым сенсорам для текстиля, встроенным в структуру текстиля. Самый важный акцент был сделан на наблюдение за параметрами организма, такие как давление, кардиограмма, температура тела, частота дыхания, движение. Одежду из таких материалов выпускают фирмы Intellitex, ANBRE (B), Smartshirt, Lifeshirt, Wealthy, Vtam. Область применения таких костюмов, как правило: армия, медицина, спорт, космонавтика и др [32].

Датчики растяжения в высокотехнологичных материалах. Текстильный материал можно спроектировать как сложную сетку электропроводящих нитей – дорожек, имеющих множественное количество соединений с кожей. При деформации материала могут появляться следующие изменения:

- меняется число контактов в материале;
- волокна растягиваются;

– поперечные связи между пряжей, нитями слабеют и убавляются.

Количество контактных мест изменяется даже при малом натяжении. Волокна деформируются при сильном натяжении. При увеличении числа контактов электрическое сопротивление снижается, при уменьшении точек переплетения волокон повышается электрическое сопротивление [32].

Электросопротивление меняется при деформации и зависит от строения текстиля. Появляются пьезоэлектрические явления, что и служит основой для создания текстильных сенсоров деформации. По сигналам этих устройств можно получить сведения о передвижении и позиции человека. Но изменения в структуре материала при его эксплуатации приводит к модификации пьезоэлектрических свойств, что может оказывать влияние на сигналы.

Разработанная учеными высокотехнологичная майка выполняет измерения сердечных функций и частоту дыхания используя при этом трикотажный пояс из стальных волокон. Во время дыхания нагрудный пояс поддается деформации благодаря работе грудной клетки человека. Таким образом меняется электропроводимость, в следствие чего передается сигнал. Данные о изменениях в организме человека важны при нагрузках больных, спортсменов, танцоров и др. Во время носки изделия предполагается стабильность сенсора, однако его следует программировать на электрические функции [33].

Фирма «CEA-LETI» на основе обычных сенсоров скорости (акселерометров) изготовила 3D-ориентированную беговую дорожку и каркас, который одевается на тело позволяя передвигать руками для замера изменений сигнала по мере усталости, так же высокотехнологичные перчатки регистрируют второстепенную информацию [32].

Сенсоры давления в материалах. Существует два вида текстильных датчиков давления. Сенсор чувствительный к давлению, в основе которого используется принцип «квантового туннелирования композитов» (QTC). Этот композит с присущими ему свойствами функционирует в нормальных условиях как изолятор, а при давлении работает проводником. С такой технологией текстиль

может получить широкое применение [33]. Немаловажной особенностью может являться возможность нанесения композита на разные виды текстильных материалов, при растяжении которых, композит будет проявлять электрические свойства, основанные на QTC. «Softswich» – название таких материалов, которые уже используются и применяются в различных сферах.

Композитный текстиль служит основой другого вида датчиков давления. Он изготовлен из двух слоев токопроводящего карбонизированного текстильного материала. Два слоя имеют разную электропроводимость и разделены между собой слоем непроводящим электрический ток. При оказании давления на верхний слой, обладающий более высокой проводимостью, происходит электрическое соединение через отверстия в сетке со вторым слоем. Чем сильнее давление, тем сильнее контакт и ток. Важной особенностью тут является толщина непроводящей сетки и размер сетки. В сенсорной ткани основной материал состоит из комбинации волокон полиамидных и токопроводящих [33]. Из такого текстиля можно создать 3D-конструкцию. Английская фирма «Elexsen» выпускает сенсорную ткань «Ekektex» с данной технологией.

Оптоволокно в материалах. В основе используются оптические свойства решетки Брэгга (FBG). Используются такие оптоволокна для регистрации изменений в строении композитов, конструкций и прочих материалов [34].

На базе Гонконгского политехнического университета были разработаны оптоволокна, имеющие способность регистрировать изменения в температуре и напряжении в текстильных структурах и композитах. FBG-датчики схожи с традиционными оптоволокнами, но в определенном месте, внутри, имеют дифракционную решетку, которая преломляет лучи установленной длины волны в зависимости от типа решетки и ее размеров. Текстильный материал, имеющий подобный слой, обладает способностью детектировать температуру, напряжения, а также токсины.

Датчики в материалах для изменения цвета. Текстильные материалы, которые меняют цвет, оттенок, контрастность под влиянием разнообразных

химических и физических факторов обладают потенциальным сенсором [27]. Подобные свойства колорист чаще всего воспринимает как отрицательные и старается их избегать, но для высокотехнологичного текстиля это полезная особенность.

Специальные термохромные, хемохромные, фотохромные, механохромные и другие красители применяются для изготовления такого сенсорного материала. Область использования таких тканей очень широкие: сенсоры всех этих эффектов, камуфляж и т.д. [28].

Датчики обработки информации в материалах. Существует необходимость в использовании высокотехнологичного материала в случае активной работы с информацией, например, запись, обработка, воспроизведение и передача оперативной информации. Одна из проблем интерпретирования информации является в том, что для разных импульсов необходим разный уровень интеллекта для обработки сигналов [27]. Так сигналы о изменении температуры, наличии токсичных газов в окружающей среде переводить проще, чем сигналы о изменениях в организме человека, так как его состояние все время меняется. При этом способ интерпретации различный и в последнем случае более сложный, который способен находить и давать оценку изменениям, влияющим на состояние здоровья.

Для записи и обработки полученных данных нужна электронно-вычислительная машина (ЭВМ). Это самая тяжелая и еще не до конца решенная проблема, так как ЭВМ должна быть малого размера, гибкой, и устойчивой к условиям эксплуатации и ухода за материалами [35]. Поэтому, с целью придания самому материалу компьютерных функций, в этом направлении проводятся работы и исследования.

Исполнительные устройства или актуаторы в материалах. Актуатор – это механизм, исполняющий задачи, полученные от датчиков или через прибор, например, компьютер, который собирает и анализирует информацию с датчиков

[37,38]. Исполнительное устройство может выполнять механические манипуляции, звуковой сигнал, изменение температуры, окраски и множество других функций.

Механический актуатор делает волокна в материале подвижными, таким образом изменяя свойства одежды [38], такие как: паропроницаемость, теплоизоляция и др. Более занимательно придание волокну текстиля свойства «мускула». Если такое волокно интегрировать в материал, то он приобретает функции «мышц», усиливая мышечную силу. Интеграция таких волокон в материал происходит в обусловленном физическом состоянии, так как это отвечает за исполнение потребного движения обусловленной силы.

Такие волокна должны обладать электроактивными свойствами, которые способны давать реакцию на электрические сигналы, усиленно сокращаться при малой инерции и функционировать при низком электрическом сигнале (напряжении). До конца свойства «мускульных» материалов в полном объеме еще не достигнуты. Пока это требует усиленного электрического сигнала, активного напряжения, или специальной химической среды, но исследования продолжаются. В качестве эффектов, вызывающих механические реакции, применяют температуру, физические и химические воздействия [38].

Гелевые актуаторы в материалах. Полимерные гели определенным образом отличаются от твердых материалов. Полимерные цепи в геле соединены физическими или химическими поперечными связями образуя 3D-сеть. Гель в специальном растворителе раздувается, но при этом даже во время низкой температуры полимера гидрогель хранит форму [39]. При определенных критических воздействиях гель может играть роль актуатора, выражая свойства твердого материала или мягкого бесформенного объекта. Помимо всего, гели могут, как исполнительные устройства, принимать разнообразную форму, деформироваться симметрично или несимметрично, как правило, это зависит от структуры материала, в котором они используются.

Наличествует множество импульсов (пусковых устройств), влекущих за собой деформацию гелей. Химические импульсы: водород (восстановление,

окисление), замена растворителя, изменения силы ионов. Физические импульсы: температура, освещение, механическое давление и электрическое, магнитное, микроволновое поля.

При практическом применении гель внедряется в волокна или в сам текстильный материал [37], таким образом, это придает материалу под влиянием импульсов свойство «открываться» или «закрываться», позволяя использовать текстильный материал как актуаторы разного типа, например, пряжа, которая содержит гель внутри, а при соединении с телом проявляется частичное натяжение, то что напоминает реакцию мускулов.

Полимеры в материалах, реагирующие на водород (РН). В 1950 году Виллиам Кухн создал волокна, которые сокращаются при изменении показателя водорода [41]. Так как скорость работы сокращения была не велика, всего несколько минут, то последующие труды позволили укоротить время до нескольких секунд и, более того, до 0,01 секунды [40], что наиболее похоже на результат работы мускулов живого организма. Впоследствии ненатуральные мускулы были получены при применении акрилового волокна «Орлон», который сокращается при подкислении, что позволило увеличить скорость сокращения до показателя, превышающего скорость сокращения мышц человека, при этом сохранив прочность до 4 кг/см² [41].

Материалы, запоминающие форму. Главным воздействием на такие материалы является изменение температуры. Впервые такое явление было выявлено у сплавов металлов, а потом и у полимеров. За счет дешевизны, низкого уровня деформации, хорошей прочности и стабильности полимеры считаются актуальными образцами применения [40]. Также положительным качеством полимеров может служить простая модификация их реакции на температуру, например, с одним типовым набором мономеров удастся получать материалы с большим интервалом температуры.

Химические актуаторы в материалах. Химические актуаторы изготавливаются благодаря особым химическим веществам. В конкретно заданных

условиях эти химикаты включают в специальные короба или химически объединяют с полимером волокна [34]. При помощи покрытия «короба» или химической связи регулируют скорость освобождения химикатов. «Коробы» в модификации циклодекстрина или нано- и микрокапсул включаются в волокно, материал.

Текстильный материал, который способен освобождать химические вещества, уже изучен и распространен на коммерческом этапе: уход за кожей, бактерицидные средства, лекарственные препараты и др. Стоит отметить, что процесс высвобождения химических веществ пока до конца не контролируем. Для активации такого процесса в качестве внешнего источника влияния может быть температура, показатель водорода, влажность и прочие параметры [41]. Области применения весьма обширные: медицина, косметика, т.д.

Источники энергии в текстильных материалах. Для формирования высокотехнологичных материалов недостаточно датчиков и актуаторов, так как есть потребность в автономной генерации, сохранении и использовании энергии [36]. Особенно важно электричество для работы всех комплектующих частей и для коммуникации с внешним миром. Источниками энергии могут служить: положительная температура тела, механика движения, например, деформация одежды при ходьбе или движении конечностей, радиация и прочие.

Применяют генерацию разницы температуры окружающей среды и тела в электрическую энергию с помощью термогенератора или теплового насоса. Такой эффект прославлен как «Seeback effect» [38].

Также можно применять солнечную энергию и выстраивать на поверхности текстильного материала гибкие солнечные панели.

Батареи энергии или, другими словами, источники питания – очень значительный элемент высокотехнологичного материала. Разработчики должны стремиться создавать их небольшими, легкими и надежными.

Коммуникация в материалах. Высокотехнологичный текстиль имеет большое количество коммуникационных функций, которые используются в следующих направлениях:

- контакт с одним или несколькими элементами в одежде;
- контакт пользователя с одеждой и наоборот для получения установок от главного устройства;
- контакт между разными элементами в одежде;
- контакт между пользователем, одеждой и окружающей средой для трансляции информации или получения установок [42].

Связь внутри самой одежды осуществляется при помощи токопроводящей пряжи, оптоволокон или обыкновенной тонкой электропроводной проволоки.

Интеграция в одежду таких материалов должна не изменять его внешний вид и не влиять на его основные первоначальные свойства. Существует необходимость связываться и обмениваться информацией с помощью различных технологий, в связи с эксплуатацией костюма в экстремальных условиях [43].

Оптоволокна применяют для получения гибкой сетки текстильного материала, которая обладает свойствами гибкого дисплея, при этом может изменять цвет. Если применять различные оптоволокна в одной сетке, то можно увеличить разрешающую способность такого дисплея.

Текстильный материал, который чувствителен к давлению так же может выступать в роле связующего и выполнять специальные команды [42]. Такую технологию применяют в коммерческих гибких телефонах или трансформируемой клавиатуре устройств.

С медицинской точки зрения, коммуникация человека с окружающей средой при помощи высокотехнологичного материала важна, особенно для хронически больных и в случае экстремальных ситуаций [44]. В таком случае необходима беспроводная связь, которая обеспечивается внедрением в материал антенны.

Первые полноценные интерактивные текстильные материалы были изготовлены фирмой «Philips» в 2002 году.

Защита от экстремальных температур. Тепловые актуаторы имеют разную степень активности тем самым регулируя температурный баланс, обеспечивающий контролируруемую долговременную температуру в пододежном пространстве [38]. Для выполнения таких условий нужен материал, способный высоко абсорбировать тепло.

Системы климат-контроля в материалах. Электропроводность и чувствительность к электрическому сигналу текстильных материалов и волокон позволяют использовать их как нагревательный элемент. Задача охлаждения более сложная. Фирма «Apollo» изготовила охлаждающую одежду для космонавтов по следующей технологии: охлаждающая система из тонких трубок под названием «Peltier» встроена в одежду, через эту систему циркулирует охлаждающая жидкость.

Полуактивное тепловое регулирование может быть произведено при помощи микрокапсул, наполненных воском, точка плавления которых близка к заданной температуре производится полуактивное регулирование температуры [37].

Теплоизоляция в текстильных материалах. В конце 1990 годов в Великобритании «Агентство оборонной одежды и текстиля» стали проводить исследования по эксплуатации материалов, запоминающих форму для предохранения от перегрева и огня. Использовались пружины «Nitinol» (сплав титана и никеля). При повышении температуры пружины распрямляются, когда при понижении пружины сжимаются [45]. Система представляет собой два отдельных слоя, в один из которых в полоски хлопковой ткани вставлены пружины. Пружины представляют собой коническую форму диаметром 25мм. При раскрытии раздвигают слои и увеличивают объем воздуха между слоями. В данном случае воздух представляет собой теплоизолятор. Пружины имеют свойство не возвращаться в исходное сжатое положение, для этого потребуется механическое воздействие. Степень теплоизоляции достигается за счет вида пружин, их жесткости.

Позднее эта организация изготовила технологию вентиляции пододежного пространства одежды военных. Этот материал копировал поведение шишки сосны, которая раскрывается при воздействии сухой среды и закрывается во влажной. Таким же образом изготавливают текстильную структуру с полимерным покрытием, обладающим высоким коэффициентом растяжения [36]. В материале образуются отверстия U-образной формы. При повышении влажности покрытие натягивается, в этот момент образуются и открываются капилляры, а закрываются в момент, когда покрытие пришло в исходное состояние.

Микрокапсулированные фазопереходные материалы. В 1979 году «NASA» активно развивала концепцию микрокапсулирования материалов с фазовым изменением (PCM) [46]. Задача заключалась в защите точных приборов от воздействия крупных изменений температуры в космосе. К тому времени ученые из «NASA» опубликовали книгу «Phase change materials Handbook», где свидетельствовалось о более 500 типов таких веществ, которые способны менять фазовое состояние при колебании температуры и забирать тепло [47]. PCM могут менять фазовое состояние в обусловленном интервале температур., выделяемая (поглощаемая) При фазовом переходе от твердого к жидкому, и наоборот, состояниями выделяется тепловая энергия, которая, примерно, раз в 200 больше, чем при изменении температуры равного по массе материала.

В качестве PCM вода не подходит, потому что фазовый переход при 0°C делает молекулы воды небольшими и обеспечит проход через оболочку капсулы [48]. Поэтому для защитного материала применяют парафиновый воск, чей фазовый переход приближен к температуре тела человека. Интегрированные капсулы с парафином в материал фиксируют, применяя покрытие из полимера.

Электрические актуаторы в материалах. Как и в природе, чтобы активировать мускулы необходим электрический импульс (электростимулятор). Для работы электрического импульса в любой точке тела применяют электропроводящий материал [36]. Исследования проводятся в области физиологических эффектов стимуляции, таких как, сокращение мышц,

чувствительность кожи и т.д. Активное контролирование мышц необходимо для определения жизнедеятельности и выживания в экстремальных условиях. Для получения лучшего и качественного результата в этом направлении проводятся дополнительные исследования для детального понимания: как функционируют мышцы, их время сокращения, позиции, сигналы и т.д. [37]

Ударозащищенные материалы. С учетом того, что ситуации происходят разные, например, попадание камня, осколка и других предметов, требуются различные методы защиты. Пассивной защитой можно решить такую задачу как защита от пуль.

Высокотехнологичный защитный костюм обязан моментально обнаружить и реагировать на риск возможности повреждения или опасности [31,49]. Реакция такого рода материала на падение человека должна быть быстрой и не сложной. Однако, при столкновении с предметом задача более трудная.

Главные качества защитного костюма – это предупреждение об опасностях, защита тела в серьезных местах, оказание лечебного действия, вызов дополнительной помощи и т. д. [49].

Выводы по первой главе

Анализ новых свойств и функций высокотехнологичных изделий, а также областей их применения, показал, что в последние годы происходит технологический прорыв с большим потенциалом развития в области изготовления волокон, материалов и одежды.

Анализ современного ассортимента материалов позволил определить основные потребительские свойства: оптимизированное управление влажностью, улучшенный контроль теплового потока, улучшенная теплоизоляция, регулируемая воздухопроницаемость, обеспечение комфортности пододежного пространства в экстремальных условиях работы, эстетическая привлекательность, повышенная износостойкость, медицинский контроль за состоянием человека,

контроль за телом, лёгкий уход за изделием, высокая/низкая видимость одежды, экологичность по всем этапам жизненного цикла.

Наиболее полное выполнение таких требований решается при использовании многокомпонентных материалов (ММ).

Анализ состояния данного вопроса определил отсутствие на сегодняшнее время комплексных регулярных исследований решаемой проблемы применительно к одежде для экстремальных условий в целом, однако позволил в качестве главной выдвинуть предположение, относительно которого, проектирование комплексных материалов необходимо и целесообразно выполнять, прибегая к таким системам и элементам материалов, у которых параметры определены на системном подходе и законах теории упругости, термодинамики, механики. Развитие этого предположения позволяет разработать технические и технологические решения и научно их обосновывать. Это дает возможность делать прогноз о заданных параметрах материалов изделия, основываясь на комплексной оценке свойств и структуры материалов.

ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЛЕКСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ

2.1. Модель проектирования комплексного материала, отвечающего заданным конструктивно-технологическим и потребительским свойствам

Эксплуатация изделий из функциональных материалов [50] связана с тем, что необходимо правильно подбирать все слои одежды в соответствии с тем, какие основные функции выполняет современный материал. Следовательно, решение этой проблемы возможно только с позиций системного подхода, где любое сложноорганизованное целое отображается через призму четырёх фундаментальных факторов: система и её состав (подсистемы, элементы); состояние системной определенности и среда, в границах которой разворачиваются все её процессы [50].

Чтобы дать адекватную характеристику системе материалов, отображаем связи элементов в граф и ставим ограничения по направлению действия сил в системе и времени контакта. При помощи инструментов вепольного анализа формируем обобщенную модель многокомпонентного материала (ММ), которая содержит элементы, связи между ними и выполняемые функции, причем полученная структура имеет иерархический характер. Вслед за иерархией элементов выстраивается иерархия функций, а затем иерархия идеального конечного результата и соответствующие им модельные противоречия [51].

Анализ разных видов и способов получения ММ позволяет описать их системными характеристиками:

$$F_c = (F_1 + F_2 + \dots + F_n), \quad (2.1)$$

где F_c – функции системы, где F_i – функции элементов;

$$Z_s = f(Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n), \quad (2.2)$$

где Z_i - свойства элементов системы.

На основании литературного обзора гл.1 можно представить, что основными функциями ММ являются: оптимизированное управление влажностью, улучшенный контроль теплового потока, улучшенная теплоизоляция, воздухопроницаемость, высокая производительность в экстремальных условиях, эстетическая привлекательность, повышенная износостойкость, медицинский контроль, контроль за телом, легкий уход, экологичность.

С целью получения оптимальных вариантов ММ устанавливаем основные требования, предъявляемые к материалам, входящим в систему и определяем наиболее пригодные.

Рассматривая группы материалов как множества (A, B, C, D) объединенные по функциональному признаку, отметим, что в одном материале a_i возможно совмещение нескольких функций и, как следствие, изменение связей в системе ММ: $a_i \in A$; $a_i \in B$; $a_i \in C$; $a_i \in D$.

При использовании дополнительных материалов получаем бисистемы:

$$S_2 \equiv \langle A, R, B \rangle; \quad (2.3)$$

$$S_2 \equiv \langle A, R, C \rangle; \quad (2.4)$$

$$S_2 \equiv \langle A, R, D \rangle, \quad (2.5)$$

где R - отношения между элементами системы.

Затем могут быть образованы и более сложные системы, состоящие из трех, четырех и более материалов (полисистемы), а в зависимости от числа элементов в системе ММ возможно ее разнообразие (таблица 1.1).

Варьируя различные сочетания материалов, типы конструкций, характер получаемого пакета и технологию его получения мы можем получить множество вариантов многокомпонентных систем материалов. Поэтому для реализации системы, обладающей заданными свойствами следует определить значимые параметры исходных материалов. Виды ММ, отличающихся по числу элементов.

Таблица 1.1 – Основные виды ММ систем

Система ММ	Виды, в зависимости от используемых материалов
Моно	ARA
Сдвоенная	ARB, ARC, ARD, ARO, ARE
Трехкомпонентная	ARBRC, ARBRD, ARCRD, ARCRO
Четырехкомпонентная	ARBRCRD, ARBRCRD, ARBRCRO
Пятикомпонентная	ARBRCRDRO, ARBRCRDRE
Шестикомпонентная	ARBRCRDRORE

За счет сочетания, перестановки и размещения можно обеспечить разновидность типов материалов внутри системы. Перестановка в системах материалов представляют большое поле допустимых вариаций.

Системы ММ различаются в зависимости расположения элементов:

- «пакет», когда элементы соединяют вертикально, накладывая их один на другой:

$$M \equiv A_i \vee A_{i1} \vee A_{i2}, \quad (2.6)$$

или

$$M \equiv A_i \vee B_i \vee C_i; \quad (2.7)$$

- «мозаика» – элементы соединяют по горизонтали один за другим из одного или нескольких множеств:

$$M \equiv A_i \wedge A_{i1} \wedge A_{i2} \wedge A_{i3}, \quad (2.8)$$

или

$$M \equiv A_i \wedge B_i \wedge C_i \wedge A_{i2}; \quad (2.9)$$

- «чешуя», когда закрепление элементов «пакета» осуществляется дискретно:

$$M \equiv A_i \wedge (A_{i1} \vee A_{i2}), \quad (2.10)$$

или

$$M \equiv (A_i \wedge A_{i1}) \vee A_{i2} \vee A \quad (2.11)$$

- «черепаха» смешанные системы, в которых участки «мозаики» чередуются с участками «пакета»:

$$M \equiv A_i \vee (A_{i1} \vee A_{i2}) \vee A_{i2} \vee A \quad (2.12)$$

Варьируя различные сочетания материалов, типы конструкций, характер получаемого пакета и технологию его получения мы можем получить множество вариантов многокомпонентных систем - материалов. Поэтому для создания системы, обладающей заданными свойствами следует определить значимые параметры исходных материалов.

Каждая группа материалов, входящая в систему должна отвечать определенным требованиям в зависимости от их функций, в тоже время, значимость требований к компонентам системы изменяется в зависимости от технологической обработки изделий.

Материалы, входящие в системы, могут иметь однородные характеристики: $Z_1=Z_2=Z_3=Z_n$, сдвинутые характеристики: $Z_2=Z_1+Z_i'$, с разнородными характеристиками: $Z_{ij}=1/Z_i$, и инверсными характеристиками: $Z_{ij} = -Z_i$, $Z_{ij} = -1/Z_i$.

Связи между элементами могут быть «пустыми», т.е. когда материалы просто сложены друг на друга, жесткими – ММ не изменяется, или динамичными (эластичные). Связи могут существовать в виде множеств и могут быть описаны системными характеристиками: S – размер (площадь контакта); T – время действия связей; W – энергия связи. Помимо этого, связи в системах бывают непрерывными и дискретными. От площади контакта материалов в системах можно различить: линейные, точечные, объемные и поверхностные связи, т.е. имеется площадь, занятая тем или иным видом материала и площадь контакта между ними [73].

В большинстве случаев, для расчета коэффициента теплопроводности, моделируются структуры различных теплоизоляционных материалов на базе, уже имеющихся, их разновидностей. Наиболее широко такие модели показаны для дисперсных материалов, у которых упорядоченное расположение элементов [4].

Модель состоит из сменяющих друг друга в порядке очереди плоских слоев структурные элементы и воздух т.е. соединение типа «пакет» $M_1 \equiv A_i \vee B_{i1}$ (рисунок 2.1 (1a)) или «мозаика». Эти элементы еще могут быть расположены в виде шахматного порядка типа «чешуя», а поровое пространство – промежутки между

ними (рисунок 2.1 (1b)), причем связи дисперсных частиц в варианте a1 и a2 линейные, а вот в варианте b уже объемные, т.е. важным уже будет насколько велика площадь контакта, т.е. необходимо будет определить пористость

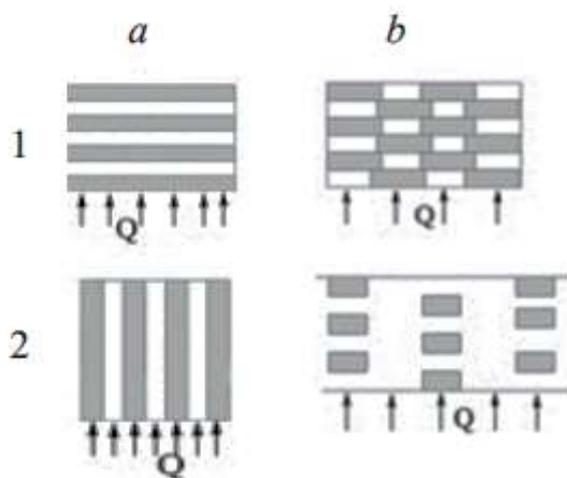


Рисунок 2.1 – Модели дисперсного материала из плоских элементов, где Q – тепловой поток направлен к плоскости пластин: 1 – перпендикулярно; 2 – параллельно

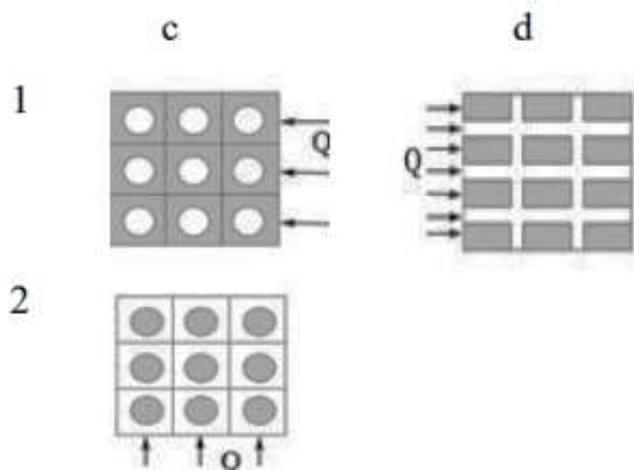


Рисунок 2.2 – Модели дисперсного материала с непрерывной фазой: 1 – перпендикулярно; 2 – параллельно

При замене шарообразной формы пор на кубическую [112] равномерно, распределенную в твердой фазе можно получить новую модель (рисунок 2.2), в которой частицы имеют объемные связи, и в этом случае пористость материала еще больше снижается.

материалов.

Тем не менее, вычисленные зависимости коэффициента теплопроводности материала от теплопроводности каждой из пористости и фаз материала, показывают высокое расхождение с экспериментальными данными. Тем не менее, дальнейшее развитие аналитических методов расчета теплофизических характеристик перспективно, потому что позволяет сократить затраты на проведение продолжительных, дорогостоящих и трудоемких экспериментов [104].

В модели Н.В. Russel [111] поры имеют форму шарообразного типа (рисунок 2.1 (2c)), они могут быть распределены равномерно в твердой фазе – 1 или твердая фаза в виде шаров – в нестандартной газовой – 2.

Эффективный коэффициент теплопроводности (Θ_{ϕ}) для газов и непрерывной твердой фазы находится с учетом пористости материала (P).

Если считать твердые участки последовательно соединенными термическими сопротивлениями теплового потока, который в данном случае является однонаправленным, то получаем зависимость для расчета коэффициента теплопроводности материала в следующем виде:

$$\Theta_{\phi} = 0,666[2P + 1(1 - P)], \quad (2.13)$$

где 1, 2 - коэффициенты теплопроводности газовой и твердой фаз, соответственно.

В волокнистых средах газ и структурные элементы, находящиеся в порах, взаимодействуют друг с другом, вследствие этого, представление о твердой фазе как об определенной упорядоченной структуре, отделяющей поры, достаточно упрощенно, следовательно, применение таких моделей может быть только при использовании конкретных теплоизоляционных материалов.

В работе [113], подтверждается, что от способа укладки структурных элементов как сферических или цилиндрических частиц (рисунок 2.3) зависит пористость дисперсного материала и не зависит от диаметра частиц. От вида укладки определяется пористость: при кубической — 47,64 %, гексагональной — 25,95 % [7].

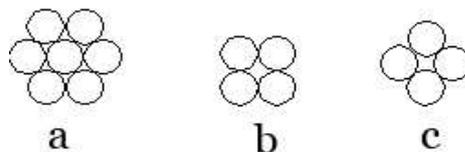


Рисунок 2.3 – Способы укладки структурных элементов дисперсного материала: а – гексагональная, б – кубическая, с – ромбическая.

Отсюда можно сделать вывод, что теоретические вычисления эффективного коэффициента теплопроводности являются приближенными, так как моделирование структур материалов совершается с определенными допущениями (заранее известными формами и взаимодействиями структурных элементов).

В усовершенствованной объемной модели [112] дисперсный материал представлен в виде куба, у которого стенки представляют собой структурные элементы, а газовая фаза создает внутреннюю полость, отвечающую суммарному

объему пор в материале. Тем не менее, замена капилляров и мелких пор одним пространством может быть оправдана для нетканых полотен, но только в том случае, если изолированно пространство вокруг него, т.е. исключаяющего всякое внешнее воздействие.

В процессе формирования материалов и пакетов с заданными теплофизическими характеристиками, важно применять системный подход, который характеризует в функциональную систему тремя принципиальными моментами:

- во-первых, в совокупность вовлекаются только определенные компоненты;
- во-вторых, компоненты не просто взаимосвязаны, а взаимодействуют с конкретной целью;
- в-третьих, полезный результат закрепляется в качестве системообразующего фактора [8].

Были проанализированы наиболее известные материалы с теплозащитными свойствами и выявлено, что их улучшение совершалось по известному принципу: от сплошных (ткань, трикотаж, мех животного) к разделенным объектам (вата), следом к гибким объектам (нетканые упругие полотна, пух) и порошкообразному («синтешарики»), таким образом осуществляется переход на микроуровень (рисунок 2.4).

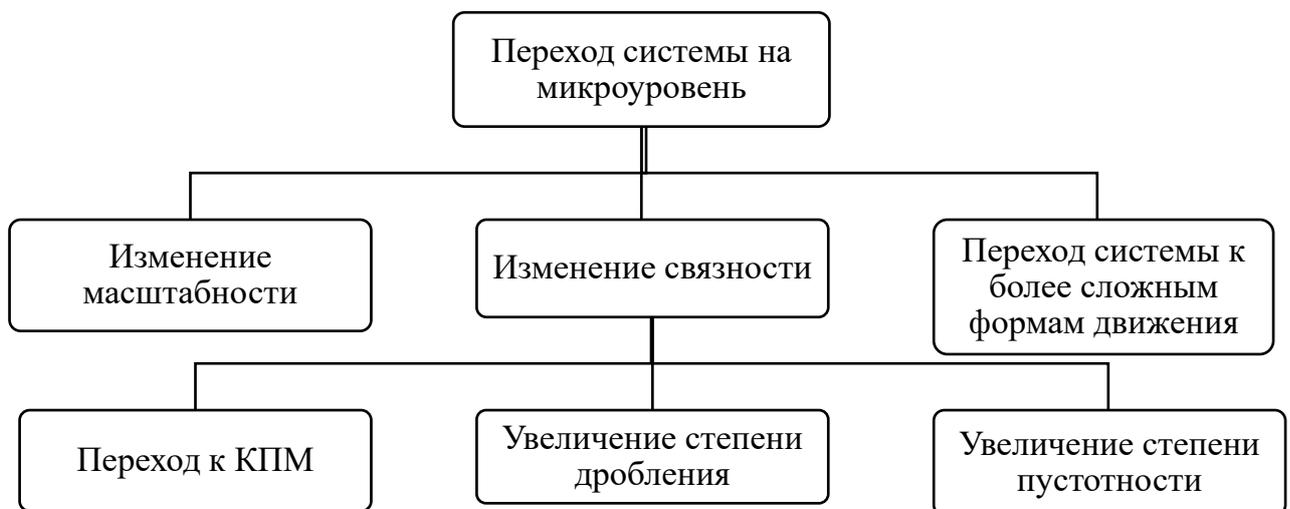


Рисунок 2.4 – Структура перехода системы на микроуровень

Эта последовательность (рисунок 2.5) определяется переходом от **твердой монолитной системы (1)** к полностью **гибкому (эластичному) объекту (2)**. Дальнейшее дробление приводит к разделению объекта на отдельные части, не связанные между собой или связанные с помощью какого-либо поля, например, магнитного.

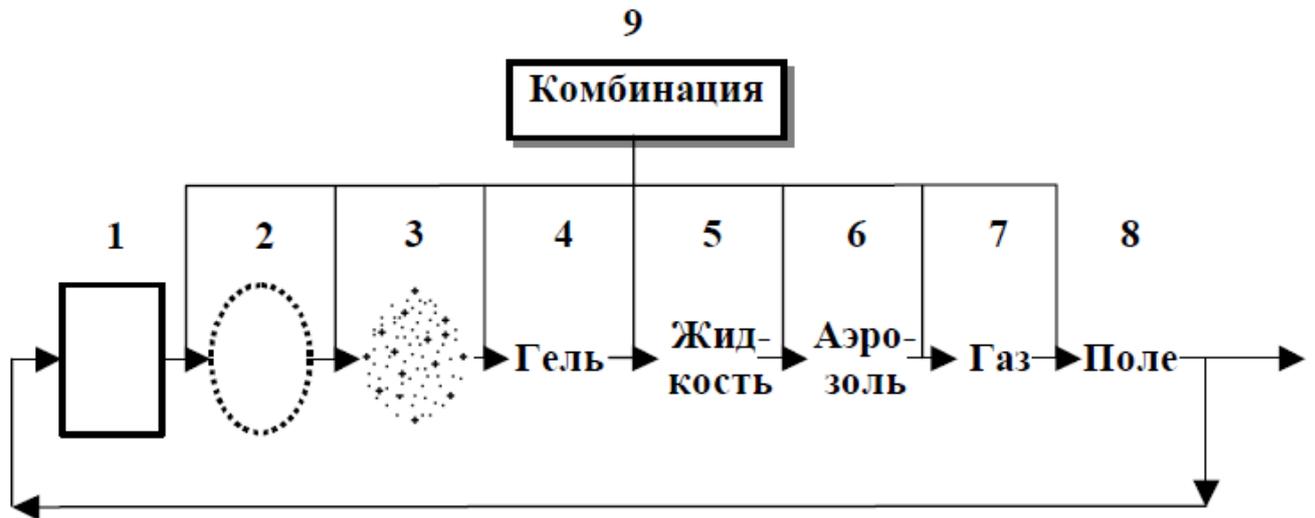


Рисунок 2.5 – Последовательность перехода системы на микроуровень

Дробление приводит к размельчению каждой части получая мелкодисперсный порошок или микросферы, т.е. объект становится **порошкообразным (3)**. Следующий переход приводит к **гелю (4)** – пастообразному веществу. Далее меняется вязкость вещества получая **жидкость (5)**. Потом меняется степень связанности жидкости, используя более летучие и легкие **аэрозоли (6)** и жидкости. Газ в аэрозоле повышается, и таким образом система переходит к **газу (7)**. Со временем используется более легкий газ. Таким образом газ становится более разряженным и в дальнейшем это приводит к крайнему состоянию - вакуум. Конечное состояние в этой цепи - **поле (8)** (плазма) [52].

На новом этапе преобразования система снова делается монолитной. На (рисунке 2.5) это показано в виде петли обратной связи.

В каждом из указанных переходов, промежуточное состояние может быть в газообразном, жидком, твердом и других. Кроме того, вероятна **комбинация (9)** из показанных состояний в любом соединении. С целью увеличения эффективности

могут быть применены технологические эффекты, присущие для данного состояния [52].

Проектирование одежды, эксплуатируемой в экстремальных климатических условиях, является актуальной задачей.

В зависимости от назначения изделия, подбирают необходимый пакет материалов, причем для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях вводят ограничения по определенным параметрам. Например, возможно использование для изготовления комплектов специальной демисезонной одежды ткани с мембранным эффектом, а также создание для жарких районов новой летней одежды из облегченных видов хлопчатобумажных тканей.

На рисунке 2.6 представлен алгоритм оценки и сравнения одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях по частным параметрам.

В результате оценки в списке рассматриваемых видов одежды (комплектов) остаются только те, свойства которых удовлетворяют требованиям потребителя с учетом нормативно-технической документации (НТД).

В зависимости от условий эксплуатации специальной одежды и особенностей определенных групп потребителей указанные границы параметров относительно быстро меняются, таким образом, и границы адекватного уровня качества также оказываются переменными [50]. Видимое влияние на уровень требований оказывают новые технологии.

Для того, чтобы специальная одежда соответствовала мировым тенденциям необходимо определить скорость изменения уровня выявленных параметров. Чаще всего для этих целей используют экспертные оценки, которые не всегда дают достоверный прогноз [53].

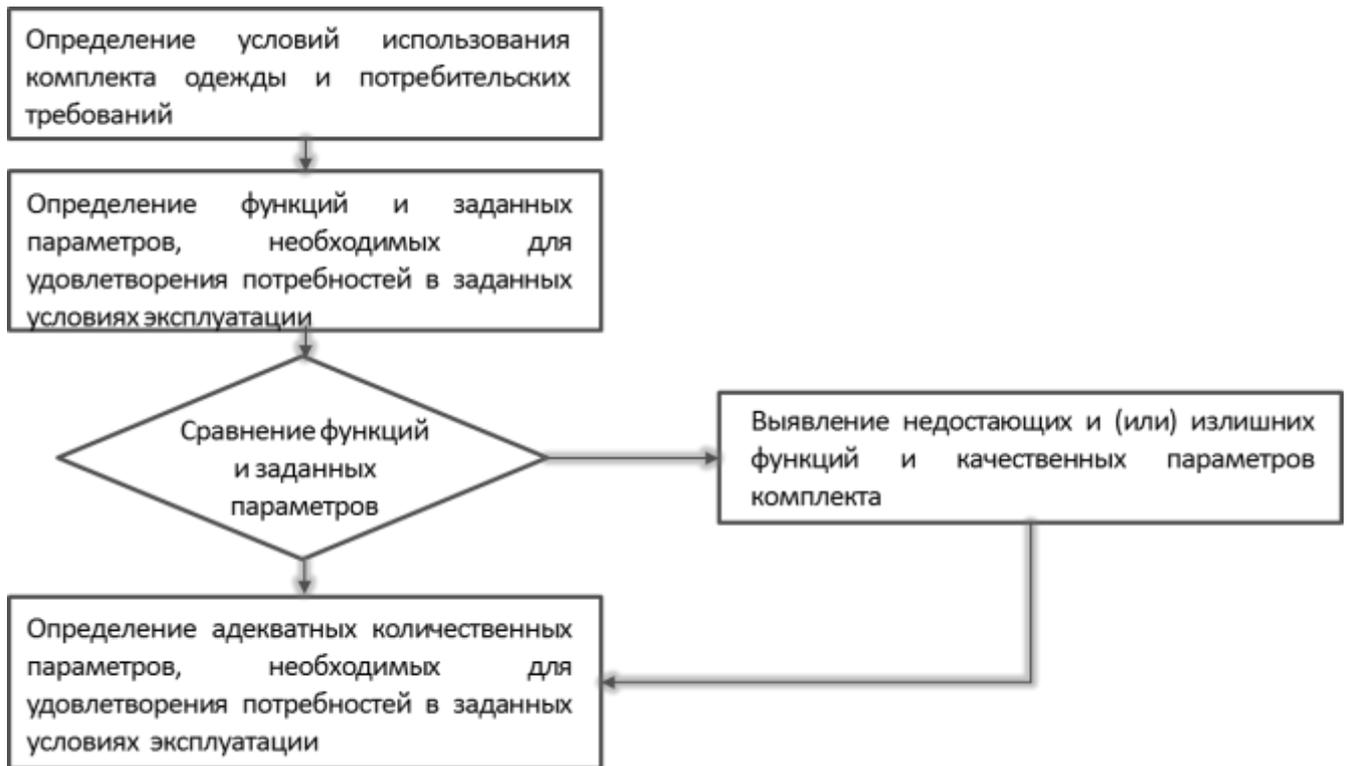


Рисунок 2.6 – Алгоритм оценки параметров одежды для экстремальных условий

С момента анализа и на первых стадиях развития системы обладают обычно жесткими внутренними связями и в них нет подсистем для изменения режима работы относительно изменения внешних условий [53].

Чтобы включить в систему необходимые компоненты, необходимо наложить связи на, имеющиеся в ней, элементы, другими совами, выявить наличие взаимозависимостей их свойств. Так на каждом этапе преобразования элементов объектной части системы осуществляются действия (таблица 2.1), из которых можно выделить десять основных.

Таким образом, построив корректную модель системы и проанализировав порядок действий по ее преобразованию, можно получить линии развития, наиболее адекватно описывающие преобразования технической системы и ее элементов [53].

Таблица 2.1 – Действия, выполняемые на каждом этапе преобразования элементов объектной части системы

1	Введение элементов и связей в состав системы
2	Удаление элементов и связей из состава системы
3	Замена одних элементов и связей объектов на другие
4	Разделение элементов системы на части
5	Изменение формы и размеров элементов системы
6	Изменение внутренней структуры элементов системы
7	Изменение состояния поверхности элементов системы
8	Обеспечение подвижности связей, между элементами системы и возможности изменения других ее параметров
9	Обеспечение и упрощение оперативного управления
10	Проверка и улучшение согласования работы элементов системы

Следует отметить, что в структурах использованы два направления перехода с макро- на микроуровень:

1. Повышение степени дробления вещества и союз дробных частей в новую систему: вещество, сплошное, слоистое, волокнистое, матричное, молекулы, атомы, ионы, мелкие частицы, агрегаты молекул, элементарные частицы.

2. Повышение степени дробления «смеси» вещества с пустотой (переход к капиллярно-пористым телам) осуществляется по линии: вещество сплошное с одной полостью перфорированное вещество капиллярно-пористые материалы (КПМ) с определенной структурой, в порах которого находится другое вещество – цеолиты, гели.

2.2 Разработка требований к пакету материалов для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях

Особенное внимание отводится характеристикам свойств изделия и формулированию требований в зависимости от его предназначения и условий применения. Выделяются свойства одежды, связанные с ее устойчивостью к различным воздействиям: механическим (при растяжении, изгибе, трении) и физико-химическим (воды, света, светопогоды, тепла, холода, огня, излучений, химических реактивов и т. п.) [50]. Следовательно, имеем дело с обусловленным воздействием на систему, поэтому необходимо ввести временной фактор, а также зону действия веществ и полей друг на друга, вследствие этого, основные методы изучения свойств материалов можно устанавливать в соответствии с этими воздействиями.

Для решения этой задачи используется модель предельных развитий (МПР) технических систем (ТС), описываемые как объекты, к которым стремится существующая система в своём развитии. Модели предельного развития ТС - это инструмент, который развивает идею предельного состояния ТС, учитывает при этом как нулевые, так и ненулевые пределы по ряду параметров, ключевых для системы [50]. Сравнение МПР с современным состоянием объекта, позволяет определить на какой стадии развития находится система. Использование метода МПР даёт возможность рассматривать внутренние механизмы систем используя характеристики пространства и энергии [50].

При проектировании одежды для экстремальных условий эксплуатации рассматриваются вопросы её конструкции (организации пространства) и изменение физиологического состояния человека. Для анализа ТС одежды целесообразно построить матрицы инженерного анализа на разных уровнях: компонентов (пакетов) и материалов.

Для анализа были использованы сведения о ведомственной и специальной одежде (для защиты от повышенной влажности и низких температур) из литературных источников и Internet (таблица 2.2)

Таблица 2.2 – Матрица сравнения комплектов одежды разного производства.

Используемые материалы	Конкурирующие системы			
	Куртка утепленная	Куртка, утепленная специальная	Куртка утепленная цифровой расцветки	Куртка с комбинированным утеплителем: 1 слой – притачной, 2 слоя – съемный на молнии
1	2	3	4	5
Верха	Ткань полиэфирная «шлифованная» со специальным полиуретановым теплоотражающим (экранирующим) покрытием арт. ПСЗ-1/2, гладкокрашеная цвет «иссиня-черный» №19-4013 ТРХ. Специальное экранирующее покрытие, выполненное из модифицированного полиуретана	Ткань высокопрочная полиэфирная, ламинированная мембраной, артикул НТУТ/Б-2, гладкокрашеная, цвет «иссиня-черный» №271001, мембрана защищена от засорения и механических повреждений утепляющим и подкладочным материалом, состав сырья: п/э – 100%,	Ткань полиэфирно-хлопковая «биополированная» с маслогрязезоотталкивающей отделкой арт. ПСЗ-2/1 камуфлированной цифровой расцветки «Пиксель-осень» №4697/1. Переплетение саржевое с использованием бикомпонентной пряжи в основе и в утке специальной	100% полиэстер, мембранная (LT-membrane™, водоупорность 10 000 мм вод.ст., паропроницаемость 8 000 г/кв.м за 24 часа), ветрозащитная, дышащая, морозостойкая, с водоотталкивающей отделкой, плотность 150 г/кв.м.

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
	с нанометалло частицами. Переплетение полотняное. Состав сырья, %: Пэ - 100. Заключительная отделка шл+ПлПУТ. Поверхностная плотность, г/м ² - 155.	поверхностная плотность, г/м ² : 295-15	конструкции высокого коэффициента наполнения. Переплетение саржевое. Состав сырья, %: полиэфир - 67, хлопок - 33. Заключительная отделка шл+МВО. Поверхностная плотность, г/м ² : 214.	
Ветростойкий	—	Ткань с плёночным покрытием «Taffeta 210—PU-2000» для нижней части куртки, рукавов, отлетной части по рукавам и талии,	—	—
Утепляющей прокладки	ФАЙБЕРТЕК -УНИЛАЙТ арт. НТУТ-5/5ФУ (АН-СБ-180/250) нетканый материал. Плотность 150 г/м ² .	Утеплитель Windstopper Германия	Овчина меховая выделанная натуральная. Характеристика волосяного покрова:полутонкорунная. Высота волосяного покрова:16-18мм	Шелтер® Микро 120 г/кв.м, 3 слоя. Многослойность утеплителя обеспечивает большой теплоизолирующий эффект за счет воздушной прослойки между слоями

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Подкладки	Подкладка стеганая двусторонняя, термо (ромб 75x50 мм), утеплитель ФАЙБЕРТЕК-УНИЛАЙТ плотность 60 г/м ²)	Ткань полиэфирная подкладочная арт. 3531	Мех искусственный трикотажный (с завитым ворсом под смушку). Поверхностная плотность, г/м ² – не менее 430. Состав сырья, %: полиэфир – 50, шерсть – 50. Высота ворса 14-16мм. Воздухопроницаемость: 460-510 дм ³ /м ² сек. Суммарное тепловое сопротивление: 0,485-0,505 м ² * °С/Вт	100% полиэстер
Скрепляющий	Нитки армированные 45 ЛЛ/2500,	Нитки полиэфирные армированные швейные 44 ЛХ, 45 ЛЛ	Нитки армированные 45 ЛЛ/2500	–
Фурнитура	Тесьма-молния разъемная, «трактор» тип 8, перекидная двухзамковая черного цвета длиной 85-90 см	Молния Т5 «Трактор», с одним слайдером, длиной 18-22 см. Кнопки DUR 9, диаметром 12 мм, 15мм	Тесьма-молния разъемная, «трактор» тип № 8, с перекидным слайдером, двухзамковая, защитного цвета, длиной 75-80 см	Двухзамковая молнию УКК с внешним и внутренним ветрозащитными клапанами
Отделочный	Ткань полиэфирная «шлифованная»		Тесьма окантовочная трикотажная шириной 24 мм	«Капитан» (100% нейлон) с масляной водоотталкивающей отделкой Teflon®

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
	водоотталкивающая каландрированная гладкокрашенная	Лента Goretex® Tape, 3ly, olive 6GTAN0220 LBD, ширина 22 Световозвращающая лента, ширина 5,0 см		(DuPont), с ветрозащитным полиуретановым покрытием, плотность 150 г/кв.м.

На основе анализа таблицы 2.2 установлено, что производители в основном используют в качестве материала верха ткани с водоупорной или водоотталкивающей пропиткой, или ткани с мембранным покрытием, для подкладки использованы типовые подкладочные материалы, для утепления нетканые синтетические полотна.

На рынке широко представлены материалы, для изготовления ведомственной и специальной одежды, поэтому в таблице 2.3 представлены сравнительные характеристики свойств.

Таблица 2.3 – Характеристика полотен для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях

Характеристика	Значения				
	1	2	3	4	5
Волокнистый состав, %	хлопок – 70 спандэкс – 9 полиэфир – 21	хлопок – 65 спандэкс – 5 полиэфир – 30	полиэфир – 100	шерсть – 55 спандэкс – 5 полиэфир – 40	
Поверхностная плотность, г/м ²	341	344	305	238	
Толщина материала, мм	1,39	1,45	1,2	0,58	

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	
Полная деформация, %					
	вдоль	129,8	83,7	11,7	78,3
	поперек	118,7	63,3	17,3	51,2
Остаточная деформация, %					
	вдоль	11,48	6,0	3,0	5,6
	поперек	5,5666	12,0	2,1	7,2
Усадка при ВТО, %:					
	вдоль	3,63	2,43	3,67	2,96
	поперек	0,91	0,30	2,00	1,96

Сравнивая, сначала, типы примененных материалов, затем их свойства, выясняем с чем связаны отрицательные потребительские характеристики системы (таблица 2.4).

Для каждой системы определяется значение критерия «перспективность», показывающее потенциал развития системы, который учитывает уровень развития системы и пределы развития системы по главным параметрам. Это является отличительной особенностью бенчмаркинга G3-ID. Признаками развития является динамика появления и уровень патентов, производительность и эффективность системы, число разновидностей системы, представленных на рынке, степень отличия между ними [54].

Анализ расчетных данных позволяет сделать вывод о перспективности использования комплектов, содержащих инновационные материалы. Кроме того, видно, что наиболее высокий интегральный показатель у куртки №2, так как в ней дополнительно включены слои, предохраняющие функциональную мембранную поверхность материала верха.

Таблица 2.4 – Бенчмаркинг G3:ID курток

Конкурирующие системы: утепленный куртки	Характеристики систем				Интегральный показатель эффективности
	Поверхностная плотность	Отделка	Утепляющая прокладка	Перспективность	
	<i>Весовые коэффициенты</i>				
	7	8	10	5	
№1.	8	6	7	1	179
№2. специальная	9	9	7	3	220
№3. цифровой расцветки	4	5	9	2	168
№4. с комбинированным утеплителем: 1 слой – притачной, 2 слой – съемный на молнии)	8	8	7	3	205

Проведенный анализ позволяет также определить пути дальнейшего совершенствования комплектов для эксплуатации в условиях пониженных температур.

Одежда, эксплуатируемая в экстремальных условиях, учитывает сезонные особенности всех времен года – защищает от длительного воздействия холода с высокой влажностью и ветром, дождя и налипающего снега, воздействия морского жаркого и влажного климата.

Основным законом развития любой технической системы является закон повышения её синергетичности, [2] т. е. способности системы к восприятию и переработке изменяющегося (возрастающего) энергоинформационного потока, к образованию новых структур, к повышению управляемости (самоуправляемости).

Формирование ТС может быть представлено в N-мерном пространстве параметров. Динамика модификаций параметров обуславливается как потребностями объектов, для которых были сформированы ТС, так и ресурсными возможностями определенного момента развития. Развитие таких моделей может

разрешить ряд задач, стоящих перед теорией и практикой. В моделях предельного развития ресурсные возможности и ограничения не учитываются [55].

Тенденцией развития каждого из параметров может быть стремление к нулю или к некоему пределу, определяемому исходя из особенностей объекта обработки [55]. Для одежды предел - это размер человека.

В реальных условиях, при выполнении проекта, целесообразно проводить точную настройку, формируя систему параметров, являющихся ключевыми для данной системы и данного потребителя ее услуг [55]. Первой задачей является отбор материала для проведения сравнения. Эти защитные системы являются одеждой.

Модель записывается следующим образом: «Размер» - L, «Время» - L, «Энергия» - N, «Управление» -N. Сокращенно: LLNN.

Модели предельного развития могут использоваться в модификациях алгоритмов разработки новых материалов и пакетов, поддерживая процесс постановки цели на разрабатываемый материал/пакет и формирования комплекса требуемых свойств. Они также могут позволить формировать новое представление уже известных готовых материалов и пакетов.

Сложение (сворачивание) МПР различных систем. При объединении двух самостоятельных ТС в некий комплекс по проектированию материала, происходит сложение их МПР. При этом суммарная МПР может включать в себя особенности каждой из подсистем.

Так при объединении материала и пакета объединяются и присущие каждому из элементов особенности в модели интегральной системы. При отработке технологии сложения появляется трудность – элементарное объединение систем, с суммированием их параметров по закону: $N + N = N$, $N + L = L$, $L + L = L$; как передают расчеты, дает картину очень быстрого сведения любых комплексов к формуле LLLL, что не наблюдается на практике [55].

Анализ этого рассогласования показал, что на суммирующую систему надо переносить характеристики не всех материалов и пакетов, присущих

составляющим эту систему элементам. Была введена дополнительная характеристика параметра – его соответствие требованиям конечного проектируемого образца.

Также следует учитывать возможное несовпадение сочетаемых параметров материала и пакета. Это позволяет строить проектируемые образцы материала, но затрудняет определение итоговой формулы, синтезируемой из известных элементов системы.

Разворачивание (вычитание) МПР аналогично тому, как разъединяя пакет материала на составные элементы, получаем все более различные по свойствам составные части, так и в ТС, при ее разложении на составляющие, мы видим более комплексный набор потенциалов. Этот факт дает возможность совершать разложение изучаемой системы материалов/пакета на составные части с целью проведения исследования на возможность использовать свойства каждого составляющего компонента, предоставляемых этими составными частями и имеющихся у них потенциалов [55].

Использование моделей для анализа ресурсов. Параметры ТС, характеристики которых намеренно не заданы, стремятся к нулю, однако, в некоторые моменты формирования реальных систем, могут и повышаться, если они используются системой для осуществления и достижения главного, заданного параметра – новый, готовый материал/пакет. МПР не отображает эти промежуточные состояния. Это позволяет сравнивать МПР и портрет современного состояния ТС и делать на основании сопоставления вывод о том, на какой этапе развития находится система проектирования материалов.

Средняя температура воздуха под одеждой из ткани с содержанием полипропиленовых волокон составила в первый день носки 27,3 °С, во второй день – 27,9 °С, в третий день – 27,2°С, в то время как при применении одежды из смесовой хлопкополиэфирной ткани температура пододежного пространства возросла в среднем на 2°С и составила 29,7°С, 29,5°С и 29,6°С соответственно [56].

Влажность воздуха под одеждой обладает ещё более выраженными отличиями. В частности, в изделии из ПП ткани средняя влажность воздуха пододежного пространства в течение 3 дней составила 45,6; 44,3 и 45,1% соответственно. При применении обычной одежды отмечается повышение влажности пододежного пространства соответственно до 60,0; 62,3; 61,2%. В то же время известно, что за условие теплового комфорта отвечает относительная влажность воздуха под одеждой 35-60%, т.е. в случае применения обычной одежды отмечается превышение влажности воздуха под одеждой выше допустимого значения в среднем на 12%, что отрицательно сказывается на самочувствии человека.

При перегревании и выполнении человеком мышечной работы подключается один из наиболее сильных механизмов терморегуляции – потоотделение. Потоотделение отслеживается и в условиях теплового комфорта: при выполнении физической работы для обеспечения теплового комфорта необходимы умеренные теплотери испарением пота (таблица 2.5). Если же пот не выделяется, то окружающая среда воспринимается человеком как холодная. [55]

Таблица 2.5 – Влагодотери человека в условиях комфорта при выполнении физической работы (по данным Г.Х. Шахбазяна) [124]

Физическая нагрузка	Энергодатраты, Вт	Влагодотери, г/ч (потери массы)
Относительный покой	до 104	50–70
Легкая	≥ 208	90–140
Средняя	≥ 348	150–190
Тяжелая	≥ 487	210–240

Одним из показателей, который позволяет косвенно оценивать тепловое состояние человека и давать оценку теплозащитным свойствам одежды является плотность теплового потока – q .

В таблице 2.6 приведены средневзвешенные плотности теплового потока, которые позволяют оценивать время появления каких-либо теплоощущений

человека относительно его физической активности. Тем не менее должно учитываться, что при подсчете времени нахождения человека на холоде имеют значение, помимо средневзвешенных, локальные величины теплотерь, которые могут определить неприятные локальные теплоощущения на одном или другом участке тела.

Таблица 2.6 – Средневзвешенная плотность теплового потока, Вт/м²

Теплоощущение и время его появления	Энерготраты, Вт			
	104–128	290–325	406–464	580–700
Комфорт (длительный)	41 ± 2	100 ± 10	488 ± 20	222 ± 26
Прохладно через 1 ч	77 ± 10	137 ± 5	230 ± 18*	282 ± 20*
Холодно через 1 ч:				
на 5-й минуте часа	120 ± 10	164 ± 8	318 ± 10	318 ± 5
на 60-й минуте часа	105 ± 5	154 ± 7	300 ± 10	300 ± 10
Субъективная непереносимость через 3±0,5 ч:				
на 5-й минуте	145 ± 5	–	–	–
на последней минуте	123 ± 5	–	–	–
То же, через 1 ± 0,2 ч:				
на 5-й минуте	198 ± 10	–	–	–
на последней минуте	166 ± 5	–	–	–
То же, через 0,75±0,2 ч:				
на 5-й минуте	258 ± 11	–	–	–
на последней минуте	227 ± 8	–	–	–

* Теплоощущение «прохладно» появляется в области кистей.

Характеристика теплового состояния человека и теплозащитных свойств комплекта одежды в условиях движения и ветра отображена в приложении В [10].

Экспериментальные данные о деформации растяжения материала в одежде при ее носке играют важную роль при разработке и совершенствовании конструкции одежды. Они лежат в основе определения припусков к деталям одежды на свободу движения, на свободу облегания и др. Полученные экспериментальным путем значения деформации растяжения материала могут быть использованы также при установлении режимов и параметров испытания на

выносливость и долговечность при многократном растяжении или давлении материалов.

При проектировании изделий в качестве исходных данных берутся величины растяжения изделия в носке. Растяжение элементов одежды при движении по данным [10] составляет в области плеч 13-16 %, колен и локтей 35-45 %, бедер 25-30 % (рисунок 2.7).

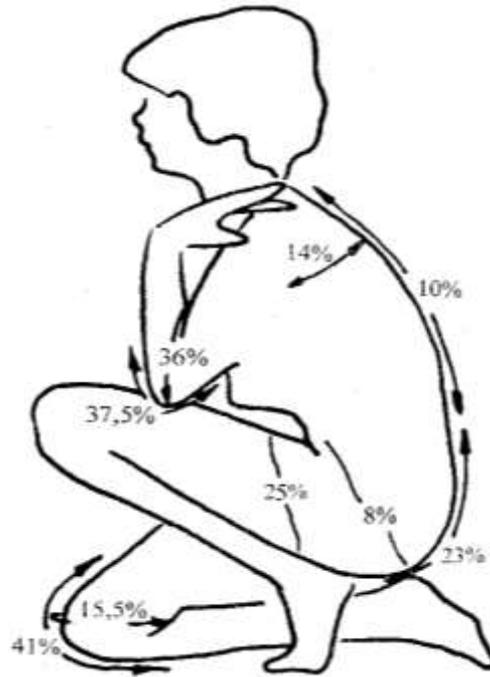


Рисунок 2.7 – Растяжение элементов одежды при движении

При работе человек совершает движение, т.е. находится в динамическом состоянии, поэтому одежда испытывает растяжение, изменяет форму поверхности из-за разной интенсивности на отдельных участках. Это приводит к расшатыванию структуры материала и к его деформации, происходит нарушение теплообменных свойств.

Совершенствование процесса проектирования одежды [61] для эксплуатации в экстремальных условиях возможно на основе разработки и оптимизации теплозащитного пакета материалов с регулируемым тепловым сопротивлением и многокомпонентного комплектования одежды.

2.3 Разработка теплозащитного пакета с регулируемым тепловым сопротивлением

В условиях теплового комфорта и охлаждения человек, находящийся в состоянии относительного физического покоя, теряет влагу через кожу путем диффузии водяных паров.

Совершенствование процесса проектирования одежды для эксплуатации в экстремальных условиях возможно на основе разработки и оптимизации теплозащитного пакета материалов с регулируемым тепловым сопротивлением и многокомпонентного построения одежды.

В соответствии с ранее предложенными (Глава 2, р. 2.1) в определенных зонах утепляющего материала требуемые свойства (F_p) усиливаются, однородная структура переходит в неоднородную (F_a): дифференциация – разные части или зоны должны выполнять различные функции. F_{p_i} – элемент фасеты множества свойств, F_{a_i} – элемент фасеты множества действий, F_{m_i} – элемент фасеты множества материалов.

Для отдельных зон определяются удовлетворяющие условия для выполнения их функций (f). При всем при этом для общей работы разделенные части объединяют таким образом, чтобы полезные функции повышались, а вредные – уменьшались.

Известны разные варианты конструкции теплозащитных пакетов с объемными утеплителями, например, двухслойной пакет с переборками трехслойный:

$$MM = F_{m_1} + F_{m_2} = F_{m_1} + F_{m_2} + F_{m_3}, \quad (2.14)$$

и другие [63].

К недостаткам перечисленных конструкций относятся отсутствие возможности регулирования их теплозащитных свойств (F_{p_n}) в процессе эксплуатации.

Существует конструкция теплозащитного пакета, которая может применяться при изготовлении верхней теплозащитной одежды с объемным несвязным утеплителем, обеспечивая при этом заданный уровень эстетических и гигиенических свойств [60]:

$$MM = Fm_i + Fp_i + Fp_i \quad (2.14)$$

Конструкция теплозащитного пакета, которая может применяться при изготовлении швейных изделий с объемными несвязными утеплителями [62], обеспечивающих возможность регулирования толщины этих изделий, что изменяет термическое сопротивление при изменении температуры окружающей среды [63]:

$$MM = Fm_i + Fa_i + Fa_i \quad (2.15)$$

Существует конструкция теплозащитного пакета с регулируемой толщиной, содержащая внешний и внутренний слои материала оболочки, несвязный утеплитель, размещенный между ними, переборки, места скрепления переборок с внешним и внутренним слоями материала оболочки [61] строчками простегивания или линиями сварки, отличающаяся тем, что содержит регулирующий отсек, созданный двумя переборками, участками материала внешнего и внутреннего слоев оболочки и средством фиксации ширины регулирующего отсека:

$$MM = Fm_i + Fm_i + Fm_i + Fa_i \quad (2.16)$$

За счет регулирования толщины пакета обеспечивается тепловой баланс человека в зависимости от климатических условий и его индивидуальных особенностей [63].

Однако, структура известного пакета обладает высокой сложностью конструкции, которая вызывает существенные трудности при ее реализации в швейном производстве, а также регулировка толщины осуществляется заранее до эксплуатации изделия, в зависимости от предполагаемой температуры окружающей среды и фиксируется разъемная тесьмой - «молнией», лентой «Velcro», планками с кнопками и т.д. Недостатком конструкции является

отсутствие возможности [64] регулирования толщины теплозащитного пакета в процессе эксплуатации.

Анализ теоретического описания пакетов показал, что преобразование системы в ее новый, улучшенный вариант, удобнее производить по разработанному алгоритму, на основе набора стандартных решений изобретательских задач Г.С. Альтшуллера [65].

Для этого необходимо выполнить три условия существования законченной, полностью работоспособной функционирующей системы:

1. обеспечение (состав системы соответствует выполняемой ей функции),
2. установка связей элементов системы,
3. согласование параметров подсистем данной системы.

Основная задача разработанного пакета материалов (рисунок 2.8) заключается в реализации возможности регулирования размеров пакетов, при выполнении разного вида работ, вследствие чего изменяется термическое сопротивление одежды и обеспечивается комфортность изделия.

Эта задача решается за счет того, что утеплитель (F_{m705}) расположенный между внешним и внутренним слоями (F_{m18}) выполнен из растяжимого эластомерного материала (сетки) (F_{m4}), на котором в два этапа нанесен волокнистый холст (F_{m33}) при разном растяжении эластомерного материала, а скрепление (F_{a25}) всех слоев пакета, осуществляется при растяжении внутреннего теплозащитного материала на величину прибавки определяемой видом выполняемой работы.

Утеплитель:

$$MM1 = F_{m33} + F_{m4} + F_{m33} = F_{m705}, \quad (2.17)$$

пакет материалов с утеплителем:

$$MM2 = (F_{m18} + F_{m705} + F_{m18}) + F_{a25}, \quad (2.18)$$

или общий вид:

$$MM = (F_{m18} + (F_{m33} + F_{m4} + F_{m33}) + F_{m18}) + F_{a25}. \quad (2.19)$$

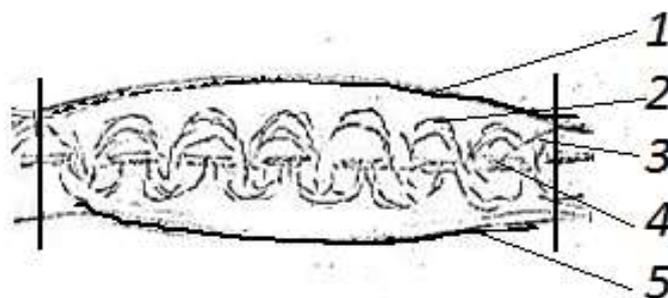


Рисунок 2.8 – Структура разработанного по формуле (2.19) пакета материалов

На рисунке 2.8 схематически представлено поперечное сечение теплозащитного пакета, наружное полотно - 1, лицевой - 2 и изнаночный - 3 волокнистые слои из термопластичных штапельных волокон, расположенные по обе стороны эластомерного каркасного полотна (сетки) - 4 утеплителя и внутреннего слоя (подкладки) - 5.

Предлагаемый теплозащитный пакет для одежды получают соединением всех частей. На начальном этапе получают необходимую конструкцию комплексной утепляющей прокладки, для чего эластомерный материал растягивают в 2 раза и соединяют с волокнистым слоем, выполненным из 100% бикомпонентных волокон диаметром не менее 40 мкм, после чего материал растягивают в 1,5 раза и на противоположную сторону также размещают аналогичный волокнистый слой и соединяют его с эластомерным.

Для получения необходимой конструкции пакета рассчитывают размеры наружного и внутреннего материалов пакета с учетом динамической прибавки (Пд) в зависимости от назначения изделия. Размер утепляющего слоя уменьшают на величину Пд. Затем происходит соединение всех слоев пакета. Для соединения всех слоев при необходимости растягивают комплексный материал.

Для изготовления теплозащитного пакета для суровых климатических условий утепляющие пакеты заданной толщины получаем с применением шаблона из эластомерного материала. Для этого эластомерный материал, являющийся вспомогательным, а также шаблоном, натягивают на определенную величину n ,

которая задана заранее и зависит от типа выполняемого вида работы и условий эксплуатации изделия.

Если толщина пакета в спокойном состоянии (h_c) при выполнении работы (h_p), то степень растяжимости пакета определяется:

$$n = (L_p - L_c) / L_c, \quad (2.20)$$

где L_p – длина пакета в рабочем состоянии; L_c – длина пакета в состоянии покоя.

На основании известных математических зависимостей, определяем, как изменится толщина пакета при растяжении:

$$h_c^2 + L_c^2 = h_p^2 + L_p^2 \quad (2.21)$$

$$n = (\sqrt{h_c^2 - h_p^2 + L_c^2}) / L_c - 1 \quad (2.22)$$

На основании этого выражения определены основные расчетные данные для разных конструкций пакета, при выполнении работы разной интенсивности (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Характеристика готового пакета

Длина пакета, мм	Толщина, мм		Степень растяжимости пакета, %
	Спокойное состояние	Тяжелая работа	
100	14,69	8,4	0,72
50	14,69	8,4	2,86
40	14,69	8,4	4,44
100	27,2	11,75	3,29
50	27,2	11,75	12,59
40	27,2	11,75	19,09
100	32,2	13,4	4,72
50	32,2	13,4	17,75
40	32,2	13,4	26,65

Следовательно, степень растяжения готового пакета зависит от вида работы и размеров пакета в плане.

Для изготовления комплексного материала утеплителя его толщина H , должна быть равна значению для спокойного состояния за исключением толщины материалов верха и подкладки $H = h_c$ (рисунок 2.9). Длина участка утеплителя в

нерастянутом виде $l_c = 2b + c$; в растянутом виде $l_p = 2H + c$. Степень растяжения эластомерного материала таким образом:

$$n_3 = (l_p - l_c) / l_c = 2(H - b) / (2b + c) \quad [2.21]$$

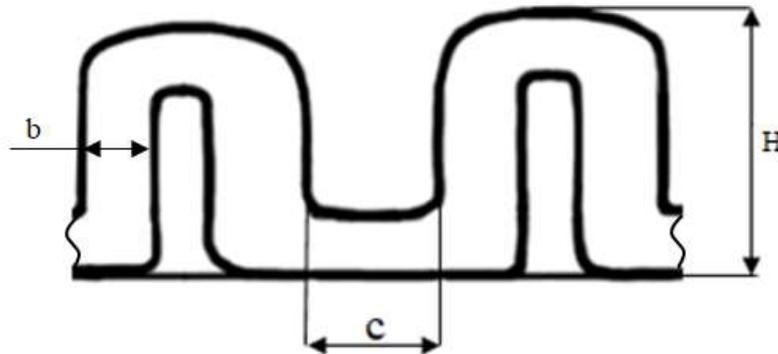


Рисунок 2.9 – Конструкция утепляющей прокладки (с - ширина тафтинговой строчки, b- толщина нетканого утеплителя)

Соединение нетканого и эластомерного материалов осуществляется по линиям путем иглопробивания материалов, после чего эластомерный материал высвобождают от растягивающих усилий, и дают ему сократиться.

Для разных сочетаний определены основные расчётные характеристики утепляющей прокладки (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Основные расчётные характеристики комплексного утепляющего материала при толщине пакета необходимой для спокойной работы 14,69мм

Толщина нетканого полотна, мм	Ширина тафтинговой строчки, мм	Степень растяжимости эластомерного материала	Длина нетканого полотна, мм	Поверхностная плотность комплексного полотна, г/м ²
5	4	1,869	1632	114,24
4	4	2,336	1836	128,52
4	3	2,211	2098	146,86
3	3	2,948	2448	171,36
3	4	3,115	2098	146,86
3	2	2,782	2938	205,66

На основе расчетных данных можно установить необходимые параметры для получения утеплителя с заданными характеристиками толщины и поверхностной плотности. Так, для пакета размером 1 м² можно использовать «Холлофайбер 150

г/м²» или утепленный пакет, изготовленный по предложенной конструкции из синтепона толщиной 5мм, причем его поверхностная плотность при аналогичной толщине, составит 130-135 г/м², и, следовательно, можно уменьшить общую массу изделия.

С изменением вида соединения изменяется не только необходимое значение растяжимости, но и поверхностная плотность готового утеплителя. Следует определить параметры упругости материалов с разными характеристиками, так как в полотнах чаще всего использовались слоистые волокнистые материалы, которые обладают остаточной деформацией и определенной упругостью [92].

М.Г. Каганер [11] выявил уравнение для оценки величины коэффициента теплопроводности с учетом деформации материала:

$$\varepsilon_{\phi} = 3,12 (1 - P) (4/3) (1/3)/E, \quad (2.22)$$

где E - модуль упругости твердой фазы, P - внешнее давление.

Поскольку ранее было определено, что частицы движутся между элементами в объеме, задающимся размерами пакета в плане [3], однако, площадь этого пакета остается постоянной, а объем может меняться из-за упругости самого пакета, то нужно: рассчитать величину пористости и заполнения в зависимости от упругости пакета; определить взаимосвязи между частицами в пакете, другими словами, определить тип связи в зависимости от формы материала и его вида; определить возможные расчётные значения коэффициента теплопроводности и сравнить с фактическими данными.

Особенное внимание отводится характеристике свойств изделия и формулированию требований в зависимости от его условий эксплуатации и назначения [91]. Определяются свойства одежды, связанные с ее устойчивостью к различным воздействиям: механическим (при растяжении, изгибе, трении) и физико-химическим (воды, света, светопогоды, тепла, холода, огня, излучений, химических реактивов и т. п.) [67]. Таким образом, имеем дело с определенным воздействием на систему, следовательно, необходимо ввести временной фактор, а также зону действия веществ и полей друг на друга и, поэтому основные методы

исследования свойств материалов можно определять в соответствии с этими воздействиями [50].

2.4 Разработка методики исследования комфортности материалов и пакетов

Комфортность одежды во многом определяет самочувствие и работоспособность человека [68]. Основное назначение одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях, заключается в обеспечении нормы теплового баланса тела человека.

Обеспечение комфортных условий при эксплуатации одежды, обычно, происходит благодаря гигиеническим свойствам, выделяя гигроскопичность и воздухопроницаемость. Тем не менее, данные показатели не характеризуют уровень передачи влаги материалом из пододежного пространства в окружающую среду. Большинство ученых считают, что газо-влажностное состояние пододежного слоя характеризует паропроницаемость [69].

К вопросу переноса влаги из пододежного пространства в окружающую среду можно подходить с разных сторон. Данным вопросом занимались Т.О. Бунькова и Т.В. Глушкова, согласно исследованию которых транспорт жидкой влаги в текстильных материалах происходит благодаря влагопоглощению, влагопереносу и остаточному увлажнению [70].

Показатель паропроницаемости зачастую не используется при оценке комфортного состояния в пододежном слое лишь из-за неоднозначности методов и способов определения паропроницаемости. Испытания проводятся в принципиально разных условиях, а также отличаются по множеству более или менее важных деталей: количество и размеры образцов, температурно-влажностные условия и время необходимое для проведения испытания, наличие или отсутствие потока воздуха, имитирующего ветер и т.д. Сравнение между собой

результатов полученных с помощью различных методов обычно бессмысленно [71].

Для одетого человека температура воздуха под одеждой является одним из показателей её соответствия условиям эксплуатации. Оптимальный уровень этой температуры определяется физической активностью человека. Наиболее комфортной температурой пододежного воздуха считается температура 30 – 32 °С (в области туловища для человека, находящегося в покое) [2].

В условиях теплового комфорта влажность воздуха под одеждой (между нижним слоем пакета материалов и поверхностью тела человека) составляет 35 – 60%. Конструкция пакета и материала должна быть спроектирована так, чтобы обеспечить поддержание указанной влажности при разной температуре, влажности воздуха окружающей среды и уровне потоотделения кожи. Динамика влажности воздуха под одеждой [72] характеризует способность пакетов материалов выводить влагу из пододежного пространства. Гигиеническим требованиям соответствуют такие изделия, в пододежном пространстве которых влажность воздуха возрастает с наименьшей скоростью.

Накапливание влаги под одеждой при растущей температуре окружающего воздуха приводит к перегреванию организма, потому что уменьшаются потери тепла испарением (единственным способом сохранения теплового баланса в таких условиях) [72], а при пониженной и низкой температурах – к увлажнению одежды и снижению её теплоизоляционных свойств.

Определение видов испытаний для оценки отношений в системе устанавливаются на основе соответствия между математическим описанием многокомпонентных систем материалов и систем измерений – определяются виды систем по участкам изделия, выделяя типы множеств, их характерные особенности.

Для корректной оценки свойств материалов нужно, чтобы между множествами систем пакетов и систем измерений были рефлексивные отношения [50], которые определяются назначением пакета и условиями его эксплуатации.

Для измерения паропроницаемости и влагопоглощения материала и пакета используется устройство, в котором нагревательный прибор заключен в корпусе непосредственно под жидкостью, нагревая ее, сетка, на которой расположен термогигрограф, находящийся между образцом и испаряющейся жидкостью, передающий измеряемые показатели на компьютер посредством проводного подключения, размер образца составляет 20x19 см [73].

Оценка точности и затрат времени. В термометре-гигрометре наибольший интерес представляют датчики DHT22. Анализируя линии тренда (рисунок 2.10) видно, что точность датчиков соответствует документированным значениям, а именно значениям, представленным в таблице 2.8.

Среднее значение показателей с датчика для температуры в неизменяемой окружающей среде – 26,6 °С, максимальное значение – 27,1 °С, минимальное – 26,2°С, отклонения не превышают – 0.4°С, что является допустимым. Среднее значения показателей относительной влажности – 22,3%, максимальное – 24.4%, минимальное 18,7%, отклонение не превышает 3.6% что является допустимым.

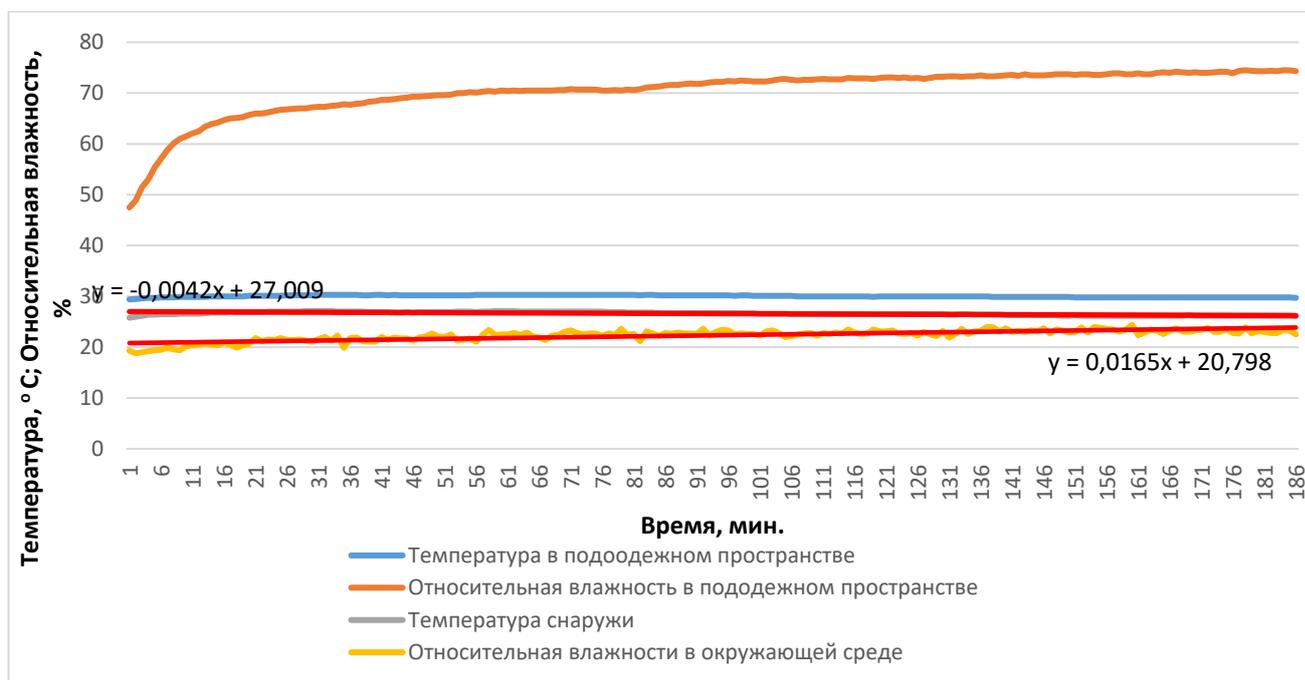


Рисунок 2.10 – Кинетика температуры и влажности мембранной ткани
Модель DHT 22 имеет характеристики, представленные в таблице 2.9

Таблица 2.9 – Характеристики ДНТ 22

Рабочий диапазон	Относительная влажность 0 – 100%, температура от – 40 до +80 С°
Точность	Относительная влажность $\pm 2\%$ и $\pm 5\%$ в экстремальных условиях (от 0 до 10% влажности и от 90 до 100%), температура ± 0.5 С° во всём рабочем диапазоне.
Чувствительность	Относительная влажность 0.1%, температура 0.1 С°
Погрешность	Относительная влажность $\pm 0.1\%$, температура ± 0.2 С°
Время обновления показаний	2 секунды

Из таблицы 2.9 следует, что точность прибора высокая. Диапазон температуры подходит для диапазона пододежного слоя (до 90%), диапазон температур соответствует необходимым для исследований климатическим поясам. Прибор является оптимальным для испытаний.

Выводы по второй главе

Анализ эксплуатационных факторов изделий из функциональных тканей показал, что разработка характеристик многокомпонентных материалов при воздействии эксплуатационных факторов возможна только с позиций системного подхода.

Исследование волокнистых материалов позволило рассчитать и прогнозировать теплофизические свойства для одежды, эксплуатируемой в экстремальных климатических условиях. Составлен алгоритм оценки параметров одежды для экстремальных условий.

Охарактеризованы свойства изделия и сформулированы требования в зависимости от его назначения и условий эксплуатации. В решении этой задачи применен метод предельных моделей (МПП) технических систем (ТС).

Таким образом, получена конструкция теплозащитного пакета с регулируемой толщиной содержащая внешний и внутренний слои материала и утеплитель расположенный между ними, отличающаяся тем, что при

формировании пакета использован эластомерный утеплитель, выполненный из растяжимого эластомерного материала (сетки), на которой в два этапа нанесен волокнистый холст при разном растяжении эластомерного материала, а скрепление всех слоев пакета, осуществляется при растяжении внутреннего теплозащитного материала на величину прибавки определяемой видом выполняемой работы.

Разработан пакет с позиции теоретического и системного подхода. Пакет следует исследовать на сохранение свойств.

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ (ПАКЕТОВ) МАТЕРИАЛОВ ОДЕЖДЫ

Задачи производства и разработки текстильных материалов усложняются, требования к качеству решения задач возрастают, а сроки сокращаются, следовательно, возникает необходимость принятия быстрых эффективных мер. Для организаций важно установить потребности в сырье определенного вида, потому что производство качественных товаров может быть обусловлено при учете разных физико-механических свойств материалов, так как производство одежды имеет конкретные требования к материалам на различных стадиях технологического процесса [74].

На сегодняшний день, чтобы подобрать определяющие показатели качества (ОПК) текстильных тканей используют разнообразные методы, такие как: системный, кластерный и экономический анализы; математическая теория игр; теория вероятности и математическая статистика и т.п.

Для определения метода выбора ОПК целесообразно дальнейшее развитие методов и сравнительный анализ их эффективности по полученным результатам и по затратам для их реализации. На практике важно иметь рекомендуемую номенклатуру ОПК для обусловленных видов продукции – текстильных изделий.

Выбор номенклатуры и числа показателей, по которым оценивается качество продукции, является сложной согласованной задачей. Таким образом, чем больше используется показателей, тем информация о качестве продукции будет более полной, но это приведет к затратам, объем которых будет повышаться при увеличении числа оцениваемых показателей. Поэтому целесообразно выявить оптимальное число показателей, которое обеспечит максимальный объем информации при минимальных затратах на ее получение [75].

На основе анализа таблицы 2.2 (глава 2) установлено, что производители в основном для изделий учитывают характеристики теплоизоляционные, ветро- и водостойкости, а также поверхностной плотности.

Однако для подтверждения соответствия разработанного теплоизолирующего пакета следует определить состав материалов для пакета, требования, предъявляемые к этим материалам, и перечень показателей, характеризующих удовлетворенность потребителя [76].

3.1 Методы и средства по определению основных характеристик многокомпонентных материалов.

На практике, при определении основных показателей (ОПК) качества текстильных материалов, между изготовителем и потребителем главным должно быть мнение последнего. Решение потребителя по выбору ОПК зависит от его осведомленности по качеству оцениваемой продукции и полностью включается в сферу его ответственности. Для решения этой задачи рационально иметь рекомендуемую номенклатуру ОПК для определенной продукции текстильных изделий [82]. Такая номенклатура ОПК не должна отличаться от стандартов серии ГОСТ 4 и иметь разделение на общие и специализированные показатели. Такой традиционный подход обеспечит основу для создания интерактивной номенклатуры ОПК с программируемыми правилами ввода и вывода информации, а также интеллектуальным поиском. Таким образом, в дальнейшем всегда можно будет задать условия, например, для каждого показателя отображать коэффициенты весомости (значимости) и т.д. Такая технология позволяет более точно подходить к выбору ОПК и в случае, когда сравнивается качество нескольких одноименных вариантов продукции, с целью выбора оптимального, проводить подсчет комплексных (обобщенных) показателей [82]. Интерактивная номенклатура упрощает процесс обновления, изменения и разработки рекомендаций по выбору ОПК для различных видов готовых текстильных изделий.

Таблица 3.1 Показатели качества текстильных материалов

Код	Комплексный показатель первого уровня	Комплексный показатель второго уровня	Единичный показатель
1.	Социального назначения	Общественная потребность	общественная целесообразность; разработки; объем продукции;
		Возможность сбыта	соответствие материала оптимальному ассортименту; сезонность спроса; моральный износ; сопутствующие социальные; эффекты;
2.	Функциональный	Защитный утилитарный	суммарное тепловое сопротивление;
			воздухопроницаемость; паропроницаемость; водопроницаемость; пылепроницаемость; проницаемость излучений; кислотопроницаемость; щелочепроницаемость; нефтемаслопроницаемость;
		Обеспечение функции движения	поверхностная плотность; жесткость; полная деформация;
3.	Надежность	Долговечность	усилие при разрыве; усилие при раздирании; усилие при продавливании; прочность ворса; прочность закрепления ворса; устойчивость при истирании по плоскости; устойчивость при истирании по сгибам; устойчивость при многократном растяжении;

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
			<p>устойчивость при многократном изгибе; устойчивость к действию: светопогоды, микроорганизмов, насекомых. химической чистки, стирки, повышенных температур, пониженных температур</p>
		Сохраняемость внешнего вида и формы	<p>несминаемость; полная деформация и ее компоненты; пиллингуемость; усадка: после замачивания, стирки, вто, размеростабильность; стойкость к поту; устойчивость окраски;</p>
4.	Эстетический	Выразительность	<p>художественно-колористическое оформление; цвет; блеск; белизна; прозрачность; рисунок;</p>
		Товарный вид	<p>переплетение; фактура поверхности; туше (гриф); эффект отделки;</p>
5.	Эргономический	Гигиенический	<p>влажность; гигроскопичность; водопоглащаемость; пароемкость; воздухопроницаемость; пылеемкость;</p>

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
			электризуемость; прилипаемость; теплоемкость; температуропроводность
		Удобство пользования	жесткость; драпируемость; поверхностная плотность; тангенсиальное сопротивление; загрязняемость
		Физиологический и психофизиоло- гический	отстирываемость (хим.чистка) ; поверхностная плотность; растяжимость; жесткость;
6.	Экологический	Безвредность для окружающей среды	степень выделения при переработке: частиц пыли, вредных газов и примесей
		Безвредность для человека	загораемость; токсичность химического состава
7.	Конструкторско- технологический		раздвигаемость нитей; осыпаемость; прорубаемость швейной иглой; распускаемость; формовочная способность; толщина; термостойкость; полная деформация и ее компоненты; усадка: при замачивании, при ВТО; тангенсиальное сопротивление; жесткость; драпируемость;
8.	Экономический		материалоемкость; трудоемкость переработки; группа качества; сорт; рациональность использования;

Требования к материалам верха швейного изделия в порядке значимости: суммарное тепловое сопротивление, воздухопроницаемость, паропроницаемость, поверхностная плотность, полная деформация, устойчивость при многократном изгибе, пониженные температуры, полная деформация и ее компоненты, размеростабильность, влажность, воздухопроницаемость, поверхностная плотность, толщина, полная деформация и ее компоненты, жесткость, рациональность использования.

Требования к материалам верха швейного изделия по комплексному показателю:

Функциональные. Соответствие своему основному назначению, соответствие свойств полотен назначению в соответствии с сезоном, обеспечение удобства в носке.

Конструкторско-технологические. В полотнах для верхней одежды важны такие показатели, как низкая осыпаемость, прорубаемость швейной иглой (т.е. толщина) и усадка при стирке [83]. Также невысоким должен быть показатель тангенциального сопротивления. Материал должен быть оптимальной толщины и жесткости и обладать достаточной термостойкостью, необходимой для ВТО, невысокой осыпаемостью, что уменьшает припуски на швы [84].

Экономические. Проектируемое изделие должно характеризоваться минимальной площадью деталей и, соответственно, минимальными отходами материалов при раскрое.

3.2 Методики, используемые при испытании материалов и пакетов

Испытания проводили по известным и стандартным методикам. Физико-механические, физико-химические и эксплуатационные свойства определяли в соответствии со стандартами:

определение жесткости материала при изгибе

ГОСТ 10550-93 [116],

определение гигроскопичности

ГОСТ 3816-81 [117],

определение толщины	ГОСТ 12023-2003 [118],
водопроницаемость	ГОСТ 124287-2013 [119],
поверхностной плотности	ГОСТ 3811–72 [120].

Обработку экспериментальных данных выполняли методом математической статистики. Цель данной обработки данных заключается в определении с известным уровнем надежности определяемых характеристик объекта исследования основываясь на конечном числе образцов. Статистическую обработку результатов эксперимента проводили по ГОСТ 14359-69.

Определение волокнистого состава. Распознавание текстильных волокон проводится микроскопическим исследованием, результаты которого выводятся на монитор компьютера. Для определения структуры и расположения волокон в работе использовался электронный микроскоп БИОР с 40 кратным увеличением. Микроскоп оснащен камерой, с помощью которой были получены фотографии исследуемых образцов.

Определение линейной и поверхностной плотности. Измерение проводится стандартным методом взвешивания проб на технических весах с точностью до 0,01г после выдерживания их в климатической камере при нормальных атмосферных условиях в течении 24ч в соответствии с ГОСТ 10681
Линейную и поверхностную плотность вычисляют по формулам:

$$ML=102m/l, \quad (3.1)$$

$$MS=104m/(lb). \quad (3.2)$$

Определение плотности (числа) расположения нитей. Испытание проводится методом сканирования материала, после которого результаты выводятся на монитор компьютера [73]. Исследование проводится на образце материала, имеющего разметку 1см четырьмя точкам. Полученную на мониторе картинку форматируют в программе «Excel» увеличивают до необходимого размера и подсчитывают число нитей по основе и по утку, а также линейную плотность нитей и волокон. Чтобы обработать полученные изображения материалов был использован графический редактор, который привязывает его к

сетке, чтобы задать нужный размер ячеек и поставить линейку по ширине и длине отсканированных срезов. Это помогает определить размеры используемых нитей, пряж и рассчитать количество структурных элементов. Поскольку размеры сканируемых образцов определены заранее, то при установке линейки определяется масштабный коэффициент, по которому производятся расчеты в дальнейшем.

Определение воздухопроницаемости материалов по стандартному методу на приборе ВПТМ-2 по всей ширине материала (ГОСТ 12088 – 77). Разряжение Р на приборе 49 Па (5мм.вод. ст.) и при усилии прижима пробы 147Н (15даН).

Гигроскопичность в работе определялась на анализаторе влажности "Эвлас-2М". В отличие от стандартного и довольно продолжительного во времени метода определения влажности анализатор влажности "Эвлас-2М" осуществляет сушку в течение 5-15 минут. Во время сушки встроенный микропроцессор подсчитывает все значения и на индикатор выводится результат измерения массовой доли влаги в % и значение общего времени испытания. Принцип работы анализатора влажности "Эвлас-2М" заключается в термогравиметрическом экспресс-методе, который основывается на высушивании пробы инфракрасным излучением. На взвешивающее устройство анализатора влажности помещается, проба и запускается режим сушки, анализатор фиксирует начальную массу пробы, и ведет контроль за массой пробы в процессе сушки. Сушка останавливается после стабилизации массы пробы и на индикатор выводится результат измерения: влажность пробы в процентах. За окончательный результат при использовании обоих методов принимают среднее арифметическое значение результатов двух определений, вычисленное с погрешностью не более 0,01% и округленное до 0,1%.

Теплопроводность материалов определялась по методике [110] на установке (рисунок 3.1), разработанной в РГУ им. Косыгина на кафедре физики.

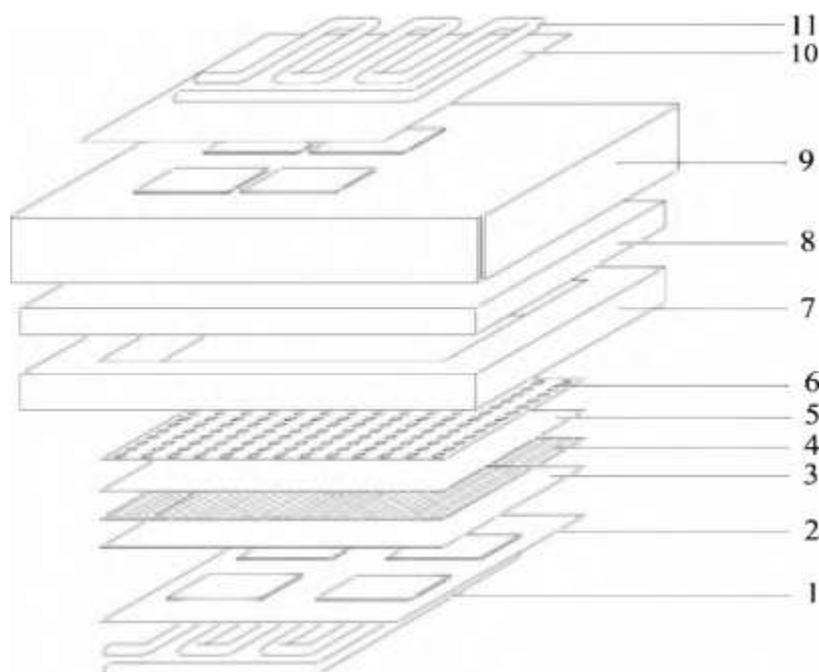


Рисунок 3.1 – Элементы конструкции установки: 1 - трубка водяного охлаждения, 2 - медная пластина с элементами Пельтье, 3 - охлаждаемая пластина, 4 - образец, 5 - нагреваемая пластина, 6 - нагреватель, 7 - боковая часть теплоизоляции, 8 - верхняя часть теплоизоляции, 9 - тепловой экран, 10 - медная пластина и 11 - трубка водяного охлаждения.

Для измерения теплопроводности образцов площадью A и толщиной d при необходимых условиях выполнялись следующие действия: задается и стабилизируется температура холодной пластины T_2 , задается и стабилизируется температура компенсирующего экрана T_2 , постепенно увеличивается передаваемая горячей пластине электрическая мощность P , пока температура пластины не станет равной температуре экрана [110]. Расчетная формула теплопроводности:

$$D = P \cdot d / (A (T_1 - T_2)) \quad (3.3)$$

3.3 Выбор объектов исследования

Ранее в главе 2 проведен сравнительный анализ пакетов одежды для эксплуатации в особо холодной зоне (стр. 69) и установлено, что в качестве материалов веха использованы курточные ткани разного волокнистого состава с

ветро-, водо- и маслостойкой отделкой, а также с мембранным покрытием. В качестве утепляющего слоя может быть использован нетканый утеплитель необходимой толщины, а для подкладки выбраны полиэфирные ткани, поэтому для сравнительного анализа были выбраны аналогичные материалы (таблица 3.2)

Таблица- 3.2 Характеристика исследуемых материалов

Образец	Волокнистый состав, %	Толщина полотна, мм	Переплетение	Линейная плотность, текс		Плотность (число структурных элементов на 100мм)		Поверхностная плотность, г/м ²
				основа	уток	основа	уток	
Верхнепокровный								
1.	хлопок – 70 спандэкс– 9 полиэфир –21	0,47	полотняное	ВХ/б 29x2 ВПэф 33		398	223	212
2.	НВис -50 НПэф-50	0,36	саржевое	НВис 13,3 НПэф текстур.11x2		500	280	133
3.	ВХ/б -67 ВПэф-33 (с мембраной)	0,41	полотняное	ВХ/б 29x2 ВПэф 33		460	250	390
Подкладочный								
а	ВПэф -100	0,12	полотняное	13,2	12,9	258	240	68
б	ВПэф -100	0,19	полотняное	10,9	10,4	380	480	76
Утепляющий								
I.	Полиэфирное	1,75	термоскрепленное	1,7 силиконизированное бикомпонентное		–		50
II.	Полипропиленовое	2,42	термоскрепленное	1,7 силиконизированное бикомпонентно		–		75
III.	Полиэфирные	12	термоскрепленное	70% полого силиконизированного высокоизвитого волокна		–		150

Для изготовления опытных образцов разработанного пакета использованы те же ткани верха и подкладки, а для изготовления комплексной утепляющей прокладки выбран нетканый материал разной толщины и сетка «Бифлекс».

Особую роль в одежде для экстремальных условий играет теплоизолирующая подкладка. Технология производства утеплителей заключается в прочесе волокнистого сырья, преобразовании прочеса в холст требуемой поверхностной плотности и последующем скреплении холста различными методами: комбинированным, клеевым, термическим. В качестве волокнистого сырья могут использоваться суровое или полое полиэфирное волокно, силиконизированное волокно, могут добавляться регенерированные хлопковые или шерстяные волокна. Диапазон плотностей для утеплителей из таких материалов составляет 40-400 г/м² [77].

Термоскрепленный синтепон образуется при смешивании исходного сырья с легкоплавким бикомпонентным волокном с последующим термоскреплением. Обычно, легкоплавкое волокно, состоит из легкоплавкой оболочки и полиэфирной основы. Оболочка плавится в процессе термоскрепления и после охлаждения место контакта волокон закрепится. Это легко предотвратить путем горячей обработки поверхности или каландрированием, что не влияет на драпируемость материала [77].

Когда внутри изделия утеплитель подвергается активному сжатию. В этом случае необходимо его восстановление после сжатия для удержания слоя воздуха и придания изделию первоначальной формы. Когда волокно укладывается преобразователем прочеса относительно плоскости холста вертикально, утеплитель получается с улучшенными восстанавливающими свойствами

Такой термоскрепленный утеплитель представлен на рынке торговой маркой «Периотек» (диапазон поверхностной плотности 150 – 400 г/м²). Миграция волокна в этом материале предотвращается использованием дублирующих подложек. Наилучшая драпируемость достигается при использовании нескольких слоев материала «Периотек» меньшей плотности.

Преимущественно вертикальную ориентацию волокна позволяет получить также технологическое оборудование с аэродинамическим способом формирования холста. Выполненные на таком оборудовании утеплители представлены на рынке торговыми марками «Холлофайбер», «Эслон», «Лентекс». Лучшее качество этих материалов достигается в соответствии с рекомендациями фирм-производителей технологического оборудования при поверхностных плотностях 300 г/м² и более.

Утеплители из микроволокон поставляются в диапазоне плотностей 40...250 г/м² и рекомендуются для всех видов зимней одежды. Наиболее известен на отечественном рынке утеплитель из микроволокон под торговой маркой Тинсулейт.

Подкладочные материалы. Свойства подкладочных тканей в основном определяются свойствами используемого сырья и параметрами их структуры, в том числе и видом переплетения [69].

Подкладочные материалы, используемые для оформления внутренней стороны изделия, предохраняющие его от изнашивания, должны обладать достаточной устойчивостью окраски к трению и поту; иметь гладкую скользящую поверхность с малым коэффициентом трения, не утяжелять изделия. Подкладочная ткань должна выдерживать срок носки основной ткани одежды и не должна иметь излишнего запаса прочности.

Ткани из синтетических нитей износостойчивые, безусадочные, жестковатые и упругие, немнущиеся, матовые или блестящие. Их вырабатывают из однониточных, комплексных, крученых, текстурированных, профилированных, модифицированных полиамидных и полиэфирных нитей [81]. Для большей устойчивости структуры используют переплетения с короткими перекрытиями. Синтетические подкладочные ткани поверхностной плотностью 71-76 г/м² обладают высокими прочностными характеристиками [69].

В качестве подкладочного материала выбраны ткани с поверхностной плотностью 68 и 76 г/м², толщиной 0,12 и 0,19 мм из вискозы и полиэстера (таблица 3.2).

Определенные требования, предъявляемые для материалов и пакетов для изделий осенне-зимнего сезона представлены в таблицах 3.3 – 3.6.

Таблица 3.3 – Основные физико-механические показатели тканей для курток и плащей

Вид ткани, артикул	Поверхностная плотность, г/м ²	Разрывная нагрузка, Н, не менее	Раздирающая нагрузка, Н, не менее	Усадка после стирки. %, не более	Водонепроницаемость, мм вод. ст., не менее	Водоотталкивание, усл. ед., не менее	Раздвигаемость нитей в ткани, Н, не менее
		Основа / уток		Основа / уток			
Капроновая с пленочным покрытием арт. 52155	70	490/294	24,7	2,5/1,4	200	70	8,2
Плащевая лавсановая с водоотталкивающей отделкой и отделкой «лаке», арт. 52409	114	588/462	14,7	2,5/1,2	140	60	8,7
Плащевая хлопковискозная с водоотталкивающей пропиткой арт. 41015	212	688/412	12,3	2,5/2	145	65	9,1
Курточная с отделкой лаке арт. 52380	60	472/365	9,8	2,3/1,2	110	70	7,8

При производстве одежды часто используют полиэстер, этот материал обладает следующим рядом положительных свойств: прочность, износостойкость, легкость, не деформируется при носке, термостойкость, не впитывает влагу; устойчивость к загрязнениям, нефте-, масло-, водоотталкивание [81].

К недостаткам можно отнести то, что ткань плохо пропускает воздух, поэтому может нарушаться процесс потоотделения, накапливает статическое электричество.

Материалы с мембранным покрытием выпускаются на разных тканях-основах и характеризуются высокой прочностью и износостойкостью, обеспечивают максимальную защиту от неблагоприятных погодных условий (ветер, дождь), повышенную комфортность (учитывая достаточно хорошие характеристики по паропроницаемости) [78].

Таблица 3.4 – Свойства мембранных материалов с отделкой «Климат»

Ткань «Чайковский текстиль»	Климат-2	Климат-3
Артикул	81408	81415
Волокнистый состав ткани-основы	67ПЭ1/33ХЛ2	67ПЭ/33ХЛ
Поверхностная плотность/ г/м ² , материала/покрытия	305/95	296/50
Толщина, ММ, материала/покрытия	405/30	390/25
Прочность на разрыв при растяжении, кгс основа/уток	155/115	130/100
Сопротивление раздиру, кгс основа/уток	6,0/6,5	5,5/3,5
Водоупорность, мм водн. ст., не менее	4000	8000
Паропроницаемость. г/м ² 24 часа	4000	3500

Ткани с отделкой «Климат» предназначены для изготовления специальной одежды для защиты от неблагоприятных погодных факторов: покрытие обеспечивает водоупорность и водонепроницаемость ткани, ветрозащиту.

Таблица 3.5 – Свойства мембран и мембранных материалов

Образец	Состав	Масса, г/м ²	Водоупорность, мм водн. ст.	Паропроницаемость, г/м ² за 24 часа
1	2	3	4	5
Материал КТД-2 ООО (ТД «Технический текстиль»)	ПП	70	Более 1500	1000
Материал А ООО «Изоспан»	ПП	110	250	1200

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4	5
Материал костюма Tyvek (DuPont)	ПЭ	45	-	1600
Пленка МФ-4СК ОАО «Пластполимер»	ПФСП	80	-	3943
Пленка Ф 4Д-ПК однослойная ООО «Экофлон»	ПТФЭ	56	-	720
Пленка Ф 4Д четырехслойная двуосноориентированная ООО «Экофлон»	ПТФЭ	230	-	510
Мембрана 5S10N ООО НПП «Технофильтр»	полиамид	85	-	600
Мембрана 5S10NM ООО НПП «Технофильтр»	полиамид	87	-	800
Мембрана 5S10NM ООО НПП «Технофильтр»	полиамид	101	-	500
Примечание: ПП -полипропилен; ПФСП- перфторсульфополимер; ПЭ -полиэфир; ПТФЭ – политетрафторэтилен полимер				

Таблица 3.6 – Свойства иностранных образцов мембранных тканей

Наименование показателя	Мембранная ткань (75 % полиэфира, 25 % мембраны)	
	Tiger 6000	Jaguar 6100
Поверхностная плотность, г/м ²	182	287
Толщина, мм	200	390
Паропроницаемость, г/м ² за 24 часа	545	454
Соппротивление ткани раздиру, Н, по основе	18	101
Разрывная нагрузка, Н, по основе	2211	250
Стойкость к открытому пламени, с:		
- экспозиция	-	8
- вспышка	-	5
- остаточное горение	-	3
Время защитного действия по токсичному веществу, мин:		
- пары, конц. 0,05 г/л	55	-
- аэрозоли	4	-

Водонепроницаемость тканей высокого класса – не менее 20.000мм водного столба, дышащие свойства – не менее 8.000г/м²/24 часа. Мембрана среднего уровня – 8.000мм/5.000г/м²/24 часа. Базовый уровень – 3.000мм/3000г/м²/24 часа [81]. В изделиях из такой ткани, недостаточно высокие характеристики мембраны могут благоприятно сочетаться с наличием большого количества вентиляционных отверстий, что позволяют регулировать температурный режим внутри изделия.

3.4 Экспериментальные исследования комплексных утепляющих материалов и пакетов, эксплуатируемых в экстремальных условиях.

Для экспериментальной проверки разработанной концепции создания комплексного материала были изготовлены комплексные утепляющие материалы (рисунки 3.2, 3.3) и пакеты (рисунки 3.4, 3.5).

Проведены сравнительные испытания стандартных и проектируемого комплексного материала, и пакетов.



Рисунок 3.2 – Снимок поперечного среза проектируемого утеплителя №1
(сетка «Бифлекс» + холлофайбер 50 г/ м²)



Рисунок 3.3 – Снимок поперечного среза проектируемого утеплителя №2 (холлофайбер 50 г/ м²+ сетка «Бифлекс» + холлофайбер 50 г/ м²)



Рисунок 3.4 – Снимок поперечного среза пакета №1 (с холлофайбером 150 г/ м²)



Рисунок 3.5 – Снимок поперечного среза пакета №2 (с проектируемым комплексом № 2)

Таблица 3.7 – Характеристики поверхностной плотности исследуемых образцов

Образец	Площадь (см ²)	Толщина (см)	Вес, (г)	Поверхностная плотность (г/м ²)
Холлофайбер, 150 г/м ²	7,8	3,5	1,178	150
Сетка «Бифлекс multicolor»	10	0,012	0,68	68
Сетка «Бифлекс»	10	0,019	0,76	76
Проектируемый комплекс №1 (сетка «Бифлекс» + холлофайбер 50 г/ м ²)	7,8	1,7	1,15	216
Проектируемый комплекс №2 (холлофайбер 50 г/ м ² + сетка «Бифлекс» + холлофайбер 50 г/ м ²)	7,8	3,1	1,54	244

Результаты исследования поверхностной плотности проектируемых комплексов №1 и №2 соответствуют допустимой норме утеплительных материалов.

Таблица 3.8 – Характеристики влажности исследуемых образцов

Образец	Площадь (см ²)	Толщина (см)	Влажность (%)
1	2	3	4
Холлофайбер 150 г/м ²	7,8	3,5	22,6
Сетка «Бифлекс multicolor»	10	0,05	0
Сетка «Бифлекс»	10	0,05	1,02

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4
Проектируемый комплекс №1 (сетка «Бифлекс» + холлофайбер 50 г/ м ²)	7,8	1,7	5,16
Проектируемый комплекс №2 (холлофайбер 50 г/ м ² + сетка «Бифлекс» + холлофайбер 50 г/ м ²)	7,8	3,1	16,32

Результаты исследования влажности проектируемых комплексов №1 и №2 соответствуют допустимой норме влажности.

Таблица 3.9 – Характеристики воздухопроницаемости исследуемых материалов

Наименование полотна	Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² *с
Холлофайбер 150 г/м ²	1240
Проектируемый комплекс №1 (сетка «Бифлекс» + холлофайбер 50 г/м ³)	760
Проектируемый комплекс №2 (холлофайбер 50 г/м ³ + сетка «Бифлекс» + холлофайбер 50 г/м ³)	717

Результаты исследования воздухопроницаемости проектируемых комплексов №1 (760 дм³/м²*с) и №2 (717 дм³/м²*с) соответствуют допустимой норме воздухопроницаемости утепляющих материалов.

Таблица 3.10 – Теплопроводность исследуемых образцов

Образец	Площадь образца, А, см ²	Толщина образца, d, мм	Температура компенсирующего экрана Т ₁	Температура холодной пластины, Т ₂	Электрическая мощность, Р	Теплопроводность, D, Вт/м*К
Холлофайбер 150 г/м ³	72	15,6	27,2125	25,2625	0,363	0,04
Холлофайбер 100 г/м ³	72	5,97	28,0625	26,8125	0,424	0,028
Проектируемый комплекс № 1 (сетка «Бифлекс» +холлофайбер 50 г/ м ²)	72	8,3	27,8750	27,0125	0,402	0,0537
Проектируемый комплекс № 2 (холлофайбер 50г/ м ² + сетка«Бифлекс» +холлофайбер 50 г/ м ²)	72	14,2	27,4750	26,0125	0,382	0,0515

Холлофайбер – это эффективный утеплитель, имеющий коэффициент теплопроводности 0,03 – 0,04 Вт/м*К. Данный показатель был экспериментально вычислен при изучении образцов «Холлофайбер 150 г/ м²», «Холлофайбер 100 г/ м²» и составил: 0,04 Вт/м*К и 0,028 Вт/м*К соответственно.

При изучении образцов «Проектируемый комплекс № 1» и «Проектируемый комплекс №2» теплопроводность у обоих составила: 0,05 Вт/м*К, что соответствует требованиям для теплозащитных материалов, но ниже чем показатели «Холлофайбера», следовательно, необходимо дополнительно сравнить по показателям комфортности.

Исследование кинетики температуры и влажности в теплозащитной одежде. В качестве объекта исследования в работе были выбраны нетканый термоскрепленный материал Холлофайбер из 100% полиэфирного волокна с поверхностной плотностью 150 г/м², а также пакеты материалов с разной линейной

плотностью наполнителя. Верх пакетов представляет собой полотно плащевое саржевого переплетения, состоящие из 100% полиэфирного волокна, низ пакетов – подкладочная ткань полотняного переплетения из 100% полиамидного волокна.

В таблице 3.11 приведены основные характеристики исследуемых образцов.

Таблица 3.11 – Характеристики испытываемых образцов (пакетов)

Наименование полотна	Масса, г	Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м ²
Холлофайбер 150 г/ м ²	5,8	35	150
Пакет №1 (с холлофайбером 150 г/ м ²)	11,94	38	345
Проектируемый комплекс № 2 (холлофайбер 50 г/ м ² + сетка«Бифлекс» +холлофайбер 50 г/ м ²)	8,42	31	244
Пакет №2 (с проектируемым комплексом № 2)	13,86	36	400

На специально разработанной установке, были измерены показатели влажности и температуры в пододежном слое одежды. Исследуемые образцы находились в герметичной среде, при начальных значениях температуры от 36°С, влажность составила от 86 до 80 процентов, затем фиксировали с помощью датчиков изменения температуры и влажности каждую минуту до снижения температуры. На ниже приведенных графиках приведены эти измерения для испытываемых образцов:

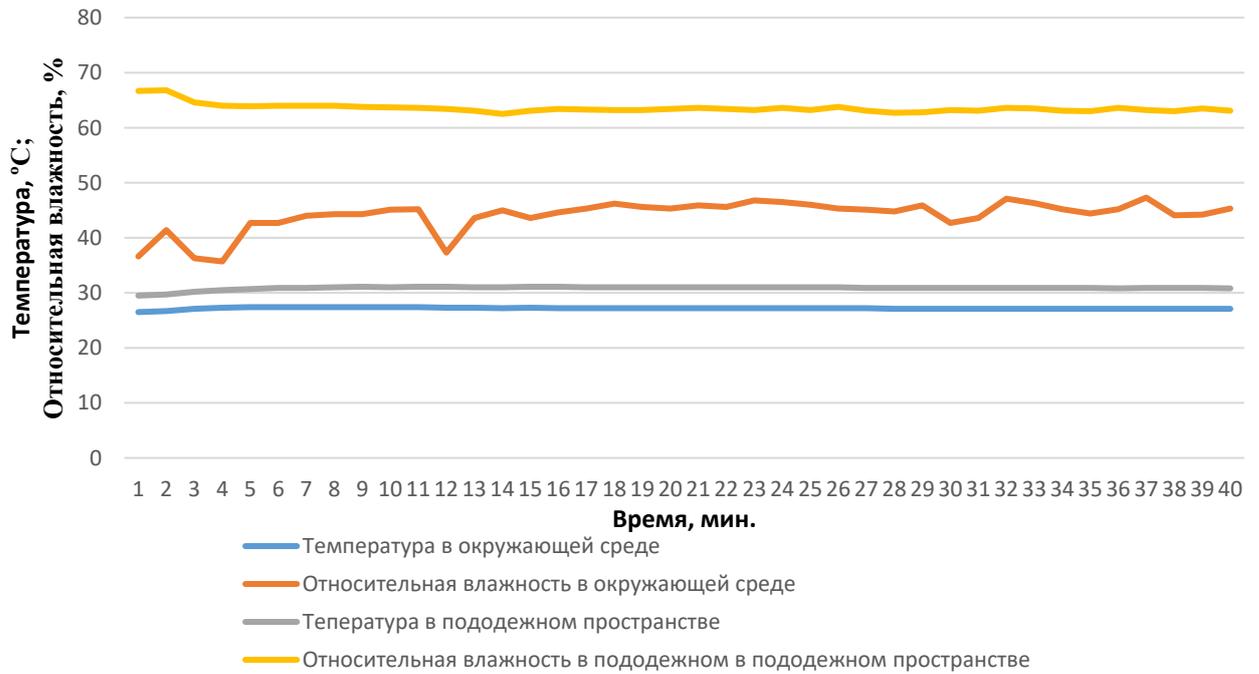


Рисунок 3.6 – Кинетика температуры и влажности в пододежном слое с использованием «Холлофайбер 150 г/ м²»

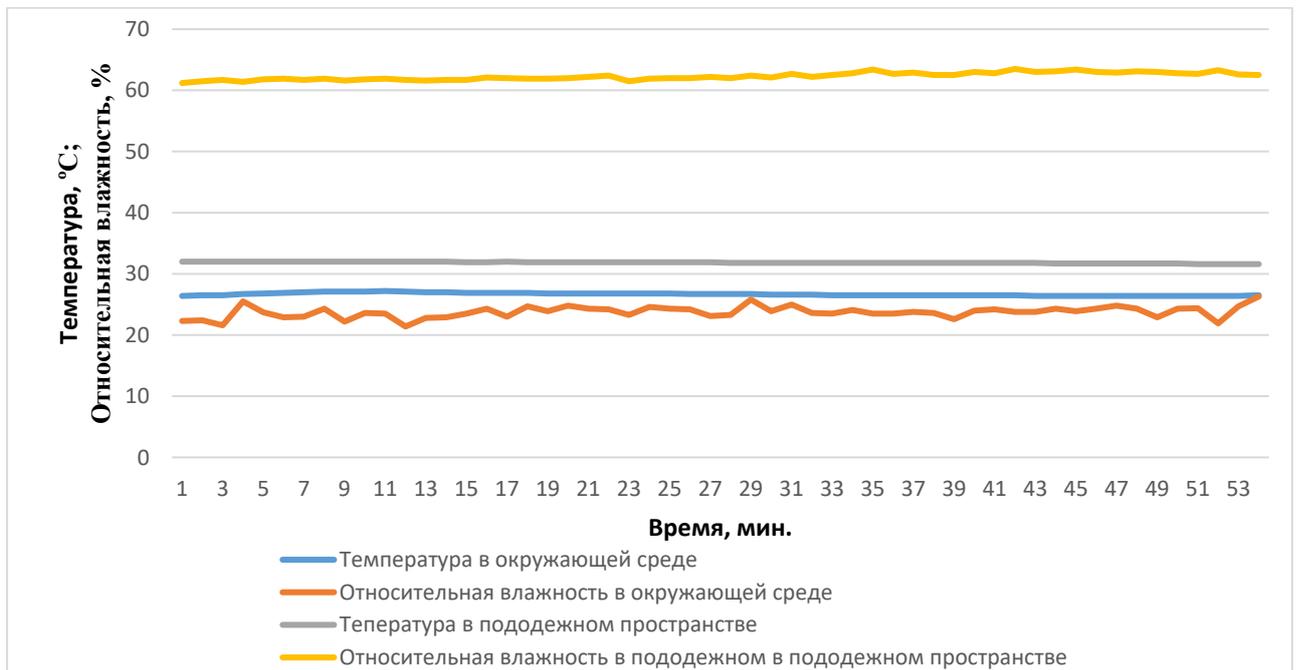


Рисунок 3.7 – Кинетика температуры и влажности в пододежном слое с использованием проектируемого пакета № 2 (холлофайбер 50 г/ м²+ сетка «Бифлекс» + холлофайбер 50 г/ м²)

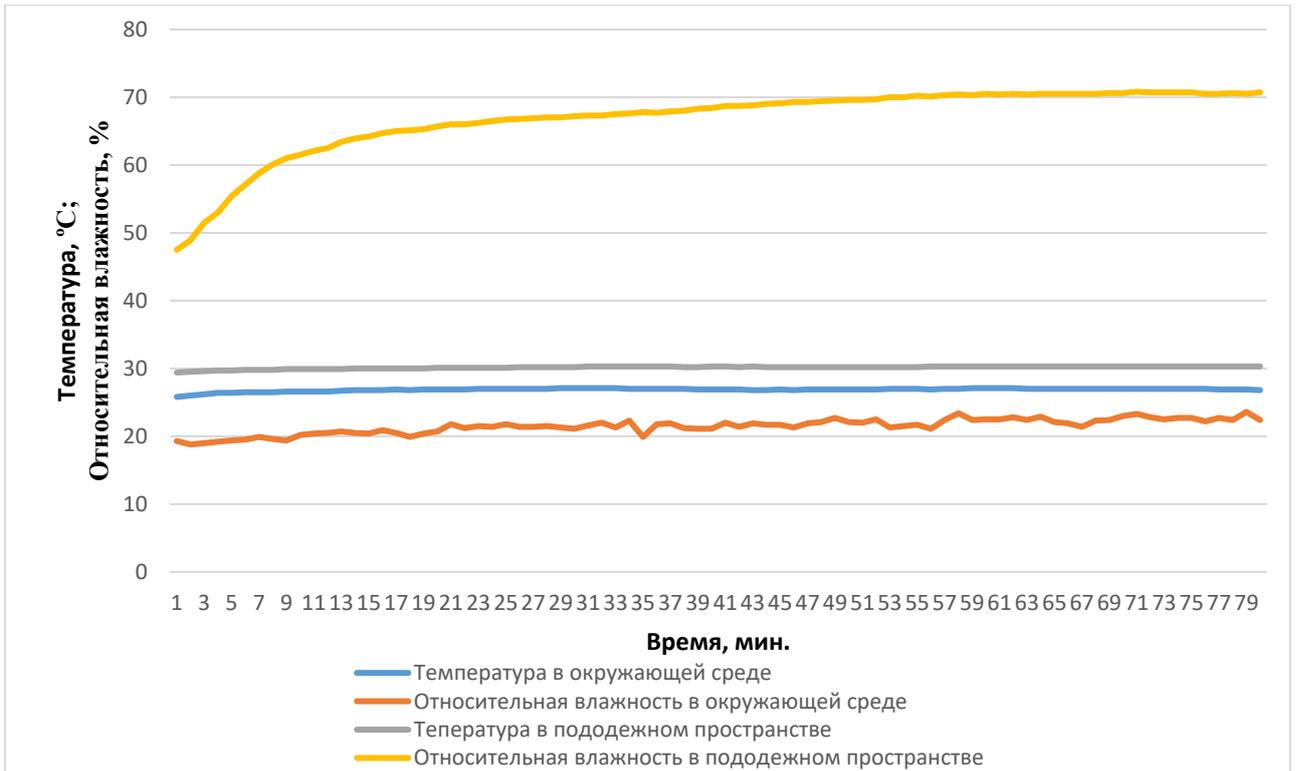


Рисунок 3.8 – Кинетика температуры и влажности в пододежном слое с использованием мембраны

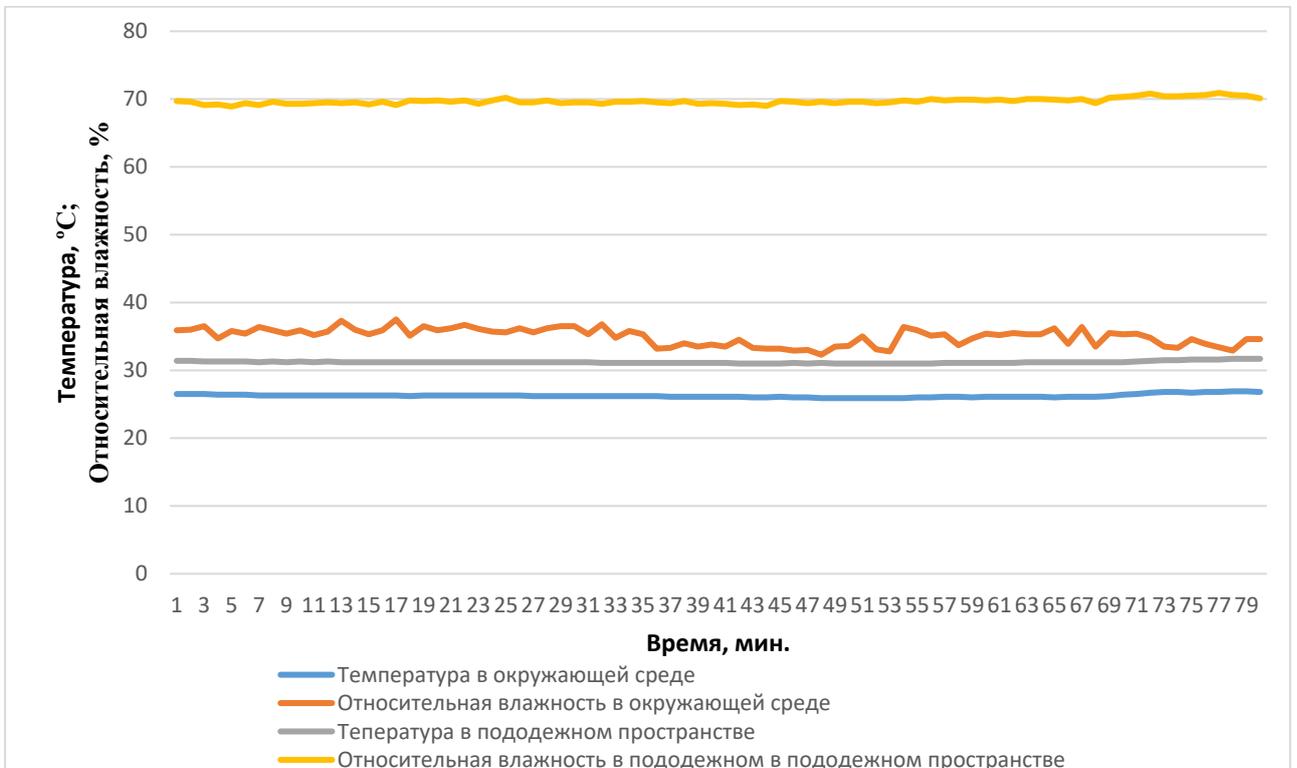


Рисунок 3.9 – Кинетика температуры и влажности в пододежном слое с использованием пакета №1 (с холлофайбером 150 г/ м²)

По графикам кинетики температуры и влажности в пододежном слое с использованием различных утеплителей, в том числе проектируемого №2, можно сделать вывод, что опытный образец соответствует требованиям для теплозащитных материалов, кроме того, показал лучший результат за счет показателя влажности в пододежном слое, который ниже показателя образца «Холлофайбер 150 г/ м²».

Исследование упругости исследуемых образцов утеплителей.

Таблица 3.12 – Изменение толщины нетканых и комплексных материалов при многоцикловогой нагрузке

Название образца	Цикл	Время (мин)						
		нагрузка				отдых		
		0,03	5	15	30	30,03	35	95
		Высота пробы (мм)						
Холлофайбер 150 г/м ²	1	35	30	25	20	22	27	35
	2	35	29	24	20	21	26	35
	3	35	28	24	19	21	26	33
Проектируемый пакет № 1 (сетка «Бифлекс» + холлофайбер 50 г/м ²)	1	16	13	12	12	12	13	16
	2	16	14	14	12	12	12	16
	3	16	12	11	10	10	11	15
Проектируемый пакет № 2 (холлофайбер 50 г/м ² + сетка «Бифлекс» + холлофайбер 50 г/м ²)	1	30	25	22	20	20	22	30
	2	30	24	21	19	19	22	30
	3	30	24	20	17	18	20	28

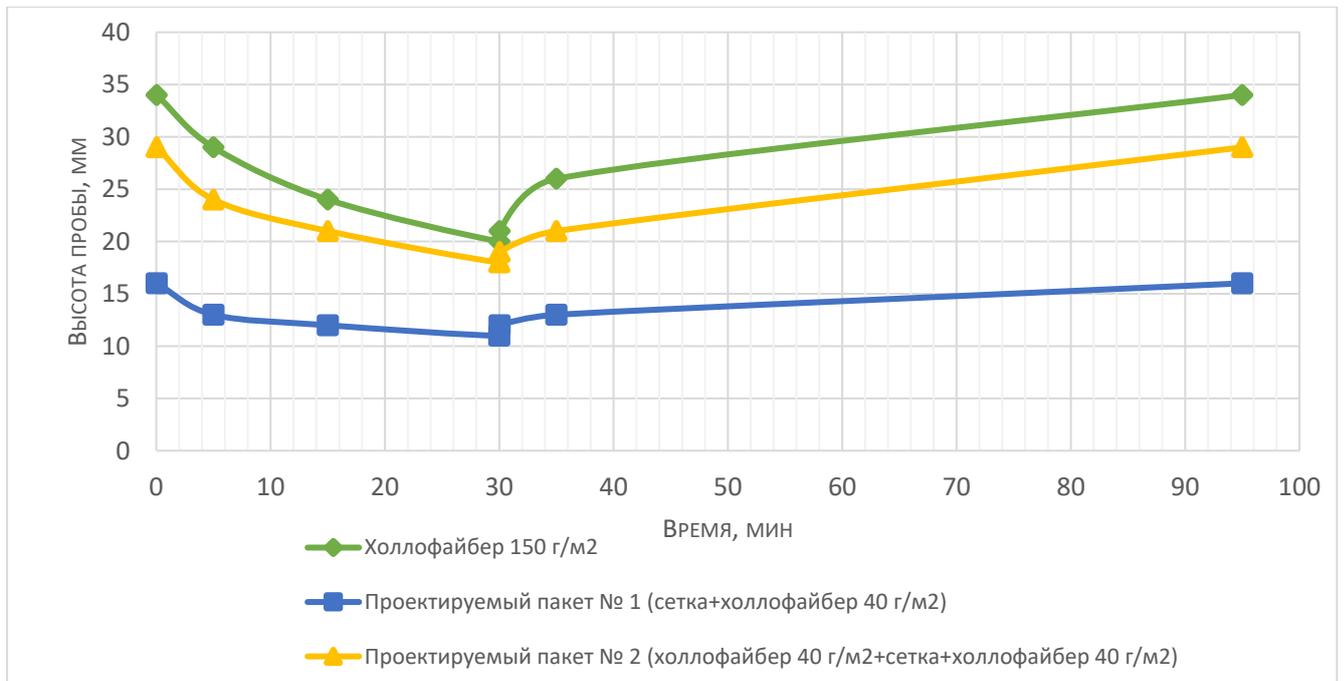


Рисунок 3.10 – Деформация испытуемых образцов при многоцикловой нагрузке

Упругая деформация проектируемых пакетов №1 и №2 достаточно высокая, толщина вернулась к первоначальному размеру. Характеристики упругости сохранились и не снизились у проектируемых пакетов, находятся в пределах характеристик «Холлофайбера».

3.5 Оценка параметров деталей трансформируемой одежды с учётом свойств материалов

Многообразие современного ассортимента одежды существенно расширяется благодаря использованию трансформируемых изделий. При эксплуатации такой одежды у потребителя всегда есть возможность поэкспериментировать не только с отдельными деталями изделий, но и даже изменить его стилевое решение и назначение [50]. Однако, при значительном объёме конструктивных решений трансформируемой одежды недостаточно рассмотрены вопросы о поведении материалов в таких изделиях.

Особенности проектирования трансформируемой и видоизменяемой одежды предусматривают, что в определённый момент времени она выполняет одну из

многих заявленных функций, следовательно, можно представить изделие как систему, в которой меняется целевая функция [50]. Однако, части изделия, которые не участвуют в выполнении этой функции, исключаются из системы.

Используя системный подход, установили уровень связей между деталями и частями изделия. Ранее нами было установлено, что в изделии связи между элементами могут быть постоянными и временными, а также что одной и той же форме возможно соответствие разных множеств систем материалов. Таким образом, чтобы получить заданную форму любого швейного изделия, необходимо создавать универсальные множества, содержащие все материалы, которые рассматриваются в поставленной задаче [123]. Меняя сочетания материалов, вид, технологию изготовления пакета и типы конструкций, вероятно получение множеств вариантов систем материалов, которые формируют изделие, а для образования системы, которая обладает заданными свойствами, необходимо определить важные параметры исходных материалов, определяющиеся исходя из их взаимодействия в системе. Связи между элементами в трансформируемой одежде могут быть «нулевыми» – возникают при использовании съемных дополнительных шарфов, платков, галстуков поясов; жесткими - когда детали не изменяются или динамичными, например, эластичные рукава или карманы.

Для вариантов видоизменяемой трансформируемой одежды возникает главное условие — это время контакта элементов изделия (таблица 3.13).

На основе анализа таблицы 3.13 можно сделать вывод, что для хранения значительный по площади элемент изделия должен быть упакован таким образом, чтобы он занимал минимальный объем, и в тоже время после извлечения был пригоден к дальнейшему использованию.

В этом случае необходимо решить две задачи: определить возможность сворачивания полотна до определённого объема и насколько будет сохранён внешний вид материала после его хранения в свёрнутом состоянии.

Таблица 3.13 - Варианты хранения в зависимости от вида связи между элементами в системе одежда

По времени контакта	Требования к элементам	Варианты размещения
Нет контакта $T = 0$	Нет взаимодействия, элемент или деталь находится отдельно от основного объекта	В специальном устройстве- сумке, пакете коробке.
Кратковременный $T \rightarrow 0$	Элемент или деталь должны быть легко доступны для моментального использования, и так же легко должны быть убраны	Использование дополнительных карманов, клапанов, навесных деталей.
Периодический	Многokrатно извлекаемые и используемые детали должны быть мобильны	Элементы и детали размещены на одежде в основном с изнаночной стороны, или в дополнительных деталях.
Исчезающий по времени	Детали и элементы, используемые однократно и не предусматривается их сохранность	Одноразовое устройство для хранения биоразлагаемый пакет.
Постоянный	Все детали и элементы доступны при выполнении изделием любой из имеющихся функций	Элементы и детали размещены непосредственно на одежде, преимущественно на лицевой стороне

Сворачивание деталей одежды и самой одежды известно достаточно давно, так, например, солдатская «скатка» - это хранение шинели в период походов. При этом важным условием является то, что одежда не должна иметь складок, т.е. полотна не перегибаются на угол 180° .

Однако при таком хранении деталь должна быть размещена условно внутри цилиндра. Таким образом, геометрически задача может быть решена расчетом необходимого объема для хранения заданной площади элемента или детали изделия.

Однако, для сохранения внешнего вида изделия, а зачастую и исходных свойств материалов, следует определять изменение упругопластических свойств материалов при смятии и сжатии.

Было установлено, что в готовых изделиях при разных нагрузках, существующие методы не дают возможности адекватно оценить и проанализировать изменения при возникновении напряжения в материале, в условиях реальной носки и предложено определять динамику изменения упругих свойств материалов в лабораторных условиях с помощью прибора, основанного на теории вынужденных резонансных колебаний [115]. При анализе показателей коэффициента динамической упругости, возможно прогнозирование поведения материалов при многократных воздействиях растяжения-сжатия и смятия. Также представляется целесообразным при разработке конструктивного решения трансформируемой одежды, заранее прогнозировать возможные варианты эксплуатации.

Особенность проектирования трансформируемой одежды предусматривает, что в определённый момент времени одежда осуществляет одну из нескольких заложенных функций. Детали и части изделия, которые не участвуют в выполнении этой функции, исключаются из системы, при этом объект, который не исполняет свою функцию находится во временном хранении.

В целях избегания мятости, советуется выбирать малосминаемые (содержащие синтетические волокна) или несминаемые материалы (трикотаж, с

несминаемой отделкой). Сейчас производителями выпускаются материалы с эффектом мягости, активно используемые в изготовлении молодежной одежды.

Опытным путем определяли зависимости между площадью изделия и площадью конструктивно-декоративного элемента. Для этой цели использовались материалы, из которых изготавливается одежда (таблица 3.14)

Таблица 3.14 Характеристика материалов, выбранных для изготовления образцов трансформируемой одежды

Наименование продукции	Ширина с кромками, см	Поверхностная плотность, г/м ²	Номинальная линейная плотность пряжи, текс.		Плотность на 10 см	
			основа	уток	основа	уток
Ткань костюмная «Юность» полушерстяная (25%)	142	310	12,5 16,7 (В 12,5 и 16,7 – 30% ВИтр)		218	188
Саржа подкладочная	100	140	НВис 16,67	Пр.Ви с 25	510	220
Ткань подкладочная	140	105	НВис 13,33	Пр.х/б 18,50	507	244
Ткань плащевая	140	55	НК 550 круч 6,67	НКкруч 6,67	503	345
Полотно клееное подкладочное	90	50	-	-	-	-

Для исследования были изготовлены образцы размерами 3x3, 5x3, 8x8, 10x10 с учётом толщины пакета материалов (рисунок 3.11, 3.12)

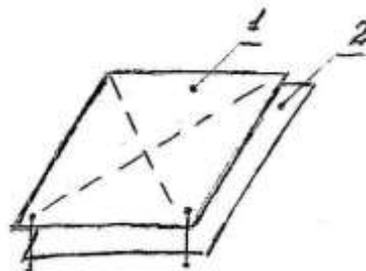


Рисунок 3.11 – Двухслойный пакет

где 1- костюмная полушерстяная ткань, 2 -подкладочная саржа

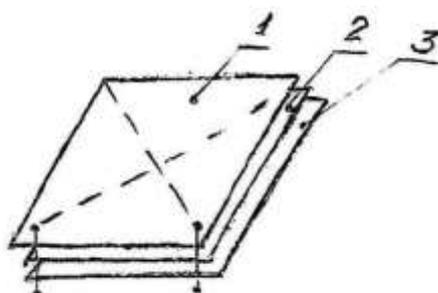


Рисунок 3.12 – Трёхслойный пакет

где 1- трикотаж, 2- флизелин, 3- плащевая ткань.

Упаковывать изделия можно ориентированно (перегибая по определённым линиям) и неориентированно. Образцы поочередно упаковывали в одну и ту же коробку с размерами 5,0x3,7x1,4см и определяли занимаемую ими площадь и объем (табл.3.15).

На основе экспериментальных данных установили линейные зависимости объёма образца от его площади, описываемые следующими уравнениями для пакетов:

двухслойных:

$$y_1 = 0,92x + 3 \quad (3.4)$$

$$y_2 = 0,12x + 3,5 \quad (3.5)$$

трёхслойных:

$$y_1 = 0,125x + 0,8 \quad (3.6)$$

$$y^2 = 0,15x + 3 \quad (3.7)$$

Рассчитывая объём конструктивно-декоративного элемента по первому уравнению изделие упаковывается ориентированно, т. е. по определенным линиям перегиба. Эти линии можно отметить отделочными строчками, применив прокладочные материалы в избежание износа от многократных изгибов.

Таблица 3.15 Результаты измерений

Материалы образцов	Размер образца, см ²	Длина заполнения, см		Объём упаковки, см ³	
		Ориентированно	Неориентированно	Ориентированно	Неориентированно
Пакет А (костюмный и подкладочный материал)	2	6	7	8	9
	9	0,2	-	1,0	-
	25	1,0	1,2	5,2	6,2
	64	1,8	2,3	9,3	11,9
	100	2,2	3,0	11,4	15,5
Пакет В (трикотаж, флизелин и плащевой материал)	9	0,3	-	1,5	-
	25	0,8	1,3	4,1	6,7
	64	1,9	2,5	9,8	13
	100	2,7	3,5	14	18,1

Для практического расчёта параметров конструктивно – декоративных элементов определяется площадь упаковываемого изделия по площади лекал.

Рассчитывают объем упаковываемого изделия в зависимости от количества и вида слоёв материалов по формулам 1 и 2. В зависимости от вида трансформируемого изделия определяется геометрическая форма упаковки – цилиндр, параллелепипед, куб и т.п. Например, при наличии кармана на спинке куртка упаковывается в него в виде параллелепипеда и, следовательно, мы должны определить длину l , ширину b и толщину кармана h . После чего по известным формулам для расчета объема геометрических тел, определяются параметры кармана, причем, некоторые из них могут быть заданы заранее, например, толщина h не более 4,0 см, а также соотношение между длиной и шириной (в зависимости от модельных особенностей изделия) [106].

Предварительный расчёт позволяет правильно определить расход материала и оптимальное решение конструкции.

Выводы по третьей главе

Определены основные методы испытаний для изготовленного образца материала. Определены характеристики и функции разработанного пакета. Проведен сравнительный анализ характеристик пакетов/материалов.

Применен метод оценки параметров конструктивно-декоративных деталей трансформируемой одежды с учетом свойств материалов, который показывает, что предварительный расчет позволяет правильно определить расход материала и оптимальное решение конструкции.

Применен метод оценки кинетики температуры и влажности к спроектированному пакету с помощью специального разработанного прибора. Полученные результаты подтверждают тезис о том, что внутренние механизмы систем материалов, можно и нужно заранее прогнозировать.

ГЛАВА 4. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАКЕТОВ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Современный уровень развития производства в текстильной отрасли и в разработке новых материалов характеризуется постоянным ростом требований к качеству продукции и ее уникальности, а также ростом потребностей в новых свойствах материалов.

В настоящее время разрабатываются новые виды материалов, которые могут быть использованы для защиты от холода, от действия различных химических реагентов, или огнестойкие [86, 3, 4].

При проектировании таких материалов и пакетов зачастую используются уже известные технические решения и ограниченно применяется информация о новых достижениях в смежных областях наук, например, в физическом материаловедении, химии высокомолекулярных соединений, что ограничивает ассортимент получаемых изделий. Следует отметить, что недостаточно проработан вопрос о процессах алгоритмизации в поиске новых технических решений этой проблемы. Ученые, и практики, работающие в области конфекционирования материалов в пакеты изделия, в основном опираются на уже существующий технологические процессы изготовления швейных изделий [93].

Сегодняшний технологический уклад экономики, именуемый «Индустрия 4.0.» требует от промышленных предприятий цифрового проектирования и моделирования технологических процессов, объектов, изделий на всем жизненном цикле от идеи до эксплуатации (применение инженерного программного обеспечения) [94].

4.1 Разработка базы данных материалов одежды для экстремальных условий

Задачи производства и разработки текстильных материалов усложняются, требования к качеству решения задач возрастают, а сроки сокращаются, следовательно, возникает необходимость принятия быстрых эффективных мер. Для организаций важно установить потребности в сырье определенного вида, потому что производство качественных товаров может быть обусловлено при учете разных физико-механических свойств материалов, так как производство одежды имеет конкретные требования к материалам на различных стадиях технологического процесса [74].

Современные материалы для одежды проектируют таким образом, что в них заложены соответствующие свойства. Однако, промышленность выпускает разнообразный ассортимент материалов, поэтому удовлетворение указанных требований может быть достигнуто при автоматизации принятия технологических решений на основе применения компьютерных технологий, где главной задачей является реализация системы проектирования, основанной на базе данных материалов, особенностью которой является фасетный метод их классификации [99].

Используемые классификационные признаки в полной мере отражают технологию производства, структуру, назначение и ассортимент комплексных текстильных материалов. Особенностью является то, что в классификации заложены не только конкретные характеристики материалов, но и универсальные параметры, описывающие системы. Такая классификация позволяет детальнее идентифицировать материалы, что важно при их проектировании, производстве определении области применения, разработке научно - технической документации и изготовлении материалов заданного функционального назначения [50]. Система в связке с такой базой данных обеспечивает контроль истинности, классификацию,

накопление, хранение и выдачу знаний и технологических решений по запросу пользователя.

Первоочередным отличием автоматизированной системы от существующих систем хранения и выдачи технологических данных, например, банков данных, является ее способность предлагать пользователю новые, неизвестные до сих пор технологические решения, которые не хранятся в нем в виде, пригодном для моментального использования, но могут быть получены в результате взаимодействия имеющихся в банке знаний.

Технологические решения формируются для конкретных условий, указанных пользователем. При необходимости пользователю могут быть предоставлены (переданы по каналам связи) специализированные программные компоненты, не входящие в базовое программное обеспечение банка технологических знаний. В этом случае пользователь самостоятельно формирует технологические решения, используя указанные программные компоненты как инструментальное средство [98].

Система проектирования может обеспечивать выдачу, например, следующей информации: данные о любых современных материалах, используемых при изготовлении одежды для экстремальных условий, и методах их разработки, об оптимальных для пользователя режимах и способах обработки конкретного материала и необходимом инструменте.

При проектировании одежды используют три принципа расчета теплозащитных свойств:

- 1) исходя из энергозатрат человека, находящегося в покое, при усилении физической активности, охлаждение организма должно происходить за счет проветривания пододежного пространства;

- 2) недостаточных для человека, находящегося в покое, но при этом он имеет возможность поддерживать тепловое равновесие путем усиления физической деятельности.

3) изменяющихся в зависимости от вида деятельности и метеорологических условий.

Например, по третьему принципу, для одежды должны быть выбраны материалы, обеспечивающие следующие показатели: воздухопроницаемость - не более 70 дм³/м²с, гигроскопичность - 6%, теплопроводность - 0.0460 Вт/(мК) и толщина пакета - не более 20 мм.

В разработанной базе, по приоритетному для пользователя свойству материала, осуществляется подбор вариантов, всех составляющих пакета (материал верха, подкладки, утеплителя). Выдается несколько вариантов с имеющимися или рассчитанными данными и по величине энергозатрат человека при определённых видах работ и выбирают вариант пакета.

Разработанная автоматизированная система обеспечивает максимальный охват всех компонентов знаний в заданной предметной области; выполнять оценку истинности знаний, поступающих на хранение, а также удовлетворять информационным потребностям пользователя как по форме, так и по содержанию.

На основании номенклатуры требований к материалам пакета одежды для экстремальных условий определяются поля и запросы к базам данных. Наполнение базы осуществляется на основе современных материалов.

В настоящее время с небывалой скоростью происходят революционные изменения в науке и технике. Сейчас при создании чего-то инновационного качественно важно задействование нескольких специалистов из различных сфер научной деятельности. Количество материалов с каждым днем растет, это может быть следствием того, что возросли потребности в новых свойствах материалов. Эти потребности возникли в связи с появлением новых отраслей и совершенствованием старых, которые ориентированы на повышение качества жизни, улучшение экологии и прочих благ. Так же появляются новые профессии, которые подразумевают специальное оснащение работников. Такие свойства сочетает в себе «умный текстиль».

Основной проблемой реализации новых технологий в текстильных инновациях является традиционно сложившаяся иерархическая классификация материалов, которая ограничивает возможности человека при выборе и создании материала, а также мешает разработке нововведений. Изначально классификация создавалась на основе готовой продукции и носила в основном справочный характер и её используют для изучения структуры назначения материалов. Это затрудняет применение достижений в области науки и техники, которые бы позволили, позволяют и будет позволять решать такие проблемы как:

- совершенствование (модифицирование) и создание новых волокно- и пленкообразующих полимеров и на их основе текстильных материалов нового поколения с комплексом улучшенных свойств;

- совершенствование существующих и создание новых технологий производства и отделки текстиля;

- разработка новых подходов формирования систем материалов многослойной композиции, включающих как текстильные, пленочные и другие материалы, так и не текстильные системы - сенсоры, датчики, аудио- и видеотехнику, а также другие технические средства.

Для упорядочения контроля и учета в производстве, использования и реализации в швейном производстве необходима классификация материалов, которая давала бы информацию о структуре материалов, способе их производства и назначении. Таким образом, общую классификацию материалов необходимо доработать. Известно, что в научном познании наиболее часто используют таксономическую классификацию, т.е. по типам, классам, родам и видам понятий, характеризующим соответствующие объекты реального мира. Для естественной классификации необходимо провести распределение объектов и соответствующих им понятий на основе общности и существенности тех признаков, которые им присущи. Однако, в ходе анализа ассортимента текстильных материалов была выявлена проблема отсутствия единой терминологии.

Принцип разделения материалов по назначению важен для технологических процессов и четкой организации логистических потоков. Например, текстильные полотна с полимерным, в том числе мембранным покрытием используются для производства обуви, верхней одежды повседневного назначения (куртки, пальто, плащи и т.д.), для специальной одежды (огне- и химзащитной, форменной, спортивной и т.д.), а также в качестве технического текстиля (укрывные и тентовые материалы, палатки, чехлы, материалы для обивки мебели и внутренней отделки помещений, оболочки для надувных изделий и т.д.).

Применение в иерархической классификации подхода по назначению достаточно сложно, поэтому предлагаем использовать фасетный метод, когда деление одного и того же уровня проводится сразу по двум или большему числу оснований, и одномерные линейки вариантов по каждому из равнозначимых оснований пересекаются, образуя многомерную матрицу, каждый элемент которой является видовым понятием или членом фасетной классификации, который дает возможность изменять число признаков классификации и менять последовательность их использования. Помимо этого, применение фасетной системы в большинстве случаев упрощает кодирование объектов классификации, потому что заданное множество объектов делится по различным признакам на подмножества.

Разработана классификация по фасетному принципу, предоставляющая возможности для создания новых материалов и выявления его новых свойств. Классификационные признаки, которые используются в полной мере, отображают технологию производства, ассортимент, структуру и назначение многослойных текстильных материалов. Особенностью является то, что в классификации заложены не только конкретные характеристики материалов, но и универсальные параметры, описывающие системы. Данная классификация дает возможность детальнее определить материалы. Это является важным фактором при их проектировании, применении, разработке научно-технической документации и изготовлении материалов заданного функционального назначения. Часть фасетной

классификация на примере многослойных текстильных материалов (МТМ) представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Классификация МТМ

Классификация МТМ			
По способу производства (скрепления слоёв)	Волокнистый состав слоёв	Структура соединяемых слоёв	Фазовое состояние связующего
1.Клеевой	1.Однородный	1.Сплошная	1.Твёрдое
2.Прошивной	2.Смешанный	2.Дискретная	2.Жидкое
3.Ткачества	3.Разнородный	3.Объёмная	3.Газообразное
4.Трикотажный	4.Инверсный		4.Гелевое

Для каждого иерархического уровня предложен свой фасетный код, на основе которого строится фасетная формула.

$$K_1 = F_1, F_2, F_2, F_2, \quad (3.1)$$

где K_i — классификация, F_i — фасет.

Из формулы следует: клеевой метод скрепления из слоёв смешанного волокнистого состава, соединенных дискретно жидким связующим. Т.е. в таком варианте возможно сочетание натуральных и химических волокон, причём соединение осуществляется не по всей поверхности полотна, а точечно. Следовательно, возникают уже конкретные варианты технических решений для получения такого материала.

Основной особенностью разработанной классификации является возможность модифицирования структуры и редактирования информации через интерфейс (рисунок 4.1), без нарушения ее целостности и потери информации. Данная классификация легла в основу базы данных, которая в свою очередь является информационным источником для разработанного программного обеспечения (ПО).

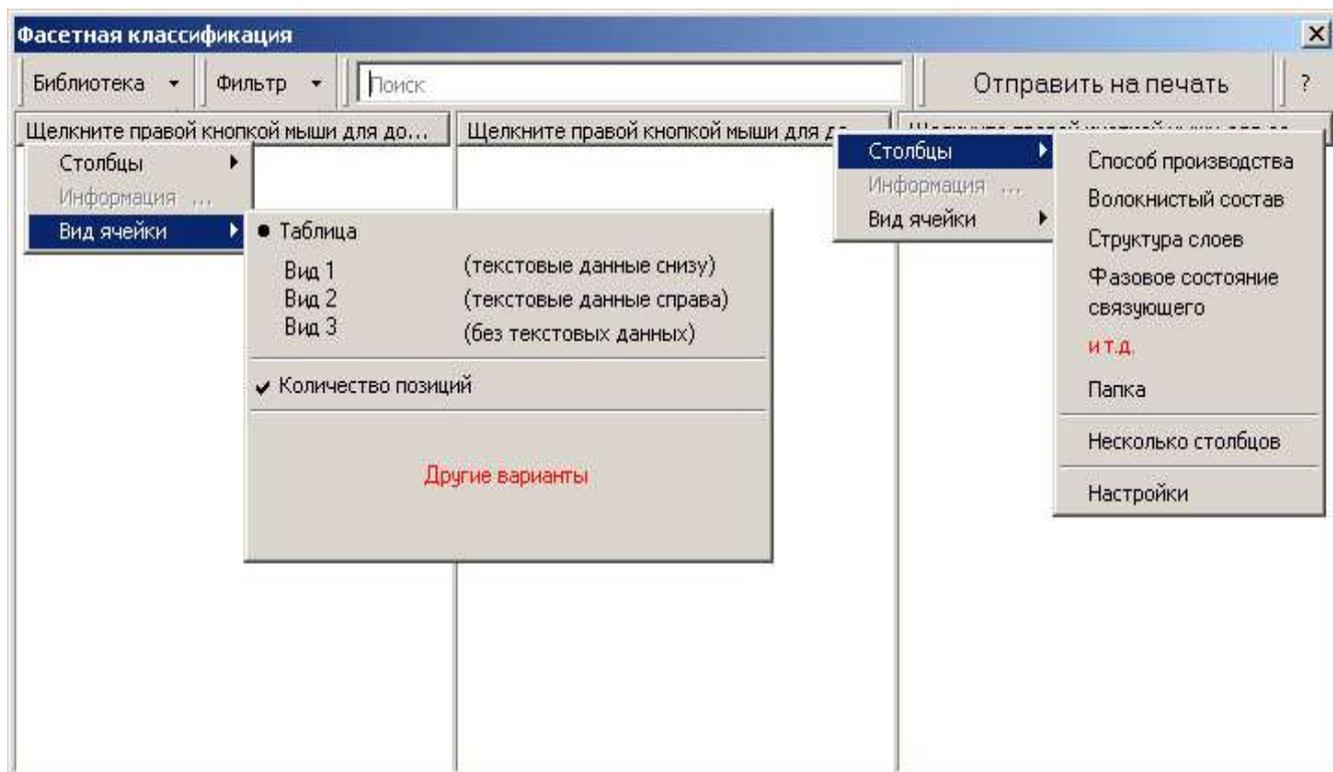


Рисунок 4.1 – Интерфейс ПО

Разработанная программа обеспечивает разработку технического задания на изготовление новых материалов и осуществление обоснованного выбора материала для одежды с заданными свойствами [105]. Реализованное программное обеспечение предусматривает интеграцию в большинство комплексов проектирования [105].

4.2 Элементы баз данных и производственные задачи конфекционирования материалов

Традиционные методы конфекционирования не позволяют быстро осуществить подборку высококачественных тканей и других материалов для одежды в соответствии с требованиями потребителей. Такой подход реализован при разработке баз данных для конфекционирования материалов в пакеты изделий, так как выбранные методы испытаний адекватно отражают цели оценки свойств и предложены корректные диапазоны параметров.

База данных – это объединенные данные, предназначенные для машинной обработки, которая, в последствии, предназначается для полноценной работы с данными как для отдельных пользователей, так и для той или иной организаций.

Элементы баз данных – это показатели качества материалов для одежды и изделий, эксплуатируемые в экстремальных ситуациях, поэтому определение их номенклатуры считается актуальным и важным шагом в проектировании базы данных [96].

В процессе проектирования изделий предприятиям важно четко определить сегмент рынка и его потребности. Наблюдается, что в процессе проектирования комплекта одежды элементы системы состоят в установленных связях, что воздействует на восприятие не только функционального назначения изделия, но его эстетического образа и целостности в общем. При формировании образа изделия, любой человек играет роль центра обработки информации, которая поступает из внешней среды в виде элементов стиля: авторского, фирменного, исторического и др. Таким образом, каждый элемент участвует в процессе определения общего впечатления.

Приобретение и использование товара основано на мультисенсорном восприятии свойств человека. Следует обратить внимание на значимость показателей эстетики, которая относится к изделиям, непосредственно участвующим в организации образа человека и окружающей среды. Такая важность свойств эстетики изделий поясняется тем, что это определенная характеристика качества продукции для потребителя в целом, так как при помощи органов чувств можно определить преимущества и недостатки товара. Наряду с другими совокупностями потребительских характеристик они представляются в виде комплексной оценки качества одежды.

Показатели эстетических свойств в соответствии с ГОСТ 22851 представляют собой информационную выразительность и рациональность форм, целостность композиции, совершенство исполнения, стабильность внешнего вида [96].

Показатель рациональности формы определяет ее удачность и конструктивное решение продукции, отражающее ее главное назначение, насколько удачна форма и конструктивное решение продукции отражают ее главное назначение, особенность изготовления, принцип действия. В данном случае имеет важность связи изделий с их предметным окружением, и насколько они обязаны отвечать условиям использования изделия.

Целостность композиции представляет собой форму подчинения, где различные признаки и стилевые характеристики изделия соответствуют одной общей идее [96].

Свойства, которые характеризуют эстетический вид товара, объединяют качество производственного изготовления и стабильность вида товара:

- качество сырья, которое используется;
- технология отделки и изготовления товара;
- качество выполнения операций, качество работы с контурами и соединениями;
- устойчивость защитных и декоративных покрытий, качество обработки поверхности;
- качество нанесения и выполнения маркировочных данных и формирование фирменных знаков и сопроводительной документации;
- качество упаковки.

Ожидаемые потребителем параметры изделия, удовлетворяющие его запросам, составляют ценность продукции –Ц.

Потребитель принимает окончательное решение в приобретении предполагаемой модели с учетом того, насколько его эстетическая ценность соответствует предпочтениям.

Таким образом, удовлетворенность потребителя $У$ имеет зависимость от ценности $Ц$ продукта и его стоимости $С$ и может быть представлена в виде:

$$У = Ц/С \quad (3.2)$$

Если подтверждаются ожидания потребителя, то $Y = C; C_s = 1$; если же изделие отвечает его требованиям в виде: «не так, как у всех», то $C > C; Y > 1$, если же $C < C; Y < 1$, то потребитель не удовлетворен, потому что изделие является оригинальным, и в большем счете, соответствие продукции может не совершиться.

С учетом обнаруженных в процессе исследования элементов и коэффициентов значимости потребительских предпочтений, производится расчет эстетической ценности продукции C для потребителя и стоимости C [96].

Имея выбор из нескольких вариантов, потребитель отдаст предпочтение тому, у которого ценность максимально превышает цену. Но, чтобы потребитель мог адекватно сравнить цену и ценность, важно его проинформировать, на основании анализа полученной информации принимается решение [90].

Следовательно, ориентир на требования потребителя должен учитываться на каждом этапе проектирования:

1. При выборе материалов верха, утепляющей прокладки и подкладки для создания необходимого пакета материалов.
2. При разработке конструктивных и модельных особенностей изделий, учитывая их назначение и условия эксплуатации.
3. При разработке технологического решения.

На основе этого, разработано программное обеспечение, которое позволяет составлять конфекционную карту, спецификацию деталей кроя и технологическую последовательность в соответствии с выбранным эскизом модели в среде автоматизированного управления для изделий различных ценовых сегментов.

Во время актуализации базы данных были определены основные блоки с информацией:

- модели,
- детали, узлы моделей
- материалы (информация о волокнистом составе, визуальном представлении материала, ценовой группе, толщине); [96]

– методы обработки.

Данные объединены в справочники, которые представлены на рисунке 4.2.

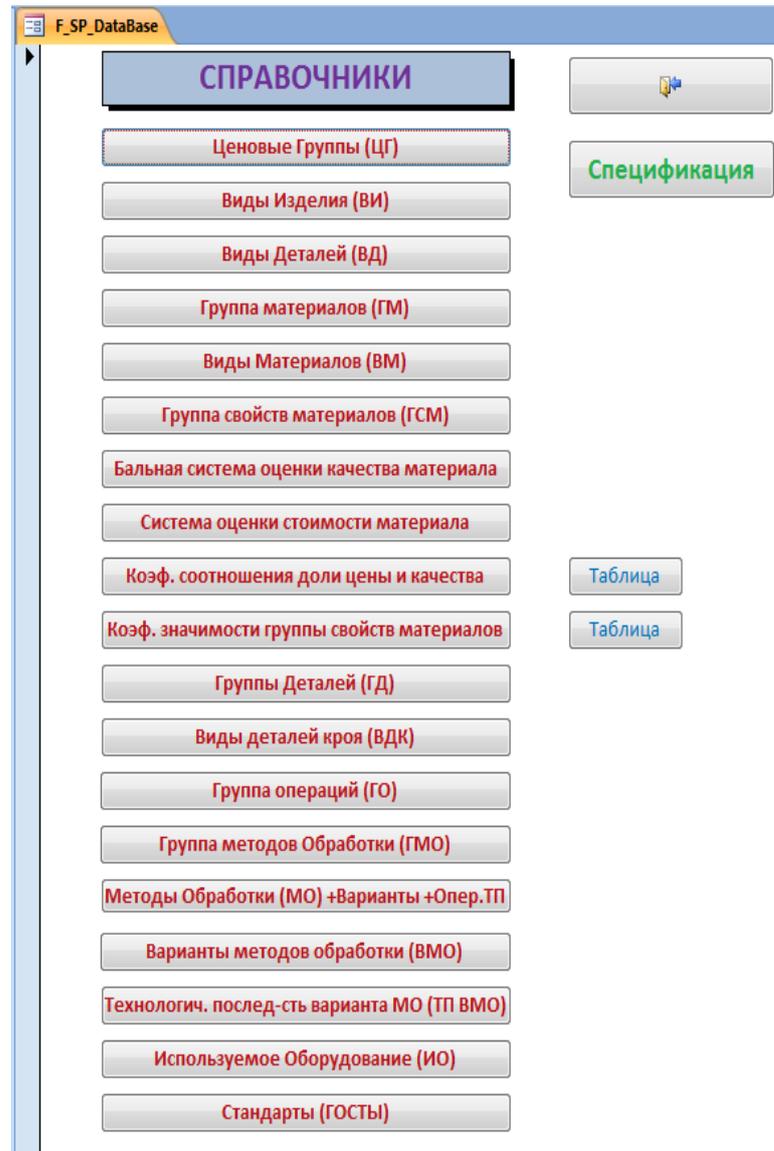


Рисунок 4.2 – Вид справочников в программном обеспечении

Блок-схема программы основана на структурно-функциональном анализе процесса производства одежды. В этой программе могут решаться задачи с автоматизацией таких этапов конструкторско-технологической подготовки производства: спецификация деталей кроя модели изделия, создание описания внешнего вида, составление конфекционной карты, составление технологической последовательности изготовления модели изделия, определение методов обработки изделия [103].

Автоматизация процесса подбора материалов заключается в иерархической связи от более крупных структурных элементов (группы технологических операций или группы свойств материалов) к элементарным (методам обработки или показателям свойств материалов).

Группа свойств материалов отображает анализ параметров образцов материалов для изделий, т.е. эстетических, конструкторско-технологических и других показателей свойств материалов.

Группа технологических операций отображает поузловое обрабатывание частей изделия: сборочных единиц «обработка подкладки изделия», «обработка рукава» и т.д.

Перечень материалов (пакет) формируется при подборе вида материала, входящих в пакет материала. Просмотр образцов осуществляется в диалоговом окне в различных режимах: по поверхностной плотности, по виду материала и т.д. Важным моментом является, что у каждого метода обработки есть уникальный код и строгая привязка к определенному множеству.

Программное обеспечение может корректировать результаты на любом уровне работы, потому что база данных – открытая система для расширения функциональных возможностей.

Сохранение отчетов, основных документов о технологических и конструкторских процессах позволяет сохранять автоматизированное рабочее место технолога. Данная функция понижает трудоёмкий процесс составления отчетности и сокращает бумажный документооборот, что позволяет ускорить работу и добавить условие комфорта.

Применение баз данных, в целом, сокращает затраты на выбор, поиск и формирование технического решения на изделие, систематизирует данные по материалам, моделям и методам обработки моделей. Благодаря современной структуре разработанной базы данных и упрощенному пользовательскому интерфейсу, открывается возможность по наполнению и хранению новой

классификационной информации, тем самым актуализируя данные по новым материалам и методам обработки.

4.3 Программный комплекс по проектированию и выбору пакетов и материалов изделий

Материалы с улучшенными эксплуатационными свойствами, устойчивые к износу, различным видам излучения и давлению, легкие и при этом высокопрочные, нужны для развития практически всех отраслей экономики. Количество таких материалов с каждым днем растет, это может быть следствием того, что возросли потребности в новых свойствах материалов [50]. Именно развитие таких показателей позволяет совершенствовать современные технологии, делая их более экономически выгодными и эффективными, а также реализовывать принципиально другие, наилучшие технологические решения.

Для взаимодействия всей доступной на сегодняшний день информации о пакетах материалов и использования полученного опыта при их проектировании, существует потребность в создании комплекса программного обеспечения на основе базы знаний и фасетной классификации [93].

Созданная нами база знаний работает совместно с реализованной поисковой системой, представляющей собой отбор записей, удовлетворяющих условиям поиска, заданным в форме запроса.

Такая интеллектуальная платформа имеет набор механизмов, запуск которых позволяет подобрать оптимальное техническое решение для создания материала, обладающего необходимыми эксплуатационными свойствами.

База знаний — это база данных, которая содержит правила вывода и информацию об опыте и знаниях в определенной области [94].

Для корректной работы программного обеспечения в базу заложена фасетная модель классификации информации и условный формат представления знаний. Такая интерпретация информации в области текстильного

материаловедения вместе с данными о свойствах конкретных пакетов материалов в совокупности является базой знаний в области материаловедения легкой промышленности.

Полноценная база знаний, в отличие от обычной, содержит в себе не только текущую информацию, но и правила, которые позволяют делать выводы об уже имеющихся или дополнительно вводимых фактах и таким образом выполнять семантическую (смысловую) обработку информации.

База знаний по материалам, пакетам и конфекционированию используются в контексте экспертной системы, где с ее помощью представляются навыки и опыт экспертов, специалистов в области легкой промышленности.

Система, в которой реализовано взаимодействие пользователя и эксперта (инженера по знаниям) с базой знаний, можно считать экспертной системой или комплексом программного обеспечения, помогающего специалисту принимать обоснованные решения.

На схеме (рисунок 4.3) отображены следующие элементы:

- база знаний, включает в себя информацию по материалам, пакетам и конфекционированию;

- интерпретатор базы знаний, – это управляющая система, организующая вывод решения, связь с пользователем, выбор и активация нужного раздела базы знаний;

- подсистема приобретения знаний, в которой работа с содержимым и наполнение базы знаний осуществляется посредством «редактора».

- подсистема объяснений выдает пользователю информацию о том, почему получены результаты. так как пояснение шагов работы системы является гарантией доверия к полученным результатам, что особенно важно в системах, связанных с принятием решений;

- рабочая память хранит результаты предварительных вычислений и выводов, информацию о используемых знаниях о материалах, пакетах и конфекционировании, актуальные запросы пользователей и т.п.



Рисунок 4.3 – Схема программного комплекса по проектированию и выбору пакетов и материалов легкой промышленности

– интеллектуальный интерфейс, – подсистема, обеспечивающая общение с пользователем удобным ему способом.

– пользователь, – специалист из области легкой промышленности, который работает с системой: конфекционер, технолог, конструктор, лекальщик, дизайнер и др.

– эксперт–специалист с высокой квалификацией в данной предметной области, обладающий специальными познаниями и навыками решения задач, для которых предназначена система, а также обладающий опытом работы с экспертной системой.

– инженер по знаниям, – специалист, обладающий методами и способами работы с экспертами, способами извлечения и интерпретации знаний, понимающий технологии экспертных систем.

Для корректной работы программного обеспечения в базу заложена фасетная модель классификации информации и условный формат представления знаний в виде множеств классифицируемых материалов (пакетов), свойств и функций (рисунок 4.4). Такая интерпретация информации в области текстильного материаловедения, вместе с данными о свойствах конкретных пакетов материалов, в совокупности является базой знаний в данной области [95].

Разработанная фасетная навигация основана на соображении, что пользователи могут искать информацию различными способами. При выборе пакета материала первым запросом является, например, волокнистый состав слоев, а для второго запроса – его способ производства.

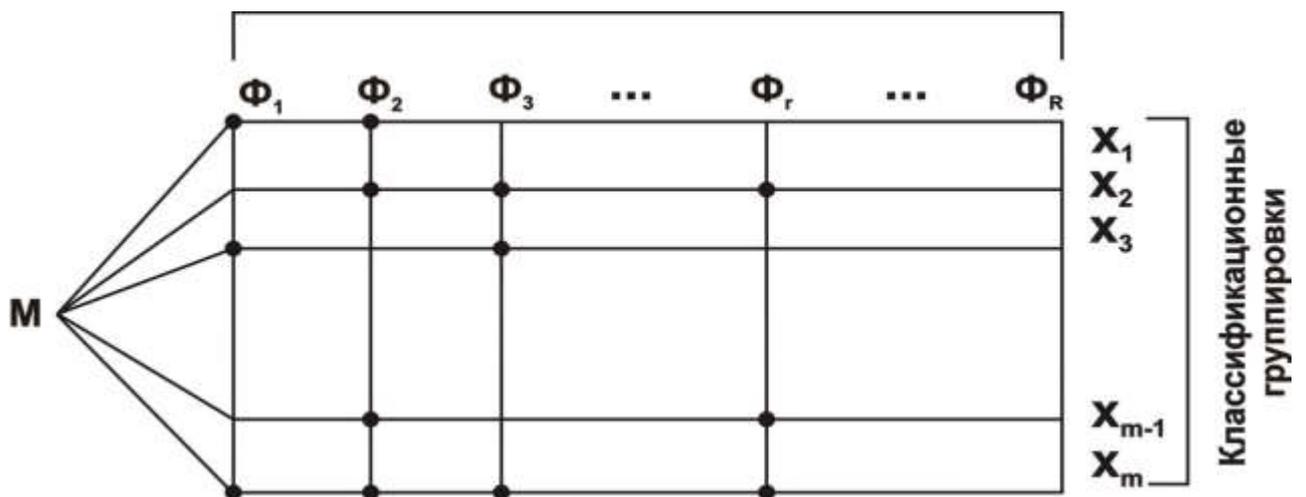


Рисунок 4.4 — Множество классифицируемых объектов M .

Таким образом, фасеты составляют множества возможных значений (рисунок 4.5).

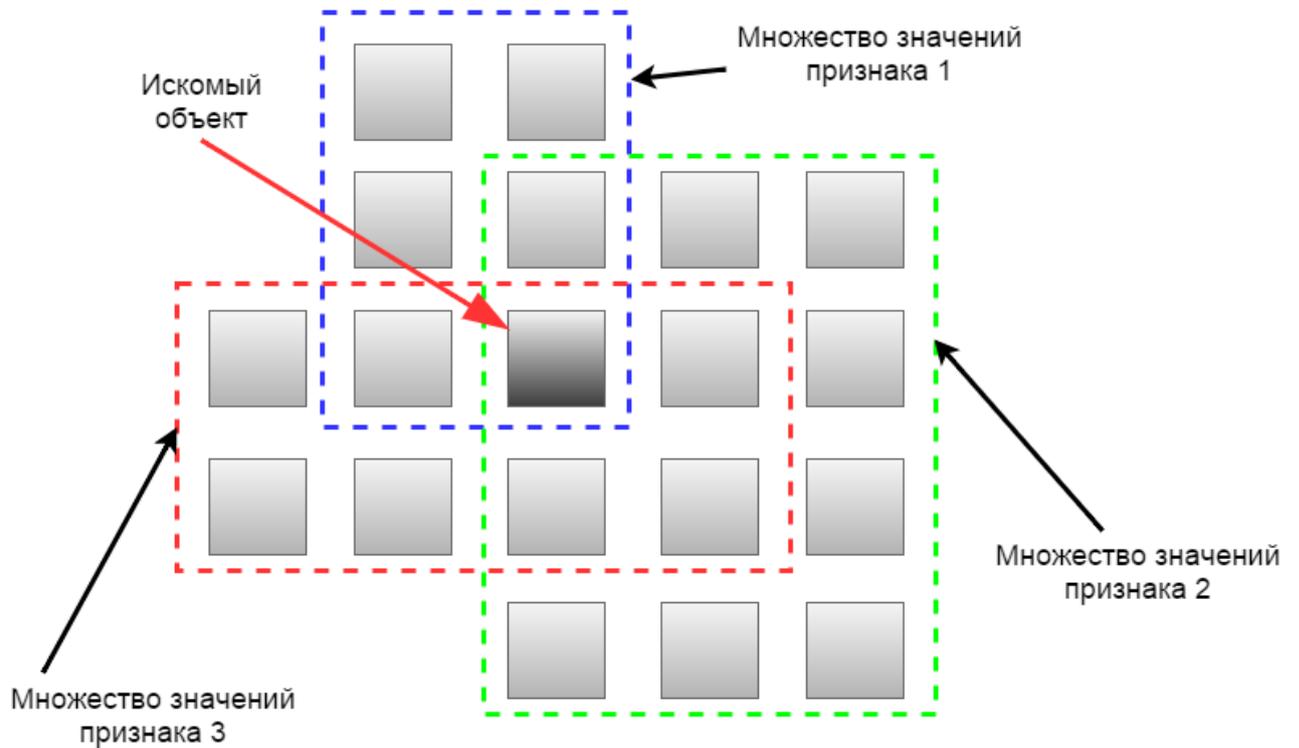


Рисунок 4.5 — Фасетная классификация по множеству признаков материалов и пакетов

Пересечение множеств дает однозначную идентификацию объекта и тем самым получаем фасетную формулу первого уровня:

$$\text{ПМ1} = \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3 \quad (4.2)$$

где Φ_i – множество значений признаков фасетной классификации.

В качестве примера рассмотрим задачу совершенствования специальной одежды с целью улучшения теплозащитных свойств. В идеализированном случае спецодежда полностью выполняет свою функцию, она является барьером, препятствующим воздействию вредных факторов внешней среды и обеспечивает тепловой баланс тела, сохраняя часть выделяемого тепла и отводя излишки в окружающую среду. Также человеком выделяется влага и углекислый газ.

На первом этапе работы спроектированной системы осуществляем выбор климатической зоны, каждой из которой соответствует определенный банк пакетов и изделий с набором критериев: по составу, по способу соединения, по количеству слоев с числовыми характеристиками свойств этих материалов и т.д. Этот банк представляет собой базу данных, в структуру которой также заложена фасетная

система классификации. Для экспертов предоставлен вариант «вручную» задать климатические условия эксплуатации одежды, а инженеру по знаниям добавлять новые разработанные пакеты материалов и их свойства.

После определения климатических условий или выбора зоны, система предоставляет выборку в виде списка соответствующих пакетов материалов с их свойствами и характеристиками. Далее из этого списка можно выбрать желаемые параметры эксплуатируемой одежды. Имея выборку пакетов, целью остается определить наиболее подходящие изделия для эксплуатации в заданных условиях. Однако, при попытке улучшить одну характеристику или показатель качества технического объекта ухудшается другая его характеристика или показатель. Для устранения таких технических противоречий, используем заложенные в систему приемы разрешения технических противоречий [приложение Б], основанные на анализе большого количества изобретений Г.С. Альтшуллером [97]. Каждый из приемов достаточно универсален и отражает наиболее эффективные принципы преобразования объекта.

Применение типовых эвристических приемов для преодоления технических противоречий можно систематизировать, используя специальную таблицу (приложение А), состоящую из 39 строк и столбцов, номер которых указывает на соответствующий показатель, характеризующий объект задачи. Это следующие показатели: масса подвижного и не подвижного объекта (1,2); длина подвижного и не подвижного объекта (3,4); площадь подвижного и не подвижного объекта (5-6); объем подвижного и не подвижного объекта (7,8); скорость (9); сила (10); напряжение/давление (11); форма (12); устойчивость состава объекта (13); прочность (14); продолжительность действия подвижного и не подвижного объекта (15,16); температура (17); освещенность (18); расходуемая энергия подвижного и не подвижного объекта (19,20); мощность (21); потеря энергии, вещества, информации (22,23,24); потеря времени (25); количество вещества (26); надежность (27); точность соответственно измерения и изготовления (28,29); вредные факторы, которые действуют на объект извне и проявляются самим

объектом (30-31); комфорт изготовления, ремонта и эксплуатации (32,33,34); адаптация/универсальность (35); сложность устройства (36); сложность контроля и измерения (37); степень автоматизации (38); производительность (39).

По таблице (приложение А) те показатели, которые необходимо по условиям задачи изменить (уменьшить, увеличить, улучшить и т.д.), фиксируются в строках, а те, которые могут недопустимо ухудшиться, если решать задачу известными способами, фиксируются в столбцах. В ячейках пересечения строк и столбцов таблицы выписаны порядковые номера тех типовых эвристических приемов, применение которых позволяет найти идею решения задачи.

Пример выбора этих показателей изображен в графическом пользовательском интерфейсе (рисунок 4.6).

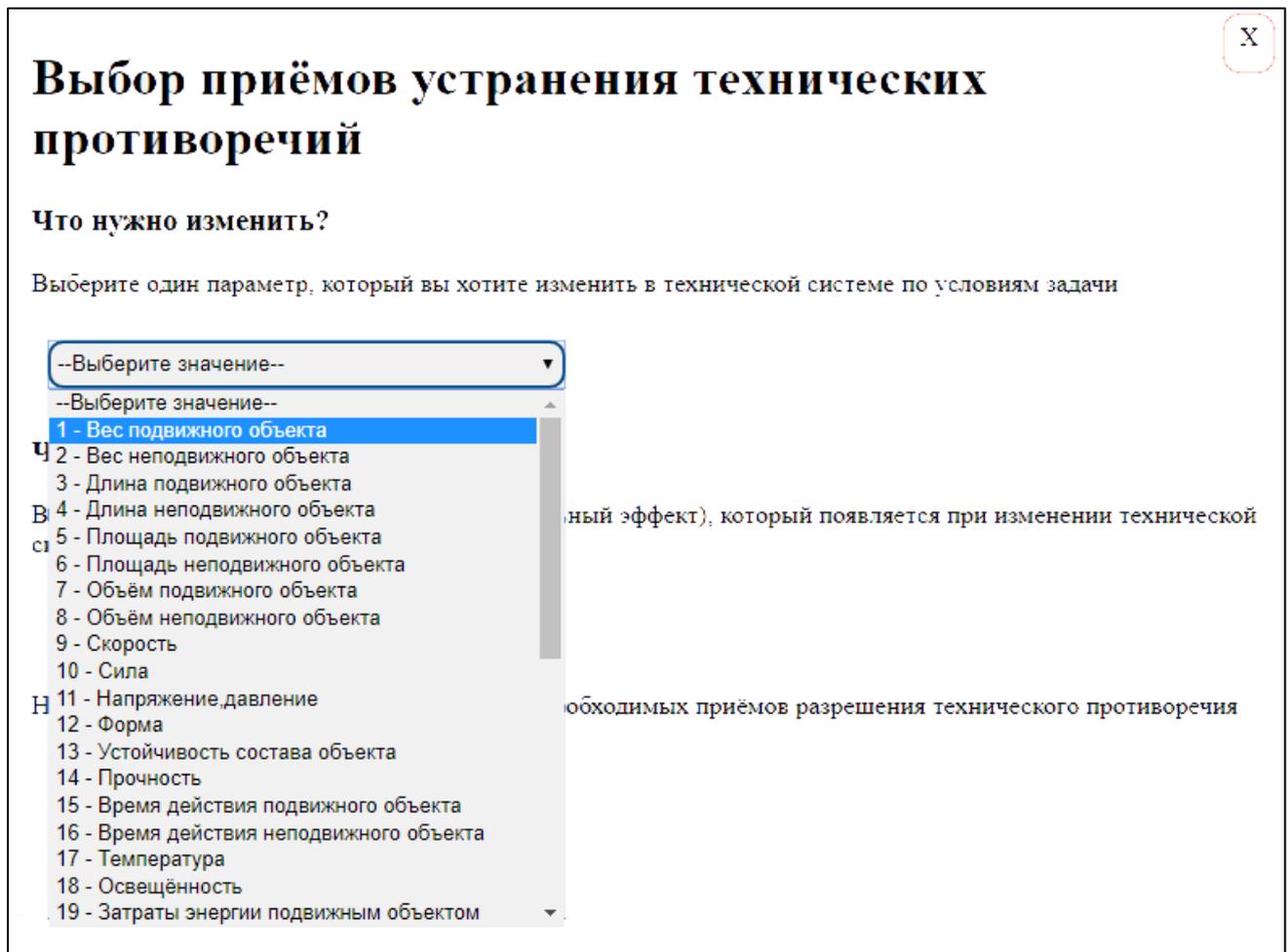


Рисунок 4.6 – Графический пользовательский интерфейс выбора методов для подбора приемов устранения технических противоречий.

Для облегчения труда пользователя-разработчика в систему внедрены списки различных эвристических принципов решения задач:

1. «Дробление». Разделение объекта на независимые части, выполнение объектов разборными, увеличение степени дробления (измельчения) объекта.

2. «Вынесение». Отделение от объекта, мешающей части (свойства) или наоборот, в выделение единственно нужной части (свойства).

3. «Местное качество». Переход от однородной структуры объекта (процесса) к неоднородной. Разные части объекта должны иметь разные характеристики и функции, которые наиболее соответствуют их работе.

4. «Асимметрия». Предполагается переход от симметричной формы к асимметричной.

5. «Объединение». Соединение (объединение) в пространстве или времени смежных, или однородных операций (объектов).

6. «Универсальность». Объект осуществляет функции других объектов (тех, в которых теперь нет нужны).

7. «Матрешка». Один объект размещен внутри другого, проходит сквозь полость в другом объекте, другой – внутри третьего и т.д.

8. «Антивес». Компенсация массы (веса) объекта путем объединения его с другими объектами, обладающими подъемной силой, или взаимодействия со средой (за счет аэрогидродинамических и других сил).

9. «Предварительное напряжение». Подсказывание заранее придать объекту деформации (напряжения), противоположные нежелательным.

10. «Предварительное исполнение». Заранее выполнить требуемое изменение объекта (полностью или частично), расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие с минимальными затратами времени на их доставку.

11. «Заранее подложенная подушка». Компенсация невысокой надежности объекта заранее подготовленными аварийными средствами.

12. «Эквипотенциальность». Изменение условий работы таким образом, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект.

13. «Наоборот». Вместо действия, диктуемого условиями, осуществляется обратное действие; для этого необходимо движущуюся часть сделать неподвижной, а неподвижную – движущейся, т.е. передвинуть объект.

14. «Сфероидальность». Переходе от прямолинейных частей к сферическим; в использовании роликов, шариков, спиралей.

15. «Динамичность». Характеристики разрабатываемого объекта (процесса) обязаны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы; для этого необходимо разделить объект на перемещающиеся относительно друг друга части, т.е. неподвижный объект сделать подвижным.

Примером служит высокотехнологичный трикотажный материал HYDRPhilic (рисунок 4.7). Благодаря своей объемной структуре он снижает последствия перегрева тела в области спины, способствуя перемещению влаги и тепла во внутренние слои куртки, после чего они перераспределяются и выводятся наружу. В изделиях (см. гл.1, р.1.3) используется в качестве одного из материалов подкладки в области центральной части спинки в составе системы BVS.



Рисунок 4.7 – материал HYDRPhilic

16. «Частичное или избыточное решение». Если трудно добиться 100%-го результата от требуемого действия, надо получить чуть меньше или чуть больше.

17. «Переход в другое измерение». Увеличение числа степеней свободы объекта, переход от движения по линии в одном измерении к движению в нескольких измерениях, по плоскости, в пространстве; применение многоэтажной компоновки вместо одноэтажной, использование обратной стороны поверхности.

Примером данного принципа является система внутренней теплоизоляции куртки WarmSave (Рисунок 4.8), построенная по зональному принципу на основе прочного и теплого итальянского утеплителя Valtherm®. Как известно, разные зоны тела человека выделяют разное количества тепла, а это значит, что они нуждаются в разном уровне защиты от холода. Сочетание материалов, используемых во внутренних слоях изделия и на подкладке, обеспечивает оптимальную теплозащиту и комфорт в холодное время года и межсезонье.

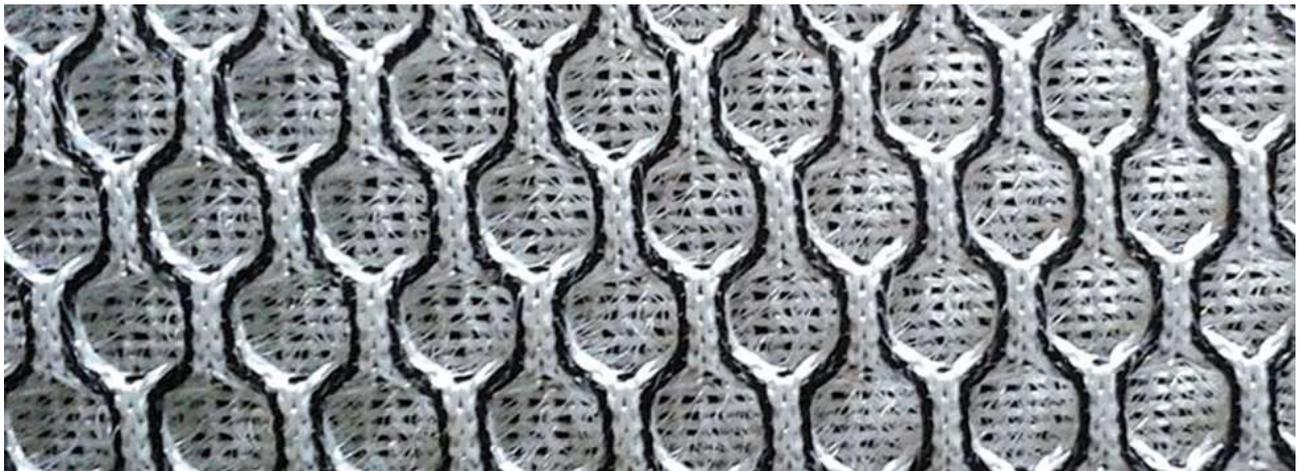


Рисунок 4.8 – Структура теплоизоляции куртки WarmSave

18. «Использование механических колебаний» включает следующие варианты: перевести объект в колебательное движение; изменить частоту; использовать резонансные и ультразвуковые частоты.

19. «Периодическое действие». Переход от непрерывного действия к периодическому.

20. «Непрерывность полезного действия». Непрерывное ведении работы, устранение холостых и промежуточных ходов, переходов от возвратно-поступательного движения к вращательному.

21. «Проскок». Преодолеть отдельные, в том числе вредные и опасные стадии процесса на повышенной скорости.

22. «Обратить вред на пользу». Использование вредных факторов для получения положительного эффекта; усиление вредного фактора до такой степени, чтобы он перестал быть таковым; компенсация одного вредного фактора другим.

23. «Обратная связь». Необходимость ввести обратную связь, а если она уже есть – изменить ее.

24. «Посредник». Использование промежуточного объекта-переносчика. Например, прочная ткань Strongtex со специальной обработкой Wicking, которая позволяет быстро впитывать излишки влаги с поверхности тела и транспортировать их в наружные слои куртки. Используется в качестве одного из материалов подкладки в мужских моделях курток.

25. «Самообслуживание». Внимание на то, что объект должен сам себя обслуживать, выполнять вспомогательные и ремонтные работы, использовать отходы вещества, энергии.

26. «Копирование». Вместо недоступного дорогого, некомфортного или хрупкого объекта можно использовать его упрощенные и дешевые копии в измененном масштабе.

27. «Замена дорогой долговечности на дешевую недолговечность». Замена дорогого объекта набором дешевых объектов, поступившись при этом некоторыми качествами (долговечностью).

28. «Замена механической схемы». Замена механической схемы электрической, оптической, тепловой, акустической и использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля.

29. «Использование пневмо- и гидроконструкции». Вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие, надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные.

30. «Использование гибких оболочек и тонких пленок». Вместо объемных жестких конструкций можно использовать гибкие оболочки, тонкие пленки и изолировать с их помощью объект от внешней среды.

31. «Пористые материалы». Создание объекта или его части пористой и заполнение поры каким-либо веществом.

Данный принцип отображает в себе система BVS (BackVentilationSystem) – система внутренней вентиляции куртки, построенная по зональному принципу на

основе сочетания высокотехнологичных трикотажных материалов на подкладке изделия. Во внутренних слоях изделия происходит смешение теплого воздуха с менее теплым за счет разницы температур в нижней и верхней частях куртки, что обеспечивает равномерное распределение тепла внутри изделия.

32. «Изменение окраски». Или степень прозрачности объекта или внешней среды, использование красящих добавок.

Примером является утеплитель ValthermReflective – этот нетканый материал, фольгированный слоем алюминиевого покрытия, обладает превосходными теплоизоляционными свойствами, сохраняя и отражая тепло, исходящее от тела человека, обратно во внутренние слои куртки. Благодаря данному виду утеплителей теплоизоляционные свойства одежды увеличиваются до 10% по сравнению с обычными изделиями. Используется во внутренних слоях куртки в составе системы WarmSave.

33. «Однородность». Объекты, которые взаимодействуют с данными объектами, должны быть изготовлены из одних и тех же материалов (или близких к ним по свойствам).

34. «Отброс или регенерация частей». Исполнявшая свое назначение или ставшая уже ненужной часть объекта должна быть отброшена (растворена, испарена и т.д.) или видоизменена; расходуемые части должны восстанавливаться в ходе работы.

35. «Изменение физико-химических параметров объекта». Изменение агрегатного состояния объекта, химического состава, концентрации, температуры, объема.

36. «Фазовые переходы». Использование изменения параметров, происходящих при фазовых переходах, изменение объема, выделение или поглощение тепла и т.д.

Например, утеплитель Schoeller®-PCM™ (Швейцария), Comfortemp® (Германия) и Outlast®-Thermocules™ (Германия) – специальные микрокапсулы в составе данных нетканых полотен содержат особый материал PCM

(«PhaseChangeMaterial» – изменяющий фазу). В его основу легла уникальная технология NASA, созданная для защиты скафандров астронавтов от резких перепадов температур в открытом космосе. Таким образом, при температуре свыше 36°C PCM переходит из твердого состояния в жидкое, поглощая при этом большое количество тепловой энергии и предотвращая излишний перегрев тела, а когда температура опускается ниже 36°C , микрокапсулы затвердевают, отдавая накопленное тепло. Благодаря данному виду утеплителей теплоизоляционные свойства одежды увеличиваются более, чем на 30% по сравнению с обычными изделиями, а вы будете чувствовать себя гораздо комфортнее. В зависимости от модели и сезона во внутренних слоях наших изделий используется только один из этих материалов [109].

37. «Термическое расширение». Использование термического расширения и сжатия материалов, применение материалов с разными коэффициентами термического расширения.

38. «Сильные окислители». Замена обычного воздуха обогащенным, а обогащенного – кислородом.

39. «Степень инертности». Замена обычной среды нейтральной, ввод в объект нейтральные части и добавки, ввод процесса в вакуум.

40. «Композиционные материалы». Переход от однородных материалов к композиционным.

Пример подборки необходимых действий в процессе проектирования материала отображен на рисунке 4.9, где заданными параметрами были: изменить (улучшить) – «30 - Вредные фактор действующие на объект», какой параметр при этом ухудшится – «33 - удобство эксплуатации».

Ключевым компонентом, в помощи принятия решения специалисту, является алгоритм, обрабатывающий набор заранее заложенных эвристических приемов решения задач в зависимости от запросов пользователя, поэтому выбираются только подходящие пакеты материалов. На данном шаге в созданной системе и базе данных происходит выборка. Методом исключения неудовлетворительных

запросов по базе, пакеты сортируются, связи которых в базе. Если их связи не нарушаются, то в исключительном порядке пакеты отображаются на экране пользователя.

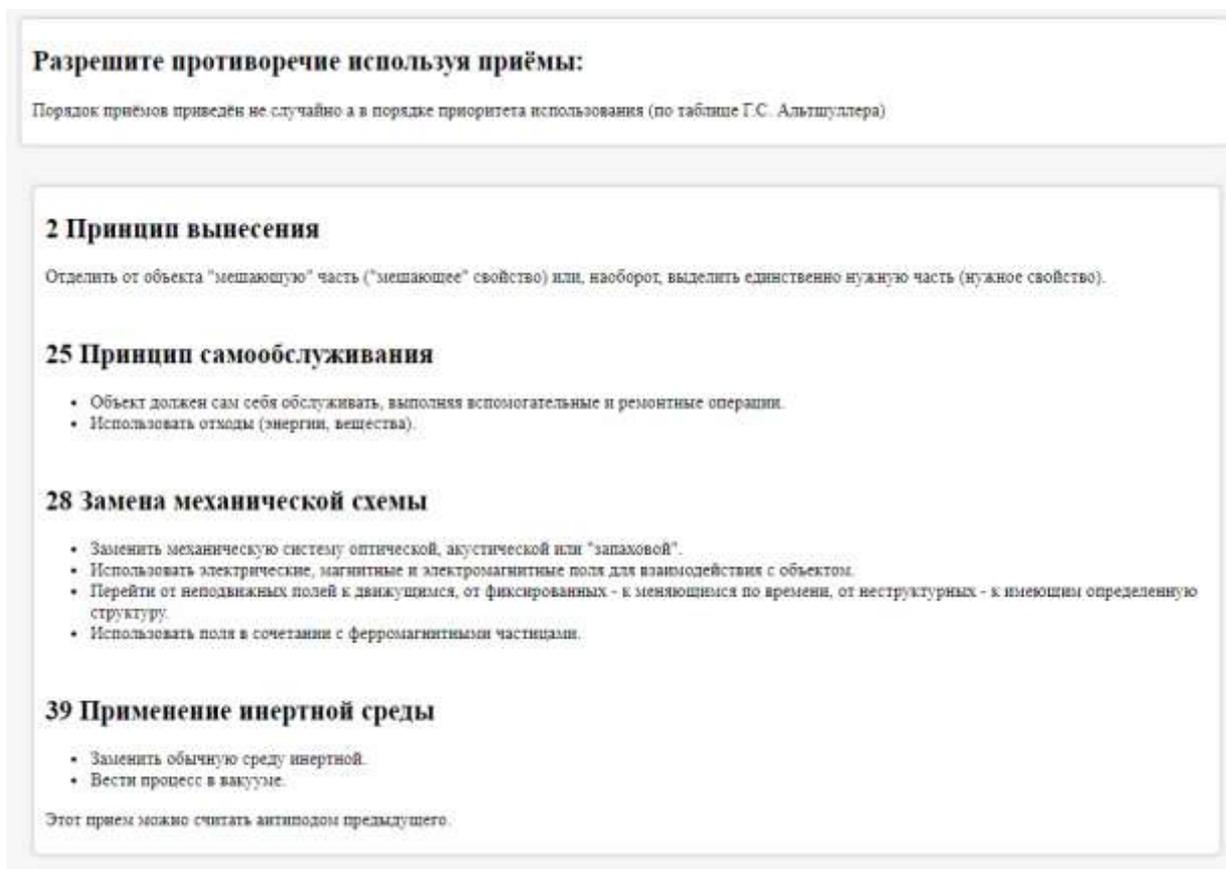


Рисунок 4.9 – графический пользовательский интерфейс отображения приемов устранения технических противоречий.

К перечисленным выше показателям и эвристическим приемам задача заключается в уменьшении влияния внешней среды, действующей на человека, например, температуры, ветра, влаги. Одни показатели относятся к спецодежде, а другие к самому человеку. Таким образом, в задаче необходимо минимизировать воздействие метеорологических условий, действующих на человека извне. Если решать задачу известными методами, т.е. увеличить толщину пакета материала с целью увеличения термического сопротивления одежды, то ряд показателей ухудшится. Так увеличится масса и объем спецодежды, ухудшится удобство эксплуатации. повысится сложность устройства и т.д.

Применение эвристических приемов к данной задаче может привести, например, к следующим решениям:

1. Изготовить утеплитель спецодежды разъемными, т.е. в виде утепляющей прокладки.
2. Применить пористые и композитные материалы с различными газообразными наполнителями.
3. Использовать вентиляционные отверстия и воздушные каналы.
4. Использовать дополнительные источники обогрева различных видов энергии.

Следует отметить, что наилучший итог изобретения получается при использовании нескольких приемов одновременно. Так, например, при решении задачи, заключающейся в реализации возможности регулирования размеров пакетов, при выполнении разного вида работ, вследствие чего изменяется термическое сопротивление одежды и обеспечивается комфортность изделия. Эта задача решается за счет того, что утеплитель расположенный между внешним и внутренним слоями выполнен из растяжимого эластомерного материала, а скрепление всех слоев пакета осуществляется при растяжении внутреннего теплозащитного материала.

4.4 Реализация проектирования системы материалов в программном комплексе по проектированию и выбору пакетов и материалов

До введения ЭВМ в пользование входные данные опыта часто устанавливались эвристически, а позднее сохранялись как традиции и далее, как стандарты. Это означает, что существует нужда в систематизации и накоплении полученных значений. Такая проблема чаще всего появляется в случае многокомпонентных, многофакторных систем, которые описывают множество параметров как входных, так и выходных.

В предоставленной работе, в качестве многокомпонентной системы материалов (МСМ), показана возможность хранения данных для объектов с большим числом параметров.

Система, хранящая в себе не менее трех компонентов, при этом, возможно, различных по составу, структуре и виду, принято считать многокомпонентной. Количество компонентов зависит от условий эксплуатации текстильного изделия, вида и назначения.

Рассматриваемый объект является классом сложных систем и показан на рисунке 4.10 в виде многопараметрической модели.

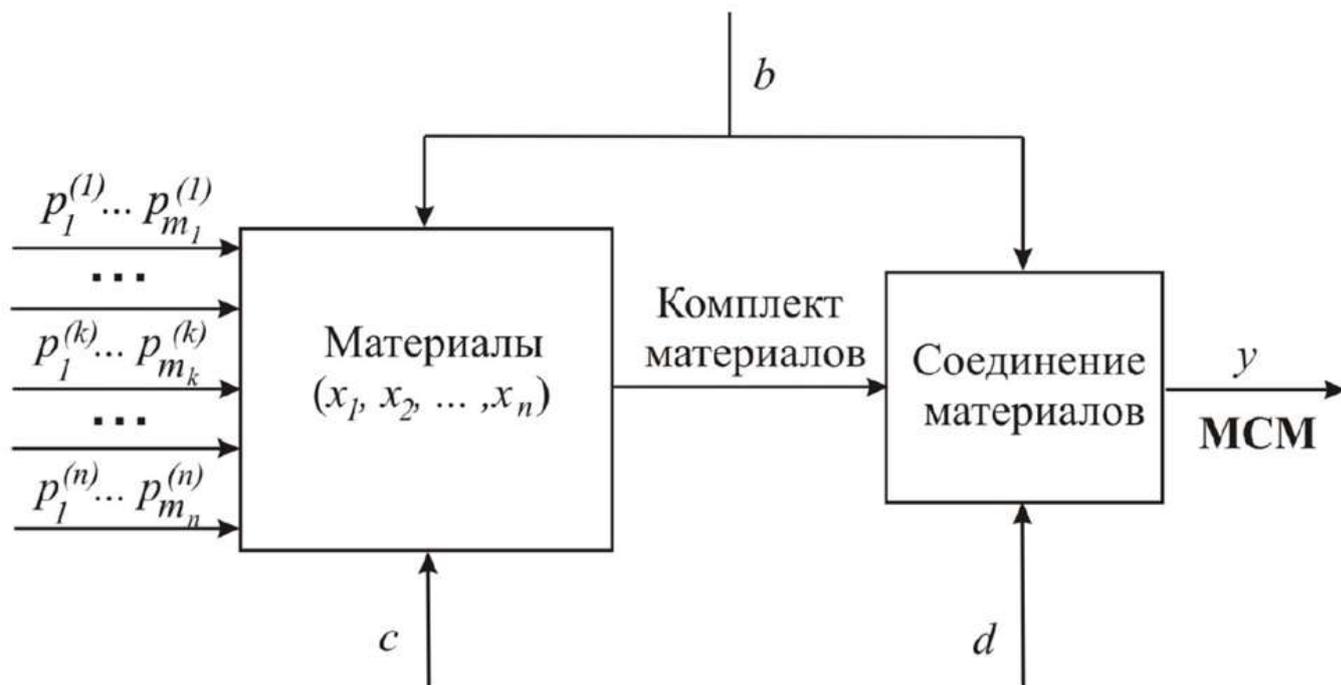


Рисунок 4.10 – Модель объекта исследования

Элементы системы — это различные материалы:

$$x = \{x_1, \dots, x_k, \dots, x_n\}, \quad (4.3)$$

которые имеют разнообразные качественные и количественные характеристики:

$$p^{(k)} = \{p_1^{(k)}, \dots, p_m^{(k)}\}, \quad (4.4)$$

где $p_i^{(k)}$ — i -я характеристика k -го элемента системы, $k = 1, n$.

Информация управления:

$$b = \{b_1, b_2, \dots, b_n\} \quad (4.5)$$

хранится в разных источниках нормативно-технической документации. Инструментами системы являются: данные о применяемости изготавливаемых изделий, условия эксплуатации:

$$c = \{c_1, c_2, \dots, c_f\} \quad (4.6)$$

и порядки работы технологического оборудования:

$$d = \{d_1, d_2, \dots, d_r\}. \quad (4.7)$$

Выходные параметры:

$$y = \{y_1, y_2, \dots, y_q\} \text{ — МСМ.} \quad (4.8)$$

Изучение свойств МСМ вызвано их приоритетом в системе разработки изделий. Кроме всего прочего, данные о свойствах материалов и систем, которые созданы при их совмещении, лежат в основе работ на всех этапах проектирования. Стоит подчеркнуть, что на практике таких данных часто оказывается мало для принятия приемлемых решений. Поэтому появляется нужда в систематических исследованиях, чтобы создать базу данных научно-обоснованных признаков качества МСМ [105].

При совершенствовании процесса проектирования материалов лёгкой промышленности перед проектировщиками встает соответствующая проблема накопления и систематизации информации, необходимой для формирования определённых пакетов, а также тех данных, которые уже были приобретены в порядке предыдущих экспериментов.

В данной работе предложена модель базы данных, версия которой может быть применена для решения типовой задачи.

Ключевыми объектами исследуемой предметной области определены следующие материалы: основные, скрепляющие, подкладочные, прокладочные и т.д. Ассортимент применяемых образцов для изготовления материала в лёгкой промышленности можно охарактеризовать так: по способу производства, виду

отделки, структуре и т.д. Каждая компонентная часть системы является совокупностью физических, геометрических, механических и других свойств, описывающих его структуру и внешний вид.

База данных создается в соответствии с обусловленной концептуальной моделью, описывающая характеристики некоторых данных, связи между должными им явлениями и предназначенная для информационного обеспечения одного или нескольких приложений [105]. В данном определении, концептуальная модель данных, понимается так, что характеристики предметной области представлены в терминах, к которым относятся условия и связи между ними.

Одна из задач разработанной базы данных заключается в интерпретации данных по системам материалов и их техническим данным в удобном для пользования виде и дальнейшем их пополнении в совокупности с другими программными продуктами.

При разработке, в качестве СУБД, использовалась MySQLver. 5.7. Получаемая база данных интегрируется с программным обеспечением или комплексом.

Данные, представленные в реализованной схеме, основываются на таких исследованиях систем материалов: воздухопроницаемость; жёсткость соединительных швов; суммарное тепловое сопротивление; режимы дублирования; стойкость к истиранию.

Основными сущностями являются: «needle», «materials and systems» и «threads». Связи элементов базы данных характеризует фрагмент структуры базы данных, представленный на рисунке 4.11.

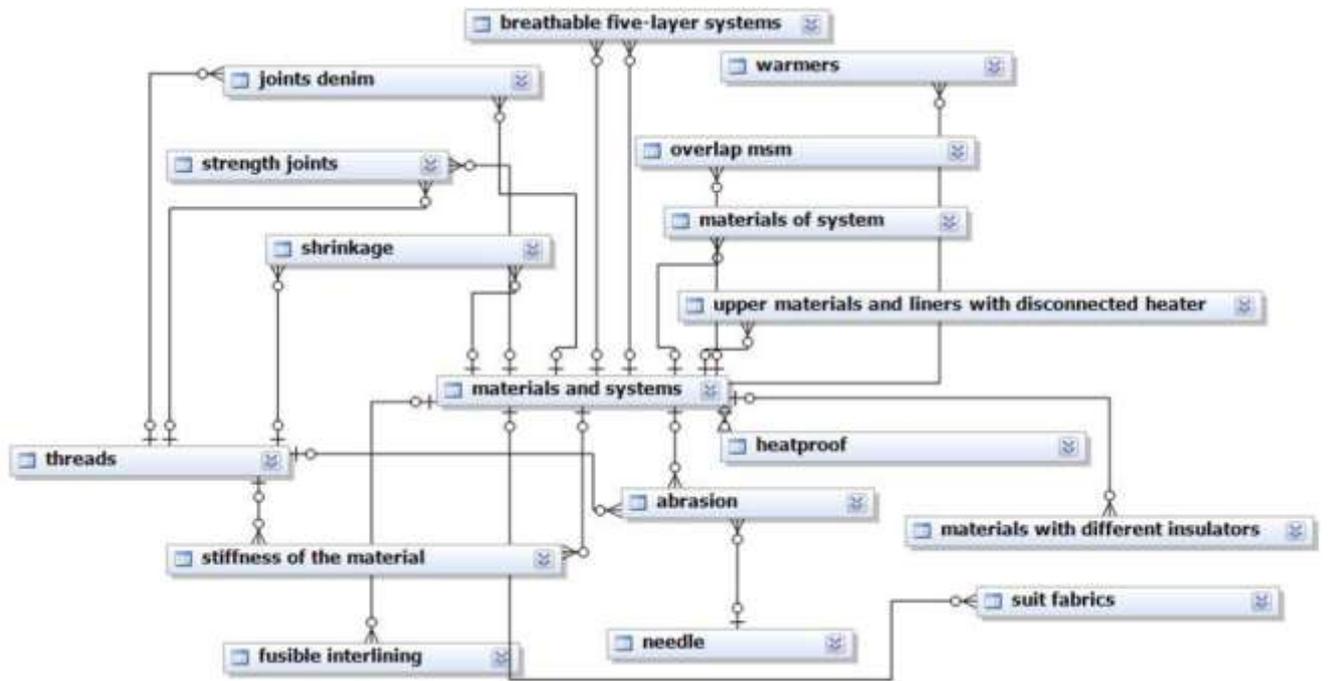


Рисунок 4.11 – Фрагмент базы данных

Структура базы данных основана на анализе предметной области, содержащая семнадцать между собой взаимосвязанных таблиц, при этом, каждая из которых содержит уникальный идентификатор для экземпляра записи, использующийся в виде первичного ключа.

Ключевой таблицей для всех остальных является «materials_and_systems». Она содержит данные по материалам или пакетам материалов, над которыми в последствии проводятся исследования и включает в себя следующие поля:

- name — название пакета материалов или ткани;
- id — идентификатор, первичный ключ;
- symbol — аббревиатура, которая используется для сокращённого названия пакета материалов или ткани;
- system — булево значение. Атрибут, который определяет запись как многокомпонентную систему материалов или просто материалом;
- comments — атрибут, предназначенный для записи дополнительных данных о изделии.

Сущность «overlapmsm» сохраняет данные от воздействия дублирования значений систем материалов и включает следующие параметры:

- id_msm — переход на таблицу «materials_and_systems»;
- id — идентификатор записи;
- surface_density — поверхностная плотность;
- water_permeability — водопроницаемость;
- thickness — толщина;
- hygroscopicity — гигроскопичность;
- bending_stiffness — жесткость при изгибе;
- прочее.

Созданная модель дает возможность собирать и хранить информацию о тканях, нитях и о комбинациях соединений, используемую в производстве материалов лёгкой промышленности [99].

Современные текстильные предприятия не всегда располагают информацией, данными экспериментов, оценками тех или иных свойств производимого материала. Чаще всего даже у значительных производителей нет способности описать все шаги, применяемые в изготовлении готовой продукции. Поэтому разработанная база данных полезна и важна для накопления и последующего анализа при представлении операций, которые связаны с исследованием систем материалов лёгкой промышленности.

Выводы по четвертой главе

Предложенный программный комплекс обеспечивает разработку технического задания на проектирование новых материалов и осуществляет обоснованный выбор материала для одежды с заданными свойствами. Реализация системы предусматривает интеграцию в большинство комплексов проектирования для текстильного и швейного производств.

Использование программного комплекса расширяет ассортимент рекомендуемых материалов и пакетов для конкретных условий в соответствии с возможностями производства.

Применение фасетной классификации в разработанном комплексе обеспечивает гибкость структуры его содержимого. Изменения в содержимом одних фасет не влияет на другие, таким образом, обеспечена приспособляемость классификации к изменяемому характеру поставленных задач. Обеспечена возможность агрегации объектов и выполнение поиска информации и подбор параметров по любому сочетанию фасетов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Анализ структурных и физико-механических характеристик современных комплексных материалов и пакетов одежды, показал, что традиционные методы разработки не в полной мере обеспечивают функционально-качественные показатели материала.

2. Установлено, что предварительный расчёт параметров компонентов комплексных материалов, а также их автоматизированный подбор ускоряет проектирование современных материалов и пакетов для заданных условий эксплуатации одежды.

3. Определены основные потребительские свойства современного ассортимента комплексных текстильных материалов, а именно: управление влажностью, улучшенная теплоизоляция, регулируемая воздухопроницаемость, особенно, в экстремальных условиях работы.

4. Теоретически обоснован процесс проектирования сложного пакета материалов для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях на основе математической модели комплексного материала с изменяемой толщиной при учете теплофизических свойств каждого элемента и энергозатрат во время выполняемой работы.

5. Разработана конструкция нового теплозащитного пакета с регулируемой толщиной, на основе принципиально нового комплексного утеплителя, отличительной особенностью которого является сохранение теплозащитных свойств во время эксплуатации в экстремальных условиях.

6. Разработан принципиально новый метод оценки комфортности состояния человека при эксплуатации одежды на основе оценки комфортности в пододежном слое по кинетике температуры и влажности, позволяющего проследить состояние человека при эксплуатации одежды.

7. Выполнена сравнительная оценка показателей традиционных и изготовленных по разработанной методике пакетов материалов по теплозащитным, характеристикам, массе и толщине, и установлено, что проектируемые пакеты

отвечают заданным требованиям, таким образом подтверждена перспективность данного подхода разработки комплексных материалов пакета одежды для экстремальных условий эксплуатации.

8. Разработана универсальная методика и логическая структура взаимосвязей параметров компонентов комплексных материалов, позволяющие моделировать пакеты с различными теплозащитными и потребительскими свойствами.

9. Даны рекомендации по расчёту размеров и формы деталей на основе полученных аналитических зависимостей при использовании элементов трансформации и многослойного комплекта одежды.

10. Сформирована база данных алгоритмов, позволяющая разрабатывать техническое задание на проектирование новых комплексных материалов и осуществлять обоснованный выбор материалов для одежды в заданных условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокеткин С.С., Чубарова З.С, Афанасьева Р.Ф. Промышленное проектирование специальной одежды — М.: "Легкая и пищевая промышленность", 2006.
2. Делль Р.Ф. Гигиена одежды — М.: Легпромбытиздат, 2004.
3. Васильева Н.Г Использование текстильных материалов с применением полимерных волокон в легкой промышленности // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. — С. 77
4. Самиева Ш. Х., Маджидова М. Х. Выбор ткани для производства эстетической одежды // Молодой ученый. — 2016. — №9. — С. 287—289.
5. Земскова М.С., Краснова М.В. Факторы конкурентоспособности натуральных тканей на рынке текстильной продукции России // Международный научно—исследовательский журнал. — 2017. — №9. — С. 25—28
6. Голубенко О.А. Товароведение непродовольственных товаров: Учебное пособие // О.А. Голубенко, В.С. Новопавловская, Т.С. Носова. - М.: Альфа-М, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 336 с.
7. Буданова Г.Н., Ролдугина А.Е. Подрывные инновационные технологии текстильной промышленности // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1 (часть 3) – С. 468—471
8. Щедрина О. А., Осипенко Л. А., Михайлова И. Д. Исследование влияния различных факторов на теплозащитные свойства одежды // Научно—методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 691–695
9. Склянников В.С. Гигиеническая оценка материалов для одежды (теоретические основы разработки)// В.С.Склянников, Р.Ф.Афанасьева, Е.И.Машкова — М.: Легпромбытиздат, 1985. —144 с
10. Колесников С.А. Теплозащитные свойства одежды. // С.А.Колесников —М.: 1965.

11. Панкевич Д.К. Ассортимент и свойства мембранных материалов, используемых в производстве одежды для активного отдыха и спорта // Качество товаров: теория и практика, Материалы докладов международной научно—практической конференции // Витебск, ноябрь 2012, С. 204 — 206.

12. Гаврилова О.Е., Никитина Л.Л. Требования к проектированию изделий легкой промышленности из современных композиционных полимерных материалов // Вестник Казанского технологического университета. —2012 с.177—179

13. О.Е. Гаврилова, Л.Л. Никитина, Н.С. Канаева, О.Ю. Геркина Обзор современных полимерных материалов, применяемых в производствах легкой промышленности // Вестник Казанского технологического университета. —2015 С. 276— 278

14. Н.В. Евсеева, О.Е. Гаврилова, Н.А. Халитова Применение неопрена в производстве изделий легкой промышленности // Вестник Казанского технологического университета. — 2016. С. 78—80

15. Артамонов А. Е. Применение гидрофобизирующих составов для водо — и грязеотталкивающей пропитки текстильных изделий на предприятиях химической чистки // [Электронный ресурс] Режим доступа: www.travers.su 3

16. Гаврилова О.Е., Коваленко Ю.А., Гарипова Г.И. Использование полимерных композитов в производстве комплексных материалов для изготовления изделий в легкой промышленности// Вестник Казанского технологического университета. — 2010. — №10. — С. 262 —264.

17. Конопальцева Н.М. Конструирование и технология изготовления изделий из различных материалов. — М.: Академия, 2007. — 288 с.

18. Хисамиева Л.Г. Проектно—деятельностная подготовка специалистов легкой промышленности в области разработки конкурентоспособных изделий с применением современных полимерных материалов / Л.Г.Хисамиева, Л.Н. Абуталипова, А.А. Азанова // Вестник Казан. технол. ун—та. —2011. — Т. 14, №4. — С.287—290

19. Гимадитдинов Р.Н. Современные полимерные материалы в производстве обуви // Вестник Казанского технологического университета. 2012 С.153 —154
20. Gore—tex // Электронный ресурс удаленного доступа (Internet): <http://www.Gore—tex>
21. Smart—materials overview, London UK 19th Sep. 2016 <http://smarttextiles.co.uk/>
22. Paul Kiekens , Els Van der Burght , Erich Kny , Tamer Uyar , Rimvydas Milašius Functional textiles – from research and development to innovations and industrial uptake // autex Research Journal, Belgium 2016, page.219
23. Advertisement. IEEE Spectrum // Электронный ресурс удаленного доступа (Internet): <https://spectrum.ieee.org>
24. KAIST. Электронный ресурс удаленного доступа (Internet): <http://www.kaist.edu>
25. М.А. Нуриев, А.М. Магеррамов, М.А. Курбанов Об особенностях пьезоэлектричества в полимерных композициях с неоднородной поляризацией // Электронная обработка материалов/ 2004. С.50— 58
26. McCann J., Bryson D. (edited by) Smart Clothes and wearable technology, Woodhead Publishing in Textiles, 2017
27. Castano LMm, Flatau AB (2014) Smart fabric sensors and e—textile technologies: a review. Smart Mater Struct 23:1—27.
28. Holme I. Innovative technologies for high performance textiles. Color Technol. 2007 page 59–73.
29. Alongi J, Tata J, Carosio F, Rosace G, Frache A, Camino G. A comparative analysis of nanoparticle adsorption as fire—protection approach for fabrics. Polymers. 2015; p:47–68
30. А.А. Сухова, Л.Н. Абуталипова, Л.А. Тарасов Особенности проектирования защитной одежды из полимерных материалов // Вестник Казанского технологического университета 2012 с. 123—124

31. Л.Г. Одинцов Специальная защитная одежда спасателей МЧС России // Технологии гражданской безопасности С. 123—125
32. Matteo Stoppa and Alessandro Chiolerio Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review // Sensors 2014, 11957—11992
33. Tang SLP, Stylios GK. An overview of smart technologies for clothing design and engineering. // Int J Cloth Sci Technol. 2006; p: 108—128
34. Перепелкин К.Е. Принципы и методы модифицирования волокон и волокнистых материалов. // Химические волокна. 2005, № 2, с. 37—51
35. Radetic M. Functionalization of textile materials with TiO₂ nanoparticles.// J Photochem Photobiol C. 2013; p: 62—76
36. Самарин А. Электроника, встроенная в одежду – технологии и перспективы // Компоненты и Технологии 2007 с. 221—223
37. Towards a design framework for wearable electronic textiles// Martin T., Jones M., Edmison J., Bradley R. Sh. Dept. of Electrical and Computer Engineering. 2015.
38. A Mobile Device as User Interface for Wearable Applications // Iso—Ketola P., Karinsalo T., Myry M., Hahto L., Karhu H., Malmivaara M. and Vanhala J. Tampere University of Technology. 2016
39. Decher G. Fuzzy nanoassemblies: toward layered polymeric multicomposites. Science. 1997; p: 1232—1237
40. Kong H, Song J, Jang J. Photocatalytic antibacterial capabilities of TiO₂—biocidal polymer nanocomposites synthesized by a surface—initiated photopolymerization.// Environ Sci Technol. 2010; page:5672—5676
41. Reneker DH, Chun I. Nanometre diameter fibres of polymer, produced by electrospinning. Nanotechnology. 1996; p: 216—223
42. Study on the Transmission Mechanism for Wearable Device Using the Human Body as a Transmission Channel / Fujii K., Takanashi M., Ito K., Hachisuka K., Terauchi Y., Kishi Y., Sasaki K. and Itao K. Special Section on 2004 International Symposium on Antennas and Propagation.

43. Development and Investigation of the Transmission Mechanism of the Wearable Devices Using the Human Body as a Transmission Channel / Ito K. Fujii K. // Antenna Technology Small Antennas and Novel Metamaterials, 2006 IEEE International Workshop.

44. Chaloupka K, Malam Y, Seifalian AM. Nanosilver as a new generation of nanoparticle in biomedical applications. Trends Biotechnol. 2010; p:580–588

45. Н. В. Шильникова, Т. В. Андрияшина Исследование защитных свойств и особенностей технического текстиля для оборудования и трубопроводов // Вестник Казанского технологического университета 2017 с. 67—70

46. Al Shannaq, M. M. Farid Microencapsulation of phase change materials (PCMs) for thermal energy storage systems // Advances in Thermal Energy Storage Systems 2015 pages 247— 276

47. Bayés—García, L., Ventolà, L., Cordobilla, R., Benages, R., Calvet, T. and Cuevas—Diarte, M. A. 2010. Phase change materials (PCM) microcapsules with different shell compositions: preparation, characterization and thermal stability. Solar Energy Materials and Solar Cells, pages 1235–1240.

48. Hawlader, M. N. A., Uddin, M. S. and Khin, M. M. 2003. Microencapsulated PCM thermalenergy storage system. Applied Energy, 74, 195–202.

49. Э. Р. Галиева, Т. М. Шакиров, Р. М. Мухаметгалиев, Г. Н. Нуруллина Анализ материалов для защитной одежды // Вестник Казанского технологического университета 2016 с. 73—75

50. Павлов М.А., Кирсанова Е.А., Ионова М.Х., Вершинина А.В. Исследование свойств функциональных материалов для одежды разного назначения //Иновационные внедрения в области технических наук сборник научных трудов по итогам международной научно—практической конференции. Федеральный центр науки и образования "Эвенсис". 2017. С. 48—50

51. Мельник М. С. Формирование общей теории систем: результаты и проблемы исследования // Социально—политические науки. 2012. С.9—12

52. Петров В. Законы диалектики в развитии технических систем. – Тель—Авив, 2002. [Электронный ресурс] <http://www.trizland.ru/trizba/pdf—books/zrts—03—dialekt.pdf>
53. Минакер В.Е., Быховский М.В. Проблемы интегральных оценок технических систем. МАТРИЗ Фест 06, Санкт Петербург, 2006.
54. Пустов Л.Ю. Обзор современных методик сравнения конкурирующих систем при разработке новых продуктов [Электронный ресурс] // Дата обращения 26.05.2016: <http://www.metodolog.ru/00919/00919.html/>,
55. Кудрявцев А.В. Тонкая структура идеальной модели ТС. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.metodolog.ru>
56. Создание теплозащитной многокомплектной спецодежды с учетом различных условий эксплуатации// [Электронный ресурс: <http://www.cniishp.ru/>]. – [2008].
57. Трещалин М.Ю аналитический метод расчета оптимальных параметров нетканых текстильных материалов технического назначения// GISAP. 2016. С. 15 — 17
58. Тюменев Ю. Я., Трещалина А. В., Назарова Ю. В., Трещалин М. Ю. Совершенствование методов расчета и оценки теплоизоляционных свойств нетканых материалов // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса 2009. С. 32—39
59. Создание теплозащитной многокомплектной спецодежды с учетом различных условий эксплуатации [Электронный ресурс // Дата обращения 26.05.2016: [<http://www.cniishp.ru/>]. – [2008].
60. Тошева Г. Д., Кенжаев Н. И. Совершенствование процесса проектирования одежды на основе компьютерных технологий // Молодой ученый. 2016. №2. С. 245—247
61. Пат. 2469135 С1 Российская Федерация, МПК А41D31/02. Конструкция теплозащитного пакета с регулируемой толщиной / Л. А. Бекмурзаев,

Е. В. Назаренко, Т.В. Денисова, И. Ю. Кузнецова, заявитель и патентообладатель ЮРГУЭС. – № 2011130351/12; заявл. 20.07.2011; опубл. 10.12.2012. – 6 с.

62. Бекмурзаев Л.А. Проектирование изделий с объемными материалами: Монография. — Шахты: ЮРГУЭС, 2001 г., ил., стр.49—51

63. Л.А.Бекмурзаев, Т.В.Денисова, монография: Исследование материалов и проектирование швейных изделий на базе композиционных систем [Текст], — Шахты: Изд—во ЮРГУЭС, 2009. — 125 с.

64. Бекмурзаев Л.А., Денисова Т.В., Назаренко Е.В., Кузнецова И.Ю. Трансформируемая конструкция теплозащитного пакета как средство оперативного регулирования условий теплового комфорта // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3.; URL: <http://science—education.ru/ru/article/view?id=13216>

65. Шпаковский Н. А. Деревья эволюции. Анализ технической информации и генерация новых идей// Изд—во: НИИ школьных технологий, ТРИЗ—профи, Пульс, 2008

66. Бунькова Т. О. Исследование и оценка характеристик влагопереноса материалов для госпитальной одежды // Молодой ученый. — 2010. — №12. Т.1. — С. 13 —16.

67. Пашков С.К. Исследование свойств хлопчатобумажной ткани и рекомендации по ее применению// Moscow State University. С. 3

68. Каюмова Р.Ф., Будеева О.Н. Анализ комфортности и удобства специальной одежды для нефтяников// Международный научно—исследовательский журнал № 05 (59) Часть 3 2017. С. 50—51

69. Гаврилова О. Е., Никитина Л. Л. Особенности проектирования и изготовления изделий легкой промышленности из современных комплексных полимерных материалов // Вестник Казанского технологического университета 2013. С.136—140

70. Бунькова Т.О., Глушкова Т.В. Исследование транспорта жидкой влаги текстильными материалами. Новое в технике и технологии текстильной и легкой

промышленности: материалы международной научной конференции, Витебск, ноябрь 2009г. В 2 ч. Ч.1 // УО «ВГТУ». – Витебск: УО «ВГТУ», 2009. – с.291—293.

71. Вершинина А.В., Ионова М.Х., Кирсанова Е.А. Исследование гигиенических свойств материалов и их пакетов, применяемых для детской одежды. // Инновационное развитие легкой промышленности. – М.: ФГБОУ ВО «КНИТУ», 2017. – С. 9—12.

72. Делль Р.А. Гигиена одежды: Учеб. пособие для вузов / Р.А. Делль, Р.Ф. Афанасьева, З.С. Чубарова — М.: Легпромбытиздат, 1991. — 160 с.

73. Кирсанова Е.А. Методологические основы оценки и прогнозирования свойств текстильных материалов для создания одежды заданной формы: Дис. д-ра техн. наук: 05.19.01: Москва, 2003 380 с.

74. Кирюхин С.М., Плеханова С.В. Особенности оценки качества текстильных материалов // Дизайн и технологии. 2017. № 60, с 64—65

75. Роберт С. Каплан, Дейвид С. Нортон Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию// Изд.: Олимп—Бизнес, 2006, с. 29

76. Гроссман М.Р. Современные нетканые материалы как утеплители для швейных изделий / М.Р. Гроссман, Л. А. Семенова // ж. «Рынок легкой промышленности» — М.: 2002 — №25

77. Шеромова И.А., Конфекционирование материалов для одежды [Электронный ресурс] // Дата обращения 26.12.2016: [http://abc.vvsu.ru/Books/konfecmater_kp/page0001.asp]

78. Г. А. Гарифуллина Особенности технологической обработки швейных изделий из полиэфирных волокон // Вестник Казанского технологического университета 2015. С. 160—163

79. Егорова Е.А. История развития химических волокон Белоруси /сост. И.И. Жмыхов, Е.А. Егорова —Могилев: МГУП, 2010. —157с.

80. И. Ш. Абдуллин, Р. Г. Ибрагимов, О. В. Зайцева, В. В. Вишневский, Н. В. Осипов Современные ткани с мембранным покрытием// Вестник Казанского технологического университета 2014 С.37—41

81. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов — М.: Легкая индустрия, 1974. — 248 с.
82. Ю. А. Коваленко, О. Е. Гаврилова Особенности проектирования швейных изделий из комплексных полимерных материалов // Вестник Казанского технологического университета 2011 с. 330— 333
83. Саламатова С.М. Конструирование одежды из различных видов материалов: Учебник. — Кишинэу: ТУМ, 2011. — 230 с.
84. Мишаков В.Ю., Советников Д.А., Павлов М.А., Кирсанова Е.А. (2017) Разработка метода анализа и расчета эффективного коэффициента теплопроводности нетканого теплоизоляционного материала // *Theoretical & Applied Science*. 2017. № 7 (51). С. 21—27
85. Костомаров С.А., Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Валуев В.С. Бызова Е.В. (2017) Разработка алгоритма оценки качества тканей специального назначения для защиты от кислот и щелочей алгоритм// *Дизайн и технологии* № 61 (103). — 2017. — С. 53—57
86. V. I. Besshaposhnikova, S. V. Rode, L. A. Lipatova, I. N. Zhagrina, V. I. Lobov Characteristics of Structure Formation in Temperature—Regulated Textile Materials//*Fiber chemistry*— №1, 2017. p. 49—52
87. Золотцева Л.В., Чаленко Е.А., Трутнева Н.Е. Концепция разработки метода проектирования верхней женской одежды на индивидуального потребителя в условиях промышленного производства. // *Дизайн и технологии* № 59 (101). — 2017. — с. 53—58
88. (2017) Информационно—аналитический отчет. Анализ мирового опыта развития промышленности и подходов к цифровой трансформации промышленности государств членов Евразийского экономического союза. (Малов А.Ю., Иванов М.О.) Москва, 2017. Источник: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom/SiteAssets/Pages/\(Accessed: 10.01.2017\)](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom/SiteAssets/Pages/(Accessed: 10.01.2017))

89. Немирова Л. Ф. Разработка метода автоматизированного подбора материалов для одежды: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.19.01 / М. МТИЛП, 1993. -21 с.

90. Мирончик Е.В. Автоматизация подбора материалов для одежды на основе аналитических методик: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.13.12 / ОГИС, 2010. -21 с.

91. Бузов, Б. А. Разработка методов оценки качества материалов для изделий, используемых при пониженных температурах: автореф., дис. докт. техн. наук: 05.19.01. / Моск. текстильный институт легкой промышленности. -М., 1985. -48 с.

92. Сокова Г. Г. Теоретические и практические аспекты автоматизированного анализа и проектирования льняных тканей: автореф., дис. докт. техн. наук: 05.19.02 / Костромской гос. технологический ун-т. Кострома, 2009. -30 с.

93. Kantureeva Mansiya, Zakirova Alma // The Methodology of Expert Systems. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.14 No.2, 2014. p. 62— 66

94. E.W.T. Ngai, S. Peng (2014) Decision support and intelligent systems in the textile and apparel supply chain: An academic review of research articles. Expert Systems with Applications 41 2014 p. 81–91

95. Павлов М.А., Кирсанова Е.А. (2015) Разработка фасетной классификации материалов // Материалы докладов 48 Международной научно—технической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50—летию университета 2015.Том 2 – с. 341–342.

96. Кирсанова Е.А., Павлов М.А., Демская А.А (2016) Идентификация элементов баз данных и производственных задач конфекционирования материалов для женских жакетов // Дизайн и технологии. 2016. № 55 (97). с. 46—51

97. (2011) Альтшуллер Г. С. Найти идею: Введение в ТРИЗ — теорию решения изобретательских задач / Генрих Альтшуллер. — 4—е изд. —М.: Альпина Паблшерз, 2011. — 400 с.

98. Пашковский И. К вопросу о разработке базы данных о прогрессивных технологических процессах повышения работоспособности деталей бытовых машин // Сервис в России и за рубежом 2012 с. 249—273

99. Павлов М.А., Кирсанова Е.А., Вершинина А.В. Программный комплекс по проектированию и выбору пакетов и материалов легкой промышленности // Theoretical & Applied Science. 2018. № 1 (57). С. 186—190.

100. Кирсанова Е.А., Вершинина А.В., Павлов М.А. Особенности оценки свойств материалов для трансформируемой и видоизменяемой одежды \ в сборнике: инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности материалы докладов международной научно—технической конференции, посвященной Году науки. Витебский государственный технологический университет. 2017. С. 49—51.

101. Советников Д.А., Мишаков В.Ю., Павлов М.А., Кирсанова Е.А., Трещалин Ю.М. Теоретическое исследование волокнистых материалов с целью расчета и прогнозирования теплофизических свойств \ Дизайн и технологии. 2017. № 57 (99). С. 86—91.

102. Мишаков В.Ю., Советников Д.А., Павлов М.А., Кирсанова Е.А. Разработка метода анализа и расчета эффективного коэффициента теплопроводности нетканого теплоизоляционного материала // Theoretical & Applied Science. 2017. № 7 (51). С. 21—27.

103. Кирсанова Е.А., Павлов М.А., Демская А.А. Идентификация элементов баз данных и производственных задач конфекционирования материалов для женских жакетов // Дизайн и технологии. 2016. № 55 (97). С. 46—51.

104. Ионова М.Х., Павлов М.А., Кирсанова Е.А. Исследование кинетики температуры и влажности в теплозащитной одежде // В сборнике: Академическая наука — проблемы и достижения Материалы VII международной научно—практической конференции. 2015. С. 192—194.

105. Павлов М.А., Кирсанова Е.А. Разработка фасетной классификации материалов // В сборнике: Материалы докладов 48 Международной научно—

технической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50—летию университета в 2 т. Витебский государственный технологический университет. 2015. С. 341—342.

106. Павлов М.А., Вершинина А.В., Кирсанова Е.А. Определение параметров конструктивно—декоративных деталей трансформируемой одежды с учётом свойств материалов // Новая наука: Опыт, традиции, инновации. 2015. № 3. С. 72—75.

107. Кирсанова Е.А., Чаленко Е.А., Павлов М.А. Проектирование новых многокомпонентных материалов с использованием математического моделирования // Моделирование и оптимизация химико—технологических процессов и систем: сборник статей; М—во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун—т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. – С. 98—102

108. Кирсанова Е. А., Чаленко Е. А., Павлов М. А. Конфекционирование высокотехнологичных материалов для изделий лёгкой промышленности // II Международная научно—практическая конференция «Модели инновационного развития текстильной и легкой промышленности на базе интеграции университетской науки и индустрии. Образование—наука—производство»: сборник статей. 23—25 марта 2016 г.; М—во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун—т. – Казань: Изд—во КНИТУ, 2016. С 132—135

109. Schoeller—PCM / Comfortemp / Outlast—Thermocules [Электронный ресурс] // Дата обращения 26.7.2017: [<http://avto—jack.ru/materials/Schoeller—PCM/>]

110. Установка для измерения теплопроводности материалов легкой промышленности / Е. Ю. Шампаров, С. В. Родэ, И.Н. Жагина, М.П. Григорян // Дизайн и технологии. — 2015. — №46. С.72-76

111. Russel H. W. Journal American Ceram. Society, №18, p. 1–5, 1935.

112. Чудновский А. Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. – М.: Изд. физ.-мат. литературы, 1962, 456 с.

113. Лыков А. В. Тепломассообмен. Справочник. – М.: Энергия, 1978, 560 с.

114. Волкова В. Н. Теория систем и системный анализ: учебник / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – М.: Юрайт, 2013. – 616 с.

115. Максименко, Р.В., Кирсанова Е.А. Исследования коэффициента упругости костюмных чистошерстяных тканей. //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. № 2 (362). С. 42-44

116. ГОСТ 10550-93. Материалы для одежды. Методы определения жесткости при изгибе. - М.: Изд-во стандартов, 1995. - 4 с.

117. ГОСТ 3816-81. Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. – М.: Стандартиформ, 1982. – 13 с.

118. ГОСТ 12023-2003 Материалы текстильные и изделия из них. Методы определения толщины. – М.: Стандартиформ, 2005. – 7 с.

119. ГОСТ 124287-2013 Материалы для одежды. Методы определения влаги. – М.: Стандартиформ, 2014. – 10 с.

120. ГОСТ 3811-72. Ткани и штучные изделия текстильные. Методы определения размеров и массы. –М.: Изд-во стандартов, 1972. – 9 с.

121. ГОСТ 22900-78. Методы определения паропроницаемости и влагопоглощения. М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 8 с.

122. Сильчева, Л. В. Современные подходы к проектированию трансформируемой одежды // Сервис в России и за рубежом, 2014. – № 1 – С. 28-39.

123. Кирсанова, Е.А. Державин Э.В. Трансдисциплинарный подход и системный анализ в материаловедческих исследованиях // Дизайн и технологии – 2009. – № 13(55). – С. 84-98.

124. Габович Р.Д., Познанский С.С., Шахбазян Г.Х. Гигиена // Вища школа. Киев, 1984. - 320 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица А.1 применения приемов преодоления противоречий требований (сокращенный вариант таблицы Г.С.Альтшуллера)

Что ухудшается при изменении	9	15	16	19	20	24	25	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39
Что нужно изменить по условиям задачи	Скорость	Время действия подвижного объекта	Время действия неподвижного объекта	Затраты энергии и подвижным объектом	Затраты энергии и неподвижным объектом	Потери информации	Потери времени	Надежность	Точность измерения	Точность изготовления	Вредные факторы, действующие на объект	Вредные факторы самого объекта	Удобство изготовления	Удобство эксплуатации	Удобство ремонта	Адаптация, универсальность	Сложность устройства	Сложность контроля и измерения	Производительность
09. Скорость		3, 19, 5		15,		13, 26		11, 27,	1, 24	10,	1, 23	2, 24,	13, 1	13,	34, 2, 27	15, 10, 26	10, 4, 34	3, 34, 27, 16	-
15. Время действия подвижного объекта	3, 5			6,		10	20, 10,	11, 2, 13	3	3, 27, 16,	22, 15, 33,	16, 22	27, 1, 4	27	10, 27	1, 13	10, 4, 15	19,	19,
16. Время действия неподвижного объекта	-	-				10	20, 10, 16	34, 27, 6,	10, 26, 24	-	1, 33	22	10	1	1	2	-	25, 34, 6,	20, 10, 16,
19. Затраты энергии подвижным объектом	15	6,					19,	19, 11, 27	3, 1,	-	1, 6, 27	2, 6	26, 30	19,	1, 15,	15, 13, 16	2, 27,		
20. Затраты энергии неподвижным объектом	-	-						10, 23	-	-	10, 2, 22,	19, 22,	1, 4	-	-	-	-	19, 16, 25	1, 6
24. Потери информации	26,	10	10				24, 26,	10, 23	-	-	22, 10, 1	10, 22		27, 22	-	-	-	33	13, 23, 15
25. Потери времени	-	20, 10,	20, 10, 16	19,	1	24, 26,		10, 30, 4	24, 34,	24, 26,	34	22,	34, 4	4, 10, 34	1, 10		6,	10	-
27. Надежность	11,	2, 3, 25	34, 27, 6,	11, 27, 19,	23	10,	10, 30, 4		3, 11, 23	11, 1	27, 2,	2, 26	-	27,	1, 11	13, 24	13, 1	27,	1,
28. Точность измерения	13, 24	6,	10, 26, 24	3, 6,			24, 34,	5, 11, 1, 23		-	24, 22, 26	3, 3, 10	6, 25,	1, 13, 34	1, 13, 11	13, 2	27, 10, 34	26, 24,	10, 34,
29. Точность изготовления	10,	3, 27,		2			26,	11, 1	-		26, 10,	4, 34, 26	-	1, 23	25, 10	-	26, 2,	-	10,
30. Вредные факторы, действующие на объект	22,	22, 15, 33,	1, 33	1, 24, 6, 27	10, 2, 22,	22, 10, 2	34	27, 24, 2,	33, 23, 26	26, 10,		-	24, 2	2, 25,	10, 2	11, 22,	22, 19,	22, 19,	22, 13, 24
31. Вредные факторы самого объекта	3, 23	15, 22, 33,	16, 22	2, 6	19, 22,	10,	1, 22	24, 2,	3, 33, 26	4, 34, 26	-		-	-	-	-	19, 1,	2, 27, 1	22,
32. Удобство изготовления	13, 1	27, 1, 4	16	26, 27, 1	1, 4	24, 16	34, 4	-	1,	-	24, 2	-		2, 5, 13, 16	1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 11, 1	1, 10,
33. Удобство эксплуатации	13, 34	3, 25	1, 16, 25	1, 13, 24		4, 10, 27, 22	4, 10, 34	27,	25, 13, 2, 34	1, 23	2, 25,	-	2, 5,		26, 1,	15, 34, 1, 16	26,	-	15, 1,
34. Удобство ремонта	34, 9	11, 27	1	15, 1, 16		-	1, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	10, 2, 16	-	1, 11, 10	1, 26, 15		7, 1, 4, 16	1, 13, 11	-	1, 10
35. Адаптация, универсальность	10,	13, 1,	2, 16	19, 13		-		13, 24	5, 1, 10	-	11,,	-	1, 13,	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4		15,	-	26, 6,
36. Сложность устройства	34, 10,	10, 4, 15		27, 2,		-	6,	13, 1	2, 26, 10, 34	26, 24,	22, 19,	19, 1	27, 26, 1, 13	27, 9, 26, 24	1, 13	15,		15, 10,	
37. Сложность контроля и измерения	3, 4, 16,	19, 25,	25, 34, 6		19, 16	33, 27, 22	9	27,	26, 24,	-	22, 19,	2,	5, 11,	2, 5	26	1, 15	15, 10,		
39. Производительность	-	10, 2,	20, 10, 16,	10, 19,	1	13, 15, 23		1, 10,	1, 10, 34,	1, 10	22, 13,	22,	2, 24	1, 7, 19,	1, 10, 25	1,	24	27, 2	-

Таблица Б.1 Выборка из списка приемов разрешения технических противоречий.

<p>1. ПРИНЦИП ДРОБЛЕНИЯ. а. Разделить объект на независимые части. б. Выполнить объект разборным. в. Увеличить степень дробления объекта.</p>	<p>2. ПРИНЦИП ВЫНЕСЕНИЯ. Отделить от объекта мешающую часть (мешающее свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть или нужное свойство. В отличие от Приема 1, в котором речь идет о делении объекта на равные части, здесь предлагается делить объект на разные части.</p>
<p>5. ПРИНЦИП ОБЪЕДИНЕНИЯ. а. Соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты. б. Объединить во времени однородные или смежные операции.</p>	<p>6. ПРИНЦИП УНИВЕРСАЛЬНОСТИ. Объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.</p>
<p>10. ПРИНЦИП ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ. а. Заранее выполнить требуемое действие (полностью или хотя бы частично). б. Заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затрат времени на доставку и с наиболее удобного места.</p>	<p>11. ПРИНЦИП "ЗАРАНЕЕ ПОДЛОЖЕННОЙ ПОДУШКИ". Компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами.</p>
<p>16. ПРИНЦИП ЧАСТИЧНОГО ИЛИ ИЗБЫТОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ. Если трудно получить 100% требуемого действия или эффекта, надо получить "чуть меньше" или "чуть больше" - задача при этом может существенно упроститься.</p>	<p>19. ПРИНЦИП ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ. а. Перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному). б. Если действие уже осуществляется периодически, изменить периодичность. в. Использовать паузы между импульсами для другого действия.</p>
<p>23. ПРИНЦИП ОБРАТНОЙ СВЯЗИ. а. Ввести обратную связь. б. Если обратная связь есть, изменить ее.</p>	<p>24. ПРИНЦИП "ПОСРЕДНИКА". а. Использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие. б. На время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект.</p>
<p>27. ДЕШЕВАЯ НЕДОЛГОВЕЧНОСТЬ ВЗАМЕН ДОРОГОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ. Заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступивших при этом некоторым качеством (например, долговечностью).</p>	<p>30. Принцип "ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБКИХ ОБОЛОЧЕК" а. Вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и пленки б. Изолировать объект от внешней среды при помощи гибких оболочек и тонких пленок</p>
<p>41. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАУЗ Одно действие "вставлено" в паузы другого действия</p>	<p>42. ПРИНЦИП МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ДЕЙСТВИЯ Эффективность действия наращивают путем последовательного применения группы однородных объектов.</p>

Продолжение таблицы Б.1

<p>3. ПРИНЦИП МЕСТНОГО КАЧЕСТВА.</p> <p>а. Перейти от однородной структуры объекта или внешней среды (внешнего воздействия) к неоднородной.</p> <p>б. Разные части объекта должны выполнять различные функции.</p> <p>в. Каждая часть объекта должна находиться в условиях наиболее благоприятных для ее работы.</p>	<p>4. ПРИНЦИП АСИММЕТРИИ.</p> <p>а. Перейти от симметричной формы объекта к асимметричной.</p> <p>б. Если объект уже асимметричен, увеличить степень асимметрии.</p>
<p>7. ПРИНЦИП "МАТРЕШКИ".</p> <p>а. Один объект размещен внутри другого, который в свою очередь, находится внутри третьего и т.д.</p> <p>б. Один объект проходит сквозь полость в другом объекте.</p>	<p>9. ПРИНЦИП ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АНТИДЕЙСТВИЯ.</p> <p>Если по условию задачи необходимо совершить какое-то действие, надо заранее совершить антидействие.</p>
<p>13. ПРИНЦИП "НАОБОРОТ".</p> <p>а. Вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие.</p> <p>б. Сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной, а неподвижную - движущейся.</p> <p>в. Перевернуть объект "вверх ногами", вывернуть его.</p>	<p>15. ПРИНЦИП ДИНАМИЧНОСТИ.</p> <p>а. Характеристики объекта или внешней среды должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы.</p> <p>б. Разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга.</p> <p>в. Если объект в целом неподвижен, сделать его подвижным, перемещающимся.</p>
<p>20. ПРИНЦИП НЕПРЕРЫВНОСТИ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ.</p> <p>а. Ввести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой).</p> <p>б. Устранить холостые и промежуточные ходы.</p>	<p>22. ПРИНЦИП "ОБРАТИТЬ ВРЕД В ПОЛЬЗУ".</p> <p>а. Использовать вредные факторы (в частности? вредные воздействия среды) для получения положительного эффекта.</p> <p>б. Устранить вредный фактор за счет сложения с другими вредными факторами.</p> <p>в. Усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.</p>
<p>25. ПРИНЦИП САМООБСЛУЖИВАНИЯ.</p> <p>а. Объект должен сам себя обслуживать, выполнять вспомогательные и ремонтные операции.</p> <p>б. Использовать отходы (энергии, вещества).</p>	<p>26. ПРИНЦИП КОПИРОВАНИЯ.</p> <p>а. Вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии.</p> <p>б. Заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями). Использовать при этом изменение масштаба (увеличить или уменьшить копии).</p> <p>в. Если используются видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным или ультрафиолетовым.</p>
<p>33. ПРИНЦИП ОДНОРОДНОСТИ.</p> <p>Объекты, взаимодействующие с данным объектом, должны быть сделаны из того же материала (или близкого ему по свойствам).</p>	<p>34. ПРИНЦИП ОТБРОСА И РЕГЕНЕРАЦИИ ЧАСТЕЙ.</p> <p>а. Выполнившая свое назначение или ставшая ненужной часть объекта должна быть отброшена (растворена, испарена и т.д.) или видоизменена непосредственно в ходе работы.</p> <p>б. Расходуемые части объекта должны быть восстановлены непосредственно в ходе работы.</p>
<p>44. ПРИМЕНЕНИЕ ВСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ</p> <p>а) Трудности, связанные с изготовлением объекта, преодолевают, изготавливая часть объекта отдельно и присоединяя эту часть к основной части изготавливаемого объекта.</p> <p>б) Вставку используют только на время изготовления объекта, а затем удаляют (этот подприём близок к приёму № 34).</p>	<p>45. БИ-ПРИНЦИП</p> <p>Используя одновременно два однотипных объекта с разными количественными характеристиками, можно получить качественно новый эффект (напр., биметаллические пластинки; биения, возникающие при сложении двух колебаний, и т.д.).</p> <p>50. ПРИНЦИП САМООРГАНИЗАЦИИ</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Характеристика теплового состояния человека (мужчины) и теплозащитных свойств комплекта одежды в условиях движения и ветра при $t_{в} = -10^{\circ} \text{C}$, $v_{в} = 6 \text{ м/сек}$, $M = 183 \text{ Вт}$.
 Воздухопроницаемость одежды $100 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сек}$ (направление ветра — в правое плечо сзади)

Участки поверхности тела	Поверхность участка S_i , % к общей поверхности тела $S_{общ}$	Поверхность участка S_i , % ко всей площади тела, защищенной одеждой	Величина теплового потока на участке i , Вт	Температура поверхности тела на участке i , $^{\circ}\text{C}$	Коэффициент распределения тепловых потоков по участкам тела i	Суммарное тепловое сопротивление одежды на участке i	Фактическая толщина одежды на участке i , мм	Количество слоев на участке i	Тепловое сопротивление теплоотдачи с поверхности одежды на участке i	Тепловое сопротивление материала одежды на участке i	Тепловое сопротивление воздушных прослоек одежды на участке i	Общая толщина воздушных прослоек в одежде на участке i , мм	Общее количество воздушных прослоек в одежде на участке i	Усредненная толщина воздушных прослоек на участке i , мм	Удельный вес тепловых сопротивлений материалов в теплоизоляции одежды
Голова и прилегающая половина шеи	7,36	4,5	88,6	34,1	0,660	0,465	19,5	3	0,439	0,323	0,116	—	3	74	26
Туловище и прилегающая половина шеи	35,5	36,7	75,2	32,9	0,550	0,567	14,1	9	0,542	0,233	0,309	—	9	43	57
Плечо и предплечье (рука)	13,4	13,7	133,5	22,8	1,040	0,245	14,1	9	0,220	0,233	0,014	—	9	106	6
Кисть	4,5	4,6	140,0	30,6	1,080	0,291	7,5	1	0,265	0,124	0,141	—	1	47	53
Бедро и ягодица	20,3	21,0	163,0	30,1	1,260	0,247	11,3	7	0,221	0,187	0,034	—	7	84	16
Голень	12,5	12,9	208	28,0	1,590	0,182	4,52	3	0,157	0,075	0,082	—	3	48	52
Стопа	6,44	6,6	185,6	26,9	1,430	0,198	1,86	3	0,172	0,031	0,141	—	3	18	82
Средневзвешенные значения с учетом обнаженных участков тела . .	—	—	130,0	29,0	—	0,302	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Средневзвешенные значения без учета обнаженных участков тела . .	—	—	130,0	29,0	—	0,302	11,3	—	0,276	0,187	0,089	8,4	—	68	32



Общество с ограниченной ответственностью "Аутсорсинг трейд"

109341, Москва г, Мячковский б-р,
дом 8, корпус 3

Телефон: (499) 709-90-14
E-mail: info@itradmin.ru

Исх. № 12-9/17 от 11.12.2017

**Акт о внедрении программного обеспечения
«Программный комплекс по проектированию и выбору пакетов и
материалов легкой промышленности»**

Разработчик (Ф.И.О.): Павлов Максим Андреевич

Основание для разработки: систематизация данных и повышение эффективности производства.

Где внедрено: ООО «Аутсорсинг трейд»

Форма внедрения: Разработка программного обеспечения на языке программирования C++ с применением реляционной системы управления базами данных MySQL для сбора информации для дальнейшей обработки и анализа, ведения нормативно - справочной информации.

Сроки внедрения: октябрь – ноябрь 2017 г.

Результаты применения:

- а) сокращение времени на обработку данных за счет их систематизации;
- б) сокращение риска утечки конфиденциальной информации за счет возможности ограничения прав пользователей;
- в) получение удобного доступа к данным в режиме реального времени;
- г) повышение производительности труда;
- д) сокращение потери доходов за счет повышения оперативности и точности контроля.

Замечания, предложения:

Получены положительные отзывы от пользователя – заказчика программного продукта.

Генеральный директор _____



_____ Колосов Ю.А.

Утверждаю
Генеральный директор
ООО «Изобилие стиля»
Веселова О.В.



АКТ

промышленной апробации пакетов материалов для деталей утепленной одежды на ООО «Изобилие стиля», полученной по результатам исследований Павлова М.А. на тему «Разработка и исследование комплексных материалов для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях».

14 сентября 2015 г.

Комиссия в составе: председателя Ткаченко О.В. и члена комиссии: Филиппова Д.А. составили настоящий акт о том, что на предприятии ООО «Изобилие стиля» проведена апробация разработанных пакетов и материалов для теплозащитных изделий. Параметры пакетов определены в научных исследованиях диссертационной работы Павлова Максима Андреевича на тему «Разработка и исследование комплексных материалов для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях». На основе предоставленных Павловым М.А. теплоизолирующих прокладочных материалов были изготовлены образцы утепленных рукавиц.

Комиссия отмечает, что при использовании предложенных материалов не требуется переоснащения технологического процесса, а также при изготовлении такого вида изделий, их материалоемкость снизилась в среднем на 5%, что позволяет выпускать более легкие изделия, не снижая их теплозащитных характеристик. Изготовленные образцы имели устойчивую форму, сохраняющуюся при работе, снятии и надевании рукавиц.

Председатель комиссии:
зав. производством

Ткаченко О.В..

Члены комиссии:
технолог цеха

Филиппова Д.А.