

На правах рукописи



НУРИАХМЕТОВА ЭЛЬВИРА РАУФОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ С УЧЕТОМ
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ
ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕТЕЙ С ЗАБОЛЕВАНИЕМ ДЕТСКИЙ
ЦЕРЕБРАЛЬНЫЙ ПАРАЛИЧ**

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Казань 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Научный руководитель: **Тихонова Наталья Васильевна**, доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Чагина Любовь Леонидовна**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромской государственный университет», профессор кафедры дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров;
Абрамов Антон Вячеславович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский Государственный Университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», профессор кафедры материаловедения и товарной экспертизы

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет».

Защита диссертации состоится «18» апреля 2024 года в 12.30 часов на заседании диссертационного совета 24.2.312.12, созданного на базе ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», по адресу: 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, зал заседаний Ученого совета, А-330.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» и на сайте <https://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=487201>.

Отзывы на автореферат и диссертацию в 2-х экземплярах с подписями, заверенными печатью, просим направлять по адресу: 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, ФГБОУ ВО «КНИТУ», ученому секретарю диссертационного совета 24.2.312.12. В отзыве указываются фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень с указанием специальности, ученое звание, наименование организации и должность лица, представившего отзыв, с указанием структурного подразделения, почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты (при наличии) (п. 28 Положения о присуждении ученых степеней).

Автореферат разослан «__» _____ 2024 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук



Н.В. Тихонова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. По данным Всемирной организации здравоохранения ежегодно наблюдается прирост лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Особого внимания заслуживает проблема адаптации в социальной среде детей-инвалидов. Одним из наиболее распространенных заболеваний среди детей с ОВЗ является детский церебральный паралич (ДЦП) и, к сожалению, число детей, рожденных с ДЦП, с каждым годом только увеличивается. Данное заболевание оказывает качественное влияние на физиологические и антропометрические особенности развития, обменные процессы и метаболизм детей.

К одежде для детей с диагнозом ДЦП должны предъявляться особые требования, как по конструктивному решению, так и по составу пакетов материалов, что прежде всего необходимо учитывать при разработке теплозащитной одежды. Важность подбора оптимального пакета материалов при проектировании теплозащитной одежды для детей с ДЦП также обусловлена запретом СанПиН на применение в детских изделиях электрических и других нагревательных элементов.

Диссертационная работа направлена на решение актуальной задачи разработки теплозащитной одежды для детей с заболеванием ДЦП, обеспечивающей комфорт в пододежном пространстве, улучшенные теплофизические и гигиенические свойства.

Степень разработанности темы исследования. Вклад в развитие темы разработки адаптивной одежды для лиц с ограниченными возможностями здоровья внесли такие исследователи, как Савельева Н.Ю., Харлова О.Н., Бикбулатова А.Х., Андреева Е.Г., Будеева О.Н., Кирсанова Е.А., Вершинина А.В., Чагина Л.Л., Абрамов А.В. и др.

На мировом рынке присутствуют крупные производители одежды для людей с ОВЗ, в том числе для детей с ДЦП, при этом наблюдается дефицит теплозащитной одежды. На рынке России теплозащитная адаптивная одежда производится преимущественно мелкими сериями и по индивидуальным заказам. На сегодняшний день отсутствуют единые требования к подбору пакетов материалов и конструкции подобной одежды.

Представленная работа продолжает научное направление по созданию функциональных материалов и изделий легкой промышленности и предлагает его развитие в сторону прикладных исследований адаптивной одежды и обуви.

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет». Автором при работе над диссертацией использовались методики и аналитическое оборудование центра коллективного пользования «Нанотехнологии и наноматериалы» (ЦКП «Нанотехнологии и наноматериалы») ФГБОУ ВО «КНИТУ».

В диссертационной работе изложены результаты научных исследований автора с 2020 по 2023 гг. в области испытаний пакетов материалов и проектирования теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП.

Область исследования соответствует научной специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности: п.1.1.

Развитие процессов и методов художественного проектирования ИТЛП на основе рациональной размерной типологии населения, требований ЕСКД, современных информационных технологий, творческих источников и направлений моды; п. 12. Антропобиомеханические основы и закономерности в антропометрических данных для построения рациональной внутренней, внешней форм и деталей конструкции при проектировании ИТЛП в цифровой и реальной среде; п. 13. Разработка оптимальных структур, конструкций, материалов и ИТЛП для снижения затрат на организацию их производства, повышения качества продукции и оптимизации процесса работы технологического оборудования.

Цели и задачи. Целью работы является проектирование теплозащитной одежды для детей с заболеванием детский церебральный паралич с учетом их физиологических и антропометрических особенностей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Выявить состояние и перспективы развития производства теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП с учётом их физиологических и антропометрических особенностей.
2. Обосновать выбор объектов и методов исследования.
3. Разработать критерии подбора оптимальных пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП на основе исследований теплового излучения тела и комплекса свойств современных материалов.
4. Спроектировать рациональные конструктивно-технологические решения теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП.

Научная новизна работы.

1. Экспериментально подтверждено, что особенностью теплового излучения поверхности тела детей с диагнозом ДЦП является асимметрия его излучения по площади тела и пониженная температура конечностей.
2. Экспериментально установлено, что для детей с диагнозом ДЦП необходимо суммарное тепловое сопротивление пакета материалов теплозащитной одежды не менее $0,792 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, что превосходит нормативно-технические требования к верхней утепленной одежде.
3. Разработаны критерии оптимизации пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП, включающие показатели: суммарного теплового сопротивления, воздухопроницаемости, паропроницаемости, поверхностной плотности и толщины.
4. Выявлены антропометрические особенности детей с диагнозом ДЦП необходимые для проектирования рациональной конструкции теплозащитной одежды.

Теоретическая и практическая значимость работы.

1. Установлены показатели свойств оптимального пакета материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП, а именно: воздухопроницаемости от 9,2 до 82,8 $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; паропроницаемости не менее $70 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$; суммарного теплового сопротивления не менее $0,792 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$; поверхностной плотности не более $0,72 \text{ кг/м}^2$; толщины от 19 до 25 мм.

2. Разработаны рациональные членения деталей, рациональные конструкции и требования к технологической обработке узлов детской теплозащитной одежды с учетом антропометрических особенностей тела детей с диагнозом ДЦП.

3. На основе опытной носки подтверждено, что разработанный образец теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП, обеспечивает термальный комфорт при прогулке в коляске в течение более 1 ч и температуре воздуха до -15 °С, высокие эксплуатационные и гигиенические свойства.

4. Обоснована экономическая эффективность производства теплозащитной одежды для детей с заболеванием ДЦП на основе оптимальной конструкции пакетов материалов. Годовой экономический эффект от внедрения новой продукции составит 8,2 млн. рублей.

Результаты диссертационной работы успешно прошли испытания в АО «Казанский химический научно-исследовательский институт» (г. Казань) и внедрены в производство ООО «Харизма» (г. Казань). Получены акты о проведении совместных исследований с ГАУСО «Реабилитационный центр для детей и подростков с ограниченными возможностями «Солнечный» (г. Казань).

Объекты исследования: антропометрические показатели тела детей с диагнозом ДЦП, включая основные размерные признаки, температура поверхности тела, образцы и макеты теплозащитной одежды; материалы и пакеты материалов для теплозащитной одежды

Методология и методы исследований. В ходе выполнения работы использовали стандартные и специальные методики испытаний текстильных материалов и образцов теплозащитной одежды, методы антропометрических измерений, методы статистической обработки экспериментальных данных.

Паропроницаемость определяли по ГОСТ 22900-78; разрывную нагрузку и относительное удлинение текстильной основы – по ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82); усилие при раздире ГОСТ ISO 13937-2-2022; пиллингуемость ГОСТ 14326-73; водупорность ГОСТ Р 51553-99; напряженность электростатического поля ГОСТ 32995-2014; паропроницаемость ГОСТ 30568-98; воздухопроницаемость ГОСТ ISO 9237-2013; суммарное тепловое сопротивление ГОСТ 20489-75. При исследовании теплообмена у детей с диагнозом ДЦП использовался тепловизор инфракрасного излучения (Xintest НТ-18). Расчеты проводились по методикам П.А. Колесникова и Е.М. Беркович.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Результаты экспериментальных исследований физиологических особенностей по показателю теплового излучения поверхности тела здоровых детей и детей с диагнозом ДЦП для создания оптимального пакета утепляющих материалов.

2. Результаты антропометрических исследований размерных признаков фигур детей с диагнозом ДЦП для проектирования рациональной конструкции теплозащитной одежды.

3. Результаты экспериментальных исследований эксплуатационных свойств материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП, позволяющие установить комплекс требований к оптимальному пакету материалов.

4. Рациональные конструктивно-технологические решения теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП, учитывающие их физиологические и антропометрические особенности.

5. Результаты опытной носки разработанного образца теплозащитной одежды, подтверждающие комфортные теплоощущения ребенка с диагнозом ДЦП.

Достоверность полученных результатов и выводов подтверждается использованием апробированных методик испытаний согласно ГОСТ и современных инструментальных средств измерений физико-механических свойств, обеспечивающих высокий уровень точности данных. Обработку результатов экспериментальных исследований проводили с применением методов математической статистики.

Апробация работы и публикации. Результаты работы обсуждались на XVIII, XIX Всероссийской научно-практической конференции с элементами научной школы для студентов и молодых ученых «Новые технологии и материалы легкой промышленности» (Казань, 2022, 2023), Международной научно-практической конференции с международным участием «Легкая промышленность и сфера сервиса: проблемы и перспективы» (Омск, 2022), VIII Международной научно-практической конференции «Биотехнология и автоматизация обработки кожи и меха» (Улан-Удэ, 2022), Республиканской школе студентов и аспирантов «Жить в XXI веке» (Казань, 2021, 2022), Всероссийской научно-практической конференции «Молодежь. Наука. Творчество» (Омск, 2021, 2022), I Всероссийской конференции с международным участием «Современные методы получения материалов, обработки поверхности и нанесения покрытий» (Казань, 2023), I Всероссийской конференции ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Новации в процессах проектирования и производства изделий легкой промышленности» (Казань, 2023).

Личный вклад автора в опубликованных в соавторстве работах состоит: в обосновании и выборе методов экспериментальных исследований; в проведении экспериментов и обобщении экспериментальных данных по разработке теплозащитной одежды с учетом физиологических и антропологических особенностей детей с заболеванием детский церебральный паралич.

Публикации. Результаты работы изложены в 14 печатных работах, в том числе в 4 статьях, рекомендованных ВАК РФ, остальные – в материалах конференций различного уровня.

Структура и объем работы: Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и приложений. В тексте приведены ссылки на 164 литературных источника. Работа изложена на 189 страницах машинописного текста, содержит 49 рисунков и 43 таблицы.

Выражаю глубокую благодарность к.п.н., доценту Коваленко Юлии Александровне, д.т.н., профессору Вознесенскому Эмилию Фаатовичу за помощь в определении направления исследования и обсуждении результатов работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлено обоснование актуальности темы диссертационной работы, поставлена цель и определены задачи для ее достижения, представлены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведена структура диссертационной работы.

В первой главе описаны классификации форм ДЦП у детей, рассмотрены причины возникновения и различные физиологические проявления этого заболевания. Проведен анализ требований к теплозащитной одежде для детей с ДЦП и изучен ассортимент детской адаптивной одежды, доступной на рынке. Сформулированы основные задачи диссертации.

Во второй главе обоснован выбор объектов исследования, приведены основные характеристики использованных текстильных материалов, описаны методы исследований и испытаний. Обоснован выбор методик, инструментов и оборудования для исследования теплообмена у детей с диагнозом ДЦП. Описаны методы статистической обработки результатов экспериментальных исследований.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований теплового излучения поверхности тела детей, страдающих заболеванием ДЦП. Приведены результаты экспериментальных исследований свойств верхних, утепляющих и подкладочных текстильных материалов, и пакетов из них. На основе полученных результатов предложены оптимальные пакеты материалов теплозащитной одежды для детей с ДЦП.

В результате исследований теплового излучения поверхности кожи здоровых детей и детей с диагнозом ДЦП получены значения температуры в локальных областях тела детей, и составлены схемы карт температуры поверхности кожи, представленные на рисунке 1.

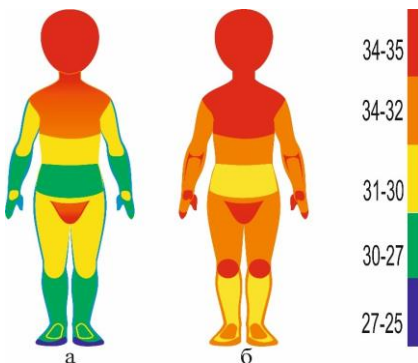


Рисунок 1 – Схема карты температуры поверхности кожи, °С: а) детей с диагнозом ДЦП, б) здоровых детей

Получены результаты средневзвешенной температуры поверхности кожи детей с диагнозом ДЦП $t_{с.к} = 31,5$ °С, при комнатных условиях с температурой воздуха 25°С. При сопоставлении полученных данных со шкалой теплоощущения человека, установлено, что теплоощущения ребенка с диагнозом ДЦП определяются как «прохладно».

С целью определения минимально необходимого значения суммарного теплового сопротивления теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП произведены расчеты их теплового состояния. Установлено, что при суммарных энергозатратах детей с диагнозом ДЦП $Q_{э,т} = 35,1$ Вт/м², теплотери радиацией составляют $Q_{рад} = 41,1$ Вт/м². Недостаток или избыток тепла в организме человека, обусловленный физиологическими процессами и реакциями на факторы окружающей среды, определяется величиной теплосодержания $Q_{т,с}$, что для детей с ДЦП составляет 119,7 кДж/кг. Рассчитана величина теплового потока, отражающая сумму потерь тепла радиацией и конвекцией в комфортных условиях составляющая $q_{сп} = 43,5$ Вт/м². Определено значение минимально необходимого суммарного теплового сопротивление всех пакетов материалов одежды для детей с диагнозом ДЦП $R_{сум} = 1,07$ (м²·°С)/Вт. За вычетом бельевого и второго слоев одежды суммарное тепловое сопротивление теплозащитной одежды третьего слоя для детей с диагнозом ДЦП составляет не менее 0,792 (м²·°С)/Вт.

Исходя из результатов измерений и расчетов проведен подбор оптимальных пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП на основе показателей потребительских и эксплуатационных свойств материалов верха, утеплителя и подкладки. В качестве материалов верха исследованы следующие плащевые материалы: ткань «Джинс» с мембранным покрытием 5000/5000, ткань «FINETEX» с мембранным покрытием 10000/8000, ткань «Президент» на флисе, ткань «Президент», ткань «Поликоттон»; в качестве утепляющих выбраны нетканые материалов следующих марок: «Шелтер Оптимум» 200 г/м², «Нипромтекс» 200 г/м², «Холлофайбер ПРОФИ» 400 г/м²; материалы подкладки: ткань подкладочная фольгированная, ткань «Лиссабон» из микрофибры, трикотажное полотно из микрофибры, ткань из микровискозы, ткань подкладочная из полиэстера.

Испытания материалов верха с мембранным покрытием показали высокие значения водоупорности, свыше 5000 мм.вод.ст. при недостаточных значениях воздухопроницаемости (менее 1 дм³/м²·с, при 100 Па). Воздухопроницаемость материалов в значительной степени влияет на теплозащитные свойства пакета. Для теплозащитной одежды воздухопроницаемость должна составлять не менее 70 дм³/м²·с. Данным критериям из материалов верха соответствуют плащевая ткань «Президент». Среди материалов подкладки наибольшей воздухопроницаемостью обладает трикотажное полотно из микрофибры.

Для обеспечения оптимального микроклимата необходимо, чтобы пакет материалов обеспечивал выведение паров из пододежного пространства, что определяется значениями паропроницаемости. Наибольшими значениями паропроницаемости среди материалов верха обладают плащевые ткани «Президент» (91,74 г/ч·м²) и «Президент» на флисе (90,92 г/ч·м²), среди подкладочных материалов

наибольшая паропроницаемость у трикотажного полотна из микрофибры ($124,51 \text{ г/ч}\cdot\text{м}^2$).

Основным требованием к утепляющим прокладочным материалам является показатель суммарного теплового сопротивления. Значения суммарного теплового сопротивления утепляющих материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения суммарного теплового сопротивления нетканых утепляющих материалов

Наименование материала	Результат испытаний, ($\text{м}^2\cdot\text{°C}$)/Вт	
	«спокойный воздух»	«обдув при 5 м/с»
Утепляющий нетканый материал марки «Шелтер Оптимум» 200 г/м^2	0,907	0,156
Утепляющий нетканый материал марки «Нимпромтекс Оптимум» 200 г/м^2	0,733	0,123
Утепляющий нетканый материал марки «Холлофайбер ПРОФИ» 400 г/м^2	1,739	0,484

Утепляющий материал «Нимпромтекс» 200 г/м^2 в процессе испытаний на паропроницаемость разрушился и в дальнейших исследованиях не применялся. Утепляющий материал «Холофайбер ПРОФИ» 400 г/м^2 может рекомендоваться в качестве утепляющей прокладки для теплозащитной одежды детей с диагнозом ДЦП, в зонах, нуждающихся в дополнительной тепловой защите, чтобы не утяжелять изделие.

Таким образом, экспериментально установлено, что для формирования оптимальных пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП целесообразно использовать: плащевые ткани «Президент» и «Поликоттон»; утепляющий нетканый материал марки «Шелтер Оптимум» 200 г/м^2 ; подкладочную фольгированную ткань и трикотажное полотно из микрофибры.

Из отобранных материалов составлена матрица пакетов (таблица 2). Пакеты материалов обозначаются индексами i , s и j , где i – материал верха, s – утепляющий материал (всегда 1 – утепляющий нетканый материал «Шелтер Оптимум»), j – подкладочный материал.

Таблица 2 – Матрица подбора пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП

Материал подкладки j Материал верха i	1 Ткань подкладочная фольгированная	2 Трикотажное полотно из микрофибры
1 Плащевая ткань «Президент»	111	112
2 Плащевая ткань «Поликоттон»	211	212

Для выбора оптимального пакета материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП исследованы сформированные, согласно матрице (таблица 2), пакеты.

Одним из важных показателей эргономичности теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП является вес изделия, в связи с чем при проектировании необходимо учитывать поверхностную плотность пакета материалов. Согласно требованиям к весу теплозащитной одежды для детей, он не должен превышать 10% от общей массы ребенка, поскольку средний вес детей в возрасте 8 лет составляет от 20 кг, то теплозащитные изделия должны иметь вес до 2 кг, что соответствует величине суммарной поверхностной плотности материалов около $0,72 \text{ кг/м}^2$ (при расходе материала $2,8 \text{ м}^2$). На основе проведенных исследований показано, что разработанный образец теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП имеет массу 1,4–1,5 кг.

Проведены исследования воздухопроницаемости пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП (рисунок 2).

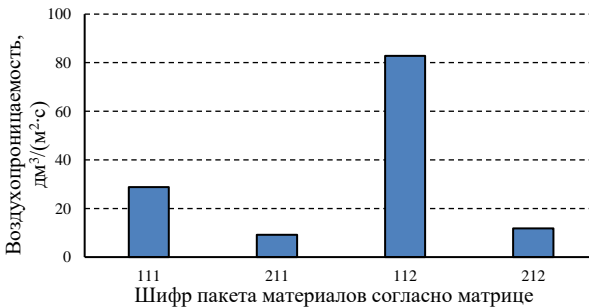


Рисунок 2 – Значения воздухопроницаемости пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП

При сравнительном анализе значений воздухопроницаемости пакетов материалов можно сделать вывод, что наименьшей воздухопроницаемостью обладают пакеты материалов под шифрами 211 и 212, а наибольшим значением воздухопроницаемости обладает пакет под шифром 112. Таким образом, наиболее оптимальной воздухопроницаемостью для участков тела, характеризующихся высокими теплотерями, обладают пакеты материалов под шифрами 211 и 212, для участков тела с повышенной температурой поверхности рекомендован пакет материалов под шифром 112.

Важным показателем для обеспечения комфорта теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП является паропроницаемость пакета материалов. Проведены испытания паропроницаемости выбранных пакетов материалов (рисунок 3).

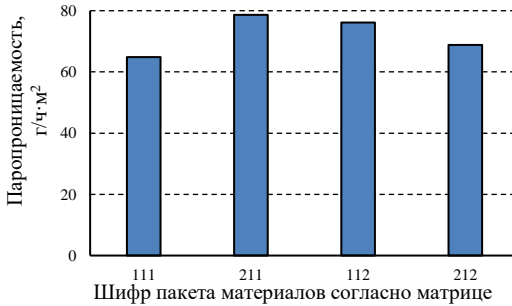


Рисунок 3 – Значения паропрооницаемости пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП

Из данных, представленных на рисунке 3, видно, что у всех рекомендуемых пакетов материалов паропрооницаемость колеблется в диапазоне от 64,87 до 78,63 г/ч·м². Наилучшим показателем паропрооницаемости обладает пакет под шифром 211, а наименьшим – пакет под шифром 111. Следовательно, наиболее оптимальными пакетами по воздухопроницаемости являются пакеты под шифрами 211, 112, и 212.

Определяющим параметром теплозащитной одежды является показатель суммарного теплового сопротивления (таблица 4).

Таблица 4 – Суммарное тепловое сопротивление рекомендуемых пакетов материалов

Шифр пакета материалов	Результат испытаний, м ² ·°C/Вт	
	«спокойный воздух»	«обдув при 5м/с»
111	0,7516	0,5909
112	1,0152	0,5341
211	0,9176	0,7629
212	0,9008	0,6013

На основе результатов расчета необходимого минимального суммарного теплового сопротивления пакета материалов третьего слоя теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП, установлено, что значение данного параметра должно составлять не менее 0,792 (м²·°C)/Вт, следовательно пакет под шифром 111 с суммарным тепловым сопротивлением 0,7516 (м²·°C)/Вт не удовлетворяет выявленным требованиям.

Таким образом, изделие с оптимальными теплозащитными свойствами может быть получено путем комбинирования трех пакетов материалов. Схема рационального комбинирования пакетов материалов представлена на рисунке 4.

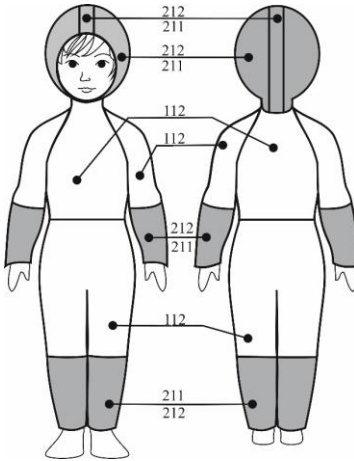


Рисунок 4 – Схема распределения оптимальных пакетов материалов в составе теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП

Исходя из полученных в ходе испытаний результатов и требований нормативных документов, установлены следующие критерии подбора пакетов материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП:

- воздухопроницаемость от 9,2 до 82,8 $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;
- паропроницаемость не менее 70 $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$;
- суммарное тепловое сопротивление не менее 0,792 $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ при спокойном воздухе, и не менее 0,53 $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ при обдуве 5 м/с;
- поверхностная плотность пакета материалов не более 0,72 $\text{кг}/\text{м}^2$;
- толщина пакета материалов не более 25 мм.

В четвертой главе представлена разработка конструкций теплозащитной одежды с учетом физиологических и антропометрических особенностей детей с ДЦП из подобранных пакетов материалов. На основе результатов экспериментальных исследований из сформированных оптимальных пакетов материалов изготовлен опытный образец теплозащитной одежды для детей с ДЦП, представлена оценка качества его теплофизических свойств в процессе опытной носки в естественных климатических условиях. Проведен расчет экономической эффективности от внедрения разработки в производство.

В ходе экспериментальной работы выделены общие конструктивные особенности и ряд специфичных членений и разъемов одежды третьего слоя, позволяющих адаптировать её к наиболее часто встречающимся особенностям детей с диагнозом ДЦП (рисунок 5а, б).

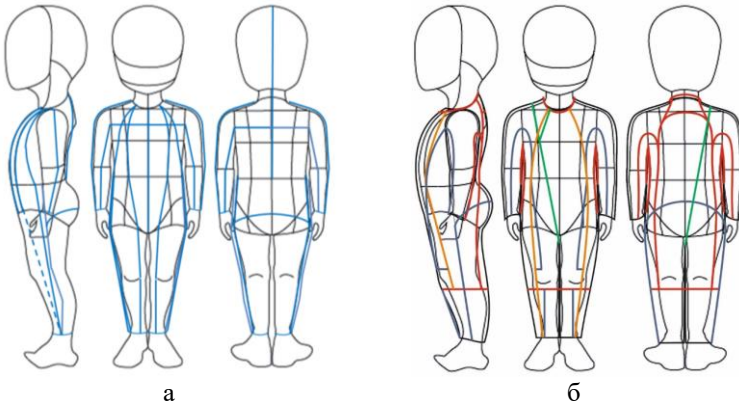


Рисунок 5 – Линии членений и разъемов одежды третьего слоя для детей с диагнозом ДЦП: а – типовые линии членений; б – рекомендуемые линии членений и разъемов

Для апробации конструктивных решений и испытания пакетов материалов в естественных условиях разработана модель комбинезона, представленная на рисунке 6.

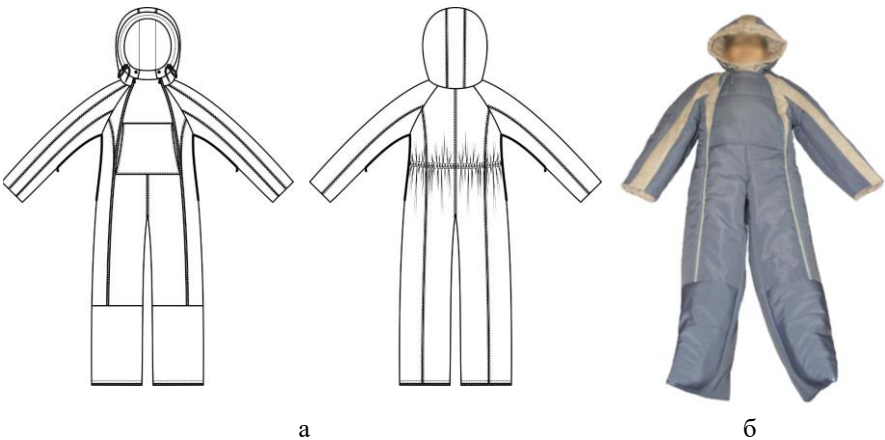


Рисунок 6 - Теплозащитный комбинезон для детей с диагнозом ДЦП: а - технический рисунок модели комбинезона, б – фото изготовленного образца

При проектировании конструкции изделия были учтены выявленные отклонения значений размерных признаков фигур детей с ДЦП от типовых значений, приведённых в ГОСТ 17917-86. В работе приведен расчет параметров конструкции и чертежи деталей комбинезона. Разработана технологическая последовательность изготовления изделия, соответствующая условиям производственного

процесса промышленного предприятия. Время изготовления изделия составляет 3,29 ч.

В рамках исследования проведена опытная носка разработанного теплозащитного комбинезона для детей с диагнозом ДЦП. Пакет изделия составляют: материалы верха - ткань плащевая «Президент» и ткань плащевая «Поликоттон»; материал прокладочный - утепляющий нетканый материал марки «Шелтер Оптима» плотность 200 г/м²; материал подкладки - трикотажное полотно.

Наблюдения за процессом носки изделия велись на протяжении 30 дней. Эксперимент проводится в естественных погодных условиях г. Казани согласно данным метеослужбы «Гисметео» при температуре воздуха от -19 °С до -11°С, ветер западный со скоростью 3-5 м/с, влажность воздуха 56-70 %, давление 744-765 мм рт.ст.

Перед началом опытной носки производились измерения температуры тела и температуры поверхности кожи ребенка с заболеванием ДЦП в комнатных условиях при температуре воздуха 25 °С. Средневзвешенная температура тела составила 31,21 °С.

Во время опытной носки, продолжительностью 1 час, изделие регулярно осматривали, фиксировали состояние носчика, температуру и влажность окружающей среды, температуру пододежного пространства. Замеры показателей влажности и температуры пододежного пространства (в областях: груди, плеч, запястья и голени), а также температуры поверхности теплозащитной одежды, производились каждые 10 минут, всего 7 замеров, первый из которых производился сразу после выхода из теплого помещения на улицу.

Значения влажности воздуха в пододежном пространстве по областям тела детей с диагнозом ДЦП представлены на рисунке 7.

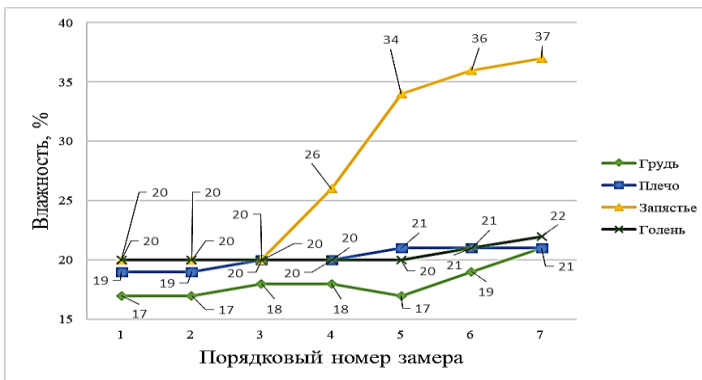


Рисунок 7 – Значения влажности воздуха в пододежном пространстве по областям тела детей с диагнозом ДЦП

По данным представленным на рисунке 6, заметна тенденция значительного увеличения влажности в области запястья. Такое увеличение можно объяснить частичным проникновением в пододежное пространство воздуха из атмосферы

окружающей среды, влияющего не только на температуру, но и влажность. Увеличение влажности также отмечалось в области груди (4%), голени (2%) и в плечевой области (2%).

Значения изменения температуры пододежного слоя по областям тела представлены на рисунке 8.

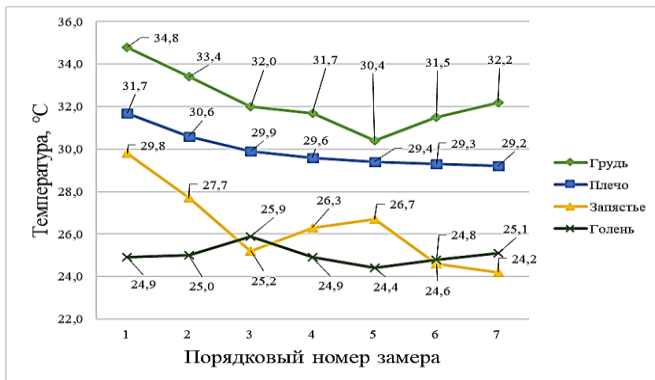


Рисунок 8 – Значения температуры воздуха в пододежном пространстве по областям тела детей с диагнозом ДЦП

В процессе опытной носки зафиксированы колебания температуры в пододежном пространстве во всех исследуемых областях тела. Наибольшие колебания температуры наблюдались в области груди и запястья.

В целях оценки теплового состояния ребенка с заболеванием ДЦП после опытной носки проведены замеры температуры поверхности кожи носика и произведены расчеты средневзвешенной температуры кожи, значения которой равны 32,46 °C.

Сопоставляя средневзвешенную температуру тела до и после опытной носки, можно сделать вывод, что до опытной носки изделия при средневзвешенной температуре кожи равной 31,21 °C теплоощущение определяется как «прохладное», а при средневзвешенной температуре кожи после опытной носки равной 32,46 °C, теплоощущение определяется как «комфортное». Так как средневзвешенная температура кожи после опытной носки увеличилась на 1,25 °C, следовательно, можно сделать вывод о соответствии изготовленного теплозащитного комбинезона для детей с диагнозом ДЦП предъявляемым требованиям к теплофизическим свойствам.

Годовой экономический эффект от внедрения предложенного теплозащитного изделия для детей с диагнозом ДЦП в производство при объеме выпуска 6360 изделий составляет: 8 230 205,84 рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа ассортимента представленной на рынке адаптивной одежды и требований к теплозащитной одежде для детей с диагнозом ДЦП продемонстрирована актуальность исследований и разработок в данной области.

2. Проведен выбор объектов и методов исследования.

3. На основе результатов экспериментальных и теоретических исследований:

- выявлены особенности теплового излучения поверхности тела детей с диагнозом ДЦП, заключающиеся в асимметрии излучения и в дефиците тепла при пониженной температуре конечностей.

- экспериментально установлено, что необходимое суммарное тепловое сопротивление пакета материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП составляет не менее $0,792 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

- разработаны критерии к пакетам материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП с учетом показателей суммарного теплового сопротивления, воздухопроницаемости, паропроницаемости и поверхностной плотности и толщины.

4. На основе отобранных оптимальных пакетов материалов разработана теплозащитная одежда для детей с диагнозом ДЦП с учётом их физиологических и антропометрических особенностей. Образец теплозащитной одежды прошел опытную носку в естественных климатических условиях и продемонстрировал обеспечение термального комфорта при прогулке в коляске в течение 1 ч и температуре воздуха до -15°C .

Ожидаемая экономическая эффективность от внедрения новой продукции составит 8,2 млн. рублей.

Результаты исследований, полученные в ходе выполнения данной работы, могут быть применены в дальнейшем при создании теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП.

Основные результаты работы изложены в следующих публикациях:

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. **Нуриахметова, Э.Р.** Конструктивные особенности одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями / **Э. Р. Нуриахметова, Л.Ю. Махоткина, Н.В. Тихонова** // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2021. – Т. 54. – № 4. – С. 35–40.

2. **Нуриахметова, Э.Р.** Исследование теплового излучения поверхности тела человека с ограниченными двигательными возможностями с целью подбора оптимального пакета материалов при проектировании адаптивной одежды / **Э.Р. Нуриахметова, Н.В. Тихонова, Ю.А. Коваленко, Г.И. Гарипова** // Костюмология. – 2022. – Т. 7. – № 1. – URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/16TLKL122.pdf>.

3. **Нуриахметова, Э.Р.** Исследование показателя воздухопроницаемости пакета материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП /**Э.Р. Нуриахметова, Ю.А. Коваленко, Н.В. Тихонова**// Технологии и качество.–2023.– № 3.– С. 11–16.

4. **Нуриахметова, Э.Р.** Проектирование оптимальных конструктивных решений теплозащитной адаптивной одежды для детей с диагнозом детский церебральный паралич /**Э.Р. Нуриахметова, Ю.А. Коваленко, Н.В. Тихонова**// Костумология.–2023.–Т.8.–№3.–URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/14TLKL323.pdf>.

Материалы конференций:

5. **Нуриахметова, Э.Р.** Требования, предъявляемые к адаптированной одежде для детей с диагнозом детский церебральный паралич / **Э.Р. Нуриахметова, Н.В. Тихонова, Л.Ю. Махоткина** // «Жить в XXI веке» Республиканская школа студентов и аспирантов. – Казань. – 2021 – С. 451 – 453.

6. **Нуриахметова, Э.Р.** Анализ материалов, применяемых в качестве утеплителя в адаптивной одежде для людей с ограниченными двигательными возможностями / **Э.Р. Нуриахметова, Н.В. Тихонова, Ю.А. Коваленко** // «Молодежь. Наука. Творчество» XIX Всероссийская научно-практическая конференция в рамках III Евразийского технологического форума. – Омск. – 2021. – С. 238 – 242.

7. **Нуриахметова, Э.Р.** Анализ эксплуатационных характеристик адаптивной одежды для детей и пути их совершенствования / **Э.Р. Нуриахметова, Ю.А. Коваленко, Н.В. Тихонова** // «Жить в XXI веке» Республиканская школа студентов и аспирантов. – Казань. – 2022. – С. 437 – 440.

8. **Нуриахметова, Э.Р.** Варианты конструктивных решений одежды для детей с диагнозом детский церебральный паралич / **Э.Р. Нуриахметова, Ю.А. Коваленко, Н.В. Тихонова** // «Новые технологии и материалы легкой промышленности» XVIII Всероссийская научно-практическая конференция с элементами научной школы для студентов и молодых ученых. – Казань.– 2022. – С. 201 – 204.

9. **Нуриахметова, Э.Р.** Разработка коллекции адаптивной одежды для детей с ограниченными двигательными возможностями / **Э.Р. Нуриахметова, Ю.А. Коваленко, Н.В. Тихонова** // «Молодежь. Наука. Творчество» XX Всероссийская научно-практическая конференция в рамках IV Евразийского технологического форума. – Омск. – 2022. – С. 154 – 157.

10. **Нуриахметова, Э.Р.** Анализ ассортимента адаптивной детской одежды, представленной на рынке и особенности ее проектирования /**Э.Р. Нуриахметова, Ю.А. Коваленко, Н.В. Тихонова** //«Лёгкая промышленность: проблемы и перспективы» Международная научно-техническая конференция.–Омск.– 2022.–С. 57– 62.

11. **Нуриахметова, Э.Р.** Анализ суммарного теплового сопротивления пакета материалов применительно к адаптивной одежде для детей с ДЦП / **Э.Р. Нуриахметова, Ю. А. Коваленко, Н. В. Тихонова** // «Товароведение, биотехнология и автоматизация обработки кожи и меха» VIII Международная студенческая научно-практическая конференция. – Улан-Удэ – 2022.– С. 71–74.

12. **Нуриахметова, Э.Р.** Исследование напряженности электростатического поля в синтетических текстильных материалах / **Э.Р. Нуриахметова**, Д.А. Хайруллов, Н.В. Тихонова, Э.Ф. Вознесенский // «Современные методы получения материалов, обработки поверхности и нанесения покрытий» I Всероссийская конференция с международным участием. – Казань. – 2023. – С. 175 – 176.

13. **Нуриахметова, Э.Р.** Исследование суммарного теплового сопротивления пакетов материалов для теплозащитной одежды детей с диагнозом ДЦП / **Э.Р. Нуриахметова**, Ю. А. Коваленко, Н. В. Тихонова // «Новации в сферах проектирования и производства изделий легкой промышленности» I Всероссийская конференция ученых, аспирантов и студентов с международным участием. Казань. – 2023. – С. 223 – 226.

14. **Нуриахметова, Э.Р.** Показатель водоупорности плащевых материалов применяемых в теплозащитной одежде для детей с диагнозом ДЦП / **Э.Р. Нуриахметова**, Ю.А. Коваленко, Н.В. Тихонова // «Новые технологии и материалы легкой промышленности» XVIII Всероссийская научно-практическая конференция с элементами научной школы для студентов и молодых ученых. Казань.– 2023. – С. 201 – 204.

Заказ №

Тираж 100 экз.

Офсетная лаборатория КНИТУ

420015 г. Казань, ул. К. Маркса, 68