

На правах рукописи



Григорьева Зарема Ринатовна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ
2D И 3D ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ
НА ФИГУРЫ С АСИММЕТРИЕЙ ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ**

Специальность 05.19.04 – Технология швейных изделий

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иваново – 2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования **«Ивановский государственный политехнический университет» (ФГБОУ ВО «ИВГПУ»)** на кафедре технологии швейных изделий Текстильного института.

Научный руководитель: **Корнилова Надежда Львовна**, доктор технических наук, доцент, начальник Инжинирингового центра текстильной и легкой промышленности ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», г. Иваново

Официальные оппоненты: **Петросова Ирина Александровна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г. Москва

Борисова Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент, декан Института дизайна и технологий ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», г. Кострома

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»**, Институт сферы обслуживания и предпринимательства, г. Шахты Ростовской области

Защита состоится «14» декабря 2017 года в 12.30 часов на заседании диссертационного совета Д 212.355.02 на базе ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» по адресу: 153000, г. Иваново, пр. Шереметевский, 21, ауд. У-109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»: www.ivgpu.com.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2017 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.355.02,
доктор технических наук, профессор

Е. Н. Никифорова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Конъюнктура современного рынка одежды диктует необходимость производства конкурентоспособной продукции высокого качества для всех слоев населения. Нарушение осанки с каждым годом становится все более и более распространенным явлением. Этим в свою очередь обусловлен низкий уровень удовлетворённости потребителей качеством посадки одежды промышленного производства.

Особенно остро проблема удовлетворенности качеством покупаемой одежды стоит у людей с асимметрией телосложения, вызванной заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Одним из таких заболеваний является детский церебральный паралич, распространенность которого составляет 2–2,5 случая на 1000 детей. Количество детей, рождающихся с данным и сопутствующими заболеваниями, с каждым годом увеличивается.

Сегодня теме интегрирования инвалидов в общественную жизнь придается большое значение на всех уровнях, т.к. это важный показатель благополучия общества. Постановлением Правительства РФ утверждена целевая программа «Доступная среда», направленная на преодоление изоляции инвалидов, разработку мер, обеспечивающих их включенность в труд, быт и досуг. В связи с изменением среды изменились и требования к одежде для инвалидов, остро встала необходимость в разработке швейных изделий высокого качества, учитывающих специфические требования и особенности телосложения фигур инвалидов, в том числе имеющих асимметрию телосложения.

Степень научной разработанности избранной темы. Исследования, посвященные вопросам разработки и совершенствования методов проектирования одежды для лиц с ограниченными возможностями движения, с отклонениями от типового телосложения, ведутся учеными во всем мире, в том числе Р.А. Мельниковой, С.К. Лопандиной (ЦНИИШП), Н.А. Коробцевой, Е.Г. Панферовой, О.Н. Харловой (МГУДТ), Н.Л. Корниловой, А.Е. Гореловой (ИВГПУ), О.В. Приходченко (ДГТУ, ранее ЮРГУЭС), И.Е. Савченковым (СПбГУПТД), Е.И. Помазковой (ВГУЭС), Т.В. Пирязевой, Е.В. Захватовой (РосЗИТЛП) и т.д. Авторами разработаны оригинальные методики модификации типовой базовой конструкции, построенной расчетно-аналитическим методом конструирования (2D), с учетом морфологических особенностей фигур; промышленного проектирования адаптационной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями, с нарушениями осанки. Однако задача проектирования плечевой одежды для фигур со значительной асимметрией телосложения остается до конца не решенной.

При этом развитие методов трехмерного (3D) проектирования открывает новые возможности повышения качества конструкций для индивидуальных фигур, однако их применение при проектировании изделий для инвалидов изучено недостаточно. Таким образом, совершенствование методов 2D и 3D проектирования швейных изделий на фигуры с нарушениями осанки, с целью достижения антропометрического соответствия фигуре, улучшения качества

посадки, поиска решения улучшения эстетического восприятия одежды для инвалидов является актуальной научной задачей.

Диссертационная работа соответствует п. 1 «Разработка теоретических основ и установление общих закономерностей проектирования одежды и технологии изготовления швейных изделий на фигуры типового и нетипового телосложения», п. 3 «Разработка математического и информационного обеспечения систем автоматизированного проектирования и раскроя деталей одежды» паспорта научной специальности 05.19.04 – *Технология швейных изделий* (технические науки).

Работа выполнена в соответствии с планами научных исследований ИВГПУ на 2009-2015 гг., часть исследований - в рамках 3 этапа проектной части государственного задания № 11.1898.2014/К Минобрнауки РФ (2016 г.).

Цель диссертационной работы состояла в повышении качества конструкций плечевой одежды для фигур с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, сопровождающимися значительной асимметрией телосложения, путем разработки информационно-методического обеспечения процесса проектирования в системах автоматизированного проектирования (2D и 3D САПР).

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

- проведены антропометрические исследования 113 фигур с асимметричной осанкой;
- усовершенствованы методы контактного и бесконтактного измерения фигур с асимметрией телосложения;
- разработан метод получения исходных данных о параметрах конструктивных участков для систем 2D и 3D проектирования одежды с учетом перераспределения объемов правой и левой частей изделия в соответствии с особенностями телосложения фигуры;
- теоретически обоснован процесс преобразования 3D модели в плоскую развертку;
- определена взаимосвязь физико-механических свойств материалов с показателями, характеризующими плоскую развертку различных участков изделия в 3D САПР одежды.

Для практической реализации решены следующие **технологические и технические задачи**:

- усовершенствованы методики 2D и 3D проектирования плечевых изделий на фигуры с асимметричной осанкой;
- разработаны рекомендации по выбору средств формообразования изделия с учетом показателей свойств материалов.

Объекты исследования – фигуры детей различных возрастных групп с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, стан плечевого изделия, ткани с различными показателями физико-механических свойств.

Предмет исследования – процесс построения конструкции стана плечевого изделия в системах 2D и 3D проектирования одежды, процесс преобразования 3D модели в плоскую развертку в САПР BustCAD (ООО «ЦНИТ», г. Иваново).

Методология и методы диссертационного исследования. При решении поставленных задач применены теоретические и экспериментальные методы. В теоретических исследованиях использованы литературно-аналитический метод, метод социологического исследования, основы теории САПР, методы геометрического и физического моделирования для преобразования поверхностей. Антропометрические исследования асимметричных фигур выполнены с применением контактных и бесконтактных методов измерений. Экспериментальные исследования свойств текстильных материалов проводились в лабораторных условиях с использованием стандартных и нестандартных методов с применением статистических методов обработки результатов исследований.

В работе использованы программные продукты *Windows XP (Word, Excel)*, прикладные графические программы *Autodesk AutoCAD 2015, САПР BustCad 3D IND, САПР Грация*.

Научная новизна заключается в разработке информационно-методического обеспечения процесса проектирования плечевой одежды для фигур с асимметричной осанкой в 2D и 3D САПР, включающего:

- перечень дополнительных размерных признаков, характеризующих особенности телосложения фигур с асимметричной осанкой;
- методику перераспределения объемов и конструктивных прибавок по участкам конструкции с учетом асимметрии с целью улучшения зрительного восприятия посадки изделия на фигуре;
- описание процесса преобразования 3D модели в плоскую развертку;
- математические зависимости, описывающие взаимосвязь между свойствами текстильных материалов и показателями развертки различных участков изделия в трехмерной САПР одежды.

Практическая значимость работы состоит в разработке вспомогательного устройства для получения достоверной информации о размерных признаках фигур с асимметрией телосложения; в усовершенствовании методов 2D и 3D конструирования плечевой одежды на фигуры с нарушениями осанки; в разработке способа учета формообразующих свойств материала в 3D САПР.

Результаты работы внедрены ООО «ИИТ Консалтинг» (г. Иваново) и прошли промышленную апробацию на ООО «Миндаль» (г. Уфа).

Полученные научные и технологические результаты автора внедрены в учебный процесс Уфимского государственного нефтяного технического университета и включены в курсы дисциплин направления подготовки бакалавров 29.03.05 Конструирование изделий легкой промышленности, 43.03.01 Сервис (профиль «Сервис в индустрии моды и красоты»).

Наиболее существенные результаты, выносимые на защиту:

- методика подготовки исходных данных о форме и размерах асимметричных фигур, в том числе детей с ДЦП;
- усовершенствованная методика 2D конструирования одежды;

- методика 3D проектирования одежды на асимметричные фигуры в программном продукте BustCAD;

- методика учета свойств текстильных материалов при построении конструкции изделия в трехмерной САПР одежды.

Степень достоверности и апробация результатов работы.

Достоверность проведенных исследований и обоснованность результатов подтверждена расчетом погрешностей измерений методами математической статистики, согласованностью результатов теоретических и экспериментальных исследований, результатами практической апробации. Апробация осуществлена путем изготовления школьной формы для детей с ДЦП в количестве 113 штук в Государственном бюджетном образовательном учреждении «Уфимская специальная (коррекционная) общеобразовательная школа-интернат № 13 VI вида». Все изделия получили высокую оценку качества посадки от потребителей и специалистов.

Основные положения и результаты диссертационной работы были доложены и получили положительную оценку:

- на международных научно-практических конференциях: «Перспективы развития науки и образования» 2015 (г. Уфа); «Развитие науки и образования в современном мире» 2015 (г. Уфа); на международном научно-практическом форуме «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоёмкие технологии и материалы» (SMARTEX – 2016, г. Иваново);

- на заседаниях кафедры технологии швейных изделий ИВГПУ, кафедры технологии и конструирования одежды Уфимского государственного нефтяного технического университета в 2014-2016 гг.

Публикации. Результаты диссертации опубликованы в 11 работах, общий объем которых составляет 3,27 п.л. (личного вклада 2,37 п.л.), в том числе в 3 статьях в журналах из «Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук».

Структура и объем работы. Диссертационная работа содержит 204 страницы и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 121 наименований, 19 приложений, включающих результаты экспериментальных исследований и акты внедрения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность избранной темы, степень ее разработанности, определены цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы и методы диссертационного исследования.

В первой главе выполнен аналитический обзор литературных источников, посвященных вопросам исследований внешней формы и размерной характеристики фигур с асимметрией телосложения, проведен анализ современных методов проектирования одежды для людей с нарушениями осанки.

В ходе изучения проблемы проектирования одежды на фигуры с отклонениями от типового телосложения, вызванными заболеваниями опорно-двигательного аппарата, был проведен анализ контингента детей в одной из Уфимских специальных (коррекционных) общеобразовательных школ-интернатов. Изучены особенности заболеваний детей-инвалидов, проведены антропометрические исследования, которые показали сложность измерения фигур, сочетающих в себе комплекс отклонений, связанные с психофизиологическими особенностями (сложность удержания статичной позы вследствие вялости мышц, тремора, двигательной дисфункции и прочих нарушений), а также наличие специфических требований к одежде у данного контингента. Проведен социологический опрос обучающихся, позволивший выявить требования к одежде и предпочтения в конструктивных решениях моделей у детей с ДЦП.

Проанализирована информация, отражающая состояние процесса проектирования одежды для людей с асимметрией телосложения, а также научных исследований и разработок в этой области. Фигуры с асимметричной осанкой характеризуются смещением среднесагиттальной плоскости относительно вертикали и разностью в объемах правой и левой сторон тела, что значительно затрудняет процесс проектирования, требует дополнения исходной информации о размерных характеристиках фигуры. Анализ методик проектирования показал, что наиболее приемлемыми для построения плечевых изделий для нетиповых фигур являются методика ЕМКО ЦОТШЛ для САПР 2D и САПР 3D конструирования САПР BustCAD. Установлено, что оба метода должны быть усовершенствованы с целью применения для асимметричных фигур. Кроме того, применение системы BustCAD сдерживает отсутствие рекомендаций по взаимосвязи параметров развертки изделия, получаемых в автоматическом режиме, с реальными свойствами материалов.

На основании проведенного анализа сформулированы цель и задачи исследования.

Вторая глава посвящена совершенствованию методик проектирования одежды на фигуры с асимметрией телосложения.

Предложена усовершенствованная методика сбора исходной информации об асимметричной фигуре, включающая следующие этапы:

1. Зрительная оценка особенностей фигуры, определение перечня дополнительных измерений, определение места расположения локальных выступов;
2. Снятие основных и дополнительных мерок с обеих сторон фигуры контактным способом;
3. Дополнение информации бесконтактным способом: фотографирование фигуры и оценка асимметрии различных участков торса;
4. Обработка полученной информации для расчета распределения мерок и величин прибавок для правой и левой сторон тела.

Введены дополнительные размерные признаки для определения длины бокового контура фигуры и места расположения локального выступа:

- Высота бочка – *Вб* (расстояние от заднего угла подмышечной впадины до линии талии) для правой и левой половинок;

- Длина бочка – *Дб* (расстояние от линии талии до линии бедер по боковой поверхности бедра);

- Длина до локального выступа – *Длв* (расстояние от точки основания шеи сбоку до наиболее выступающей точки локального выступа);

- Высота до локального выступа – *Влв* (расстояние от плечевой точки до наиболее выступающей точки локального выступа).

С целью повышения точности измерения детей с заболеваниями ДЦП разработана конструкция устройства для снятия мерок с асимметричной фигуры (УСМАФ), позволяющего фиксировать на теле балансовые антропометрические точки и уровни, от которых измеряется несколько размерных признаков с разных сторон тела. УСМАФ при бесконтактном способе измерения фигуры дает возможность определить на фотографическом изображении места расположения антропометрических точек, среднюю линию спинки, уровни обхватов груди, талии и бедер.

С использованием методики обмера ЦОТШЛ и бесконтактного фотографического метода анализа фигур Е.Ю. Кривобородовой проведены измерения асимметричных фигур и установлено, что степень отклонения размерных признаков с разных сторон может достигать 15%. Для дальнейшей работы все фигуры по степени асимметрии были разделены на III группы.

I группа – фигуры с незначительной асимметрией, имеющие отклонения в размерных признаках, снимаемых с левой и правой сторон тела, до 5%;

II группа – фигуры с заметной асимметрией от 5 до 10%;

III группа - фигуры с значительной асимметрией - отличия более 10%, могут иметь локальный выступ, длины боковых линий фигуры различны.

Для фигур II и III группы предложена методика определения возможных направлений улучшения зрительного восприятия фигуры в одежде путем дополнительной обработки и анализа фотографических изображений, включающая:

1. Определение положения основных антропометрических точек.
2. Определение линии середины изделия. Линия середины изделия у фигур II и III группы не является вертикалью, также как уровень задних углов подмышечных впадин не является горизонталью. В то же время для получения качественной развертки важно, что бы они были прямыми и взаимно перпендикулярными. Линия середины изделия у таких фигур должна гармонизировать восприятие и зрительно уменьшать асимметрию, поэтому предложено располагать ее под углом к вертикали, приблизительно посередине фигуры, перпендикулярно линии глубины проймы. При этом отклонение от вертикали не должно превышать 6° («порога» зрительного восприятия); смещение верхней точки от положения 7 шейного позвонка по линии горловины не должно превышать $\frac{1}{2} du$. В случае невозможности выполнения данных условий, возможно изменение угла наклона линии проймы путем опускания точки со стороны наибольшей выпуклости лопаток на величину *Пгп* – подъем глубины проймы, учитываемую при построении базовой конструкции.

3. Нанесение силуэтных линий. Предложено выполнять корректировку силуэтного контура фигуры с целью сглаживания асимметрии, а также наносить линии горловины, проймы, низа изделия.

4. Перерасчет мерок, снятых контактным способом, с учетом изменения силуэтных контуров изделия при помощи коэффициента асимметрии k_l .

$$\begin{aligned} k_{ln} &= In / (In + Ll); & k_{Ll} &= Ll / (In + Ll) \\ C_{ln} &= k_{ln} 2(C_l + Pl); & C_{Ll} &= k_{Ll} 2(C_l + Pl) \\ Ш_{ln} &= k_{ln} 2(Ш_l + Pl); & Ш_{Ll} &= k_{Ll} 2(Ш_l + Pl) \end{aligned} \quad (1),$$

где In – измерение с правой стороны фигуры, Ll – с левой, C_l – полуобхват фигуры на I -ом уровне, Pl – конструктивная прибавка на I -ом уровне, C_{ln} – полуобхват фигуры I -ого уровня для построения конструкции правой стороны, C_{Ll} – тоже самое для левой стороны.

С целью построения конструкции на асимметричные фигуры разработана усовершенствованная методика построения базовой конструкции ЕМКО ЦОТШЛ, имеющая следующие отличия от исходной:

- базисная сетка чертежа строится в развернутом виде на правую и левую стороны,
- исходная горизонтальная линия построения - уровень глубины проймы,
- расчет положения конструктивных уровней лопаток, груди и талии относительно шейной точки определяется с использованием усредненных значений размерных признаков слева и справа и прибавки,
- расчет положений основных конструктивных точек чертежа выполняется с учетом перерасчета величин размерных признаков фигуры в совокупности с конструктивной прибавкой с помощью коэффициентов асимметрии,
- осуществляется расчет величины передне-заднего баланса изделия и полученное значение используется при построении уровня горловины полочки,
- место расположения точки выпуклости лопаток определяется по дополнительным размерным признакам,
- у фигур III группы осуществляется подъем уровня линии глубины проймы со стороны выпуклой части спины и строится дополнительная выточка на выпуклость лопаток из проймы.

Оценка качества посадки макетов, конструкции которых были построены по усовершенствованной методике в САПР Грация на 10 школьниц подростковой возрастной группы с различной степенью асимметрии осанки, показала значительное уменьшение числа конструктивных дефектов и уменьшение числа примерок из-за отсутствия необходимости их корректировки.

С целью адаптации наиболее совершенных методов конструирования одежды в 3D САПР для построения конструкции на асимметричную фигуру, был выбран Программный продукт BustCAD 3D Ind (ООО «ЦНИТ», г. Иваново), предоставляющий возможность полуавтоматической подстройки трехмерного манекена по фотографиям и трем размерным признакам.

Для целей конструирования изделий на фигуры с асимметрией разработана усовершенствованная методика использования модуля интерактивной

подстройки манекена для получения сглаженного манекена отдельно для левой и правой сторон туловища с учетом возможной коррекции асимметрии.

Предварительную обработку фотографических изображений фигур предложено выполнять при использовании разработанной методики подготовки исходной информации для конструирования изделий на асимметричные фигуры: наносятся конструктивные уровни, сглаживаются контуры фигуры, осуществляется перерасчет размерных признаков для правой и левой частей фигуры по формулам (1). Затем фото спереди необходимо разрезать по нанесенной линии середины. Так как в большинстве случаев данная линия не вертикальна, каждую из половин фото необходимо повернуть так, чтобы линия середины приняла вертикальное положение, и отразить симметрично. При работе в модуле «Подстройка манекена» необходимо сначала загрузить фотографию левой части вместе с видом слева, обвести с помощью специального инструмента нанесенные на фотографии силуэтные линии контуров фигуры, в окне «размеры» ввести параметры конструкции, рассчитанные с учетом коэффициентов асимметрии для левой стороны фигуры. Аналогичным способом получается манекен правой части торса с использованием фото правой части переда и вида справа.

Построение конструкции изделия в программе осуществляется путем нанесения на манекен линий членения, а также линий проймы, горловины, низа. Поскольку асимметричные фигуры имеют сложную форму опорной поверхности, формообразующие линии членения (вытачки, рельефы) предложено проводить через точки наибольшей выпуклости и вогнутости (выступающие точки грудной железы, лопатки, талиевые, ягодичные), что позволяет получить развертку базовой конструкции изделия с использованием алгоритма программы (рисунок 1).

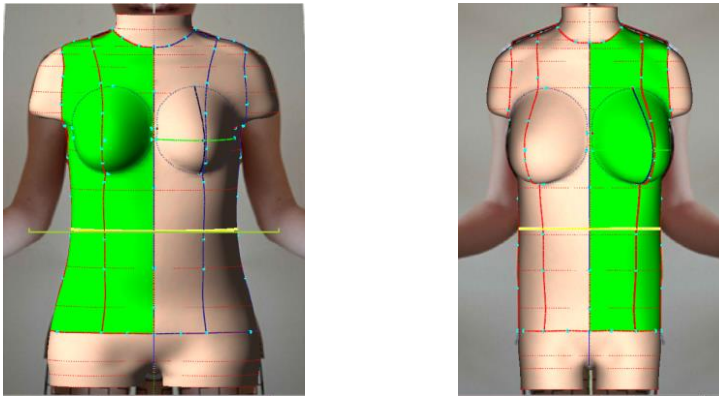


Рисунок 1 – Построение базовой трехмерной конструкции для левой и правой сторон асимметричной фигуры в программе BustCAD

Результатом работы в программе являются развертки базовой конструкции для правой и левой сторон фигуры, которые экспортируются в формат *dxg*, поддерживаемый большинством САПР. В 2D САПР осуществляют (рисунок 2):

- совмещение разверток правой и левой части изделия, начиная от средней линии спинки, выравнивая уровни проймы, ориентируясь по надсечкам на деталях,
- сглаживание контуров чертежа, оценку сопряженности срезов,
- вычерчивание дополнительных припусков на свободу облегания и свободу движения, нанесение модельных линий,
- оценка качества полученной модельной конструкции стандартными методами.

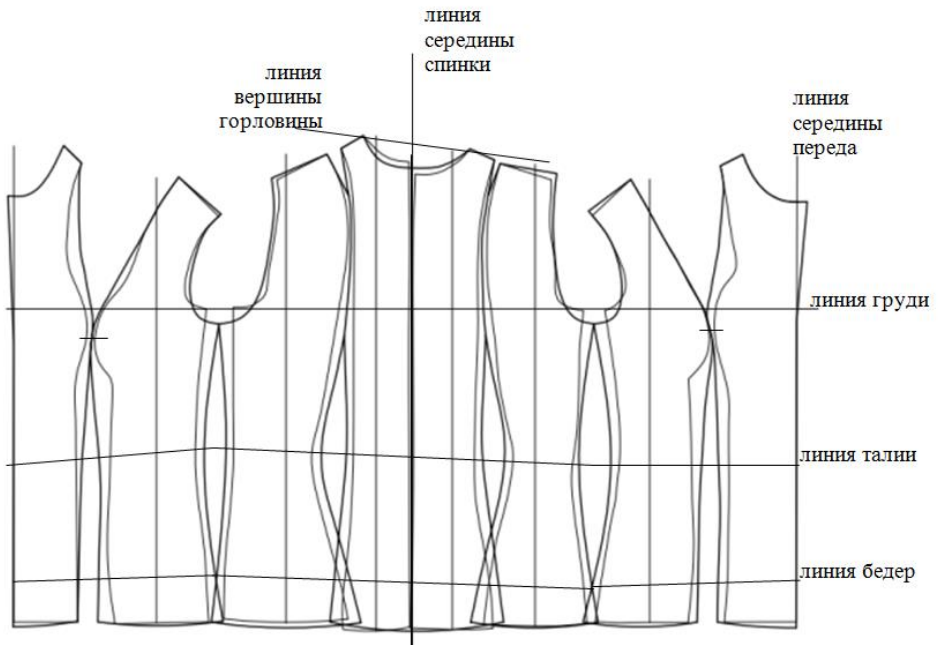


Рисунок 2 – Чертеж развертки БК женского жакета, построенный с использованием САПР BustCAD и AutoCAD, на фигуру со сколиозом

Выполнена оценка качества конструкций макетных изделий, построенных на асимметричные фигуры с использованием традиционной методики ЕМКО ЦОТШЛ, и усовершенствованных методик. Проведен расчет комплексной оценки качества посадки макетов. Комплексный показатель определялся как сумма единичных показателей, умноженных на их коэффициент весомости. За единичный показатель принимали степень проявления того или иного конструктивного дефекта. Предварительно все виды дефектов посадки сгруппированы по способу их проявления. Для каждого вида дефекта, исходя из общих принципов квалиметрии, установлены единичные показатели качества (таблица 1) и их весомость (таблица 2).

Таблица 1. Шкала единичных показателей статического соответствия

Дефекты посадки			
Суммарная глубина складок, заломов		Отклонение линии от вертикали, горизонтالي	
значения, см	баллы	значения, градус	баллы
0	5	0	5
0,6	4,5	0,2	4,5
1,2	4	0,5	4
1,8	3	0,8	3,5
2,4	2	1,0	3
3,0	1	1,3	2
-	-	1,5	1

Таблица 2. Весомость единичных показателей, определяющих статическое соответствие (качество посадки) макетных изделий

Ранг	№ п/п	Единичный показатель качества посадки	Коэффициент весомости m_i
1	1	Отклонение от вертикали краев бортов полочек	0,222
7	2	Отклонение от вертикали боковых швов	0,056
8	3	Не горизонтальность положения низа изделия	0,028
2,5	4	Напряженные складки на спинке	0,181
4	5	Свободные складки на спинке	0,138
2,5	6	Напряженные складки на полочке	0,181
5	7	Свободные складки на полочке	0,111
6	8	Нарушение формы проймы	0,083

Результаты оценки качества макетов представлены на рисунке 3. Очевидно повышение качества изготовленных макетов по разработанным методикам, особенно для фигур II и III групп асимметрии.

Оценка эффективности методик построения базовых конструкций на фигуры с нарушениями осанки показала снижение трудоемкости разработанных методик по сравнению с традиционной: усовершенствованной 2D на 11,7-38,7%, усовершенствованной 3D на 37,7%.

Недостатком программы BustCAD является отсутствие методического обеспечения оценки качества разверток модельных конструкций с учетом свойств материалов. Для его устранения была изучена взаимосвязь показателей, характеризующих формовочную способность материала, используемых при изготовлении швейного изделия, с показателями, рассчитываемыми алгоритмом программы и отражаемыми в диалоговом окне.

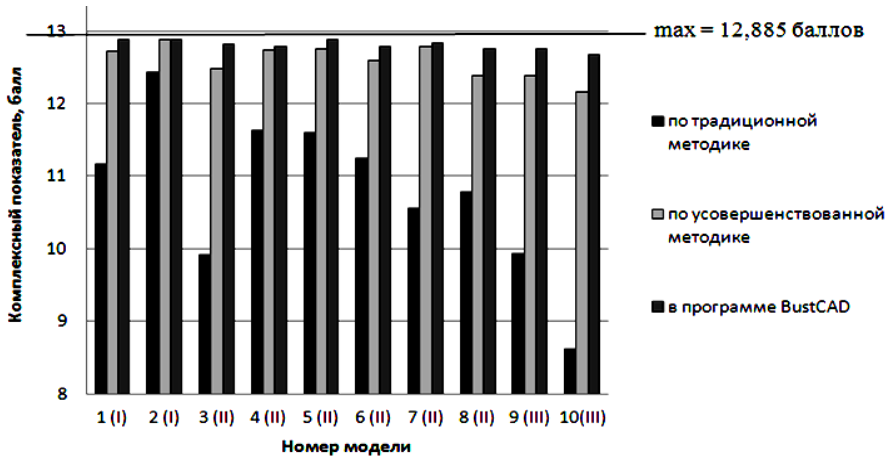


Рисунок 3 – Оценка качества посадки изготовленных макетных изделий

Третья глава посвящена теоретическому обоснованию и экспериментальной оценке процессов формообразования в САПР BustCAD.

Для изучения математических основ алгоритмов развертывания трехмерной формы на плоскость в 3D САПР была выбрана геометрическая фигура закономерной кривизны – шар. Шар, так же как и поверхность тела человека, являются неразвертываемой поверхностью.

Поверхность трехмерной конструкции - 3ДК представляет собой жесткую оболочку, имеющую структуру нерегулярной триангуляционной сети, в которой количество и размер ячеек зависят от формы и размера аппроксимируемого участка поверхности. При создании модели изделия на поверхности манекена наносят линии, ограничивающие детали изделия.

В случае использования шара деталь изделия представляет собой шаровой сегмент, состоящий из линий, его ограничивающих, и ячеек триангуляционной сети (рисунок 4).

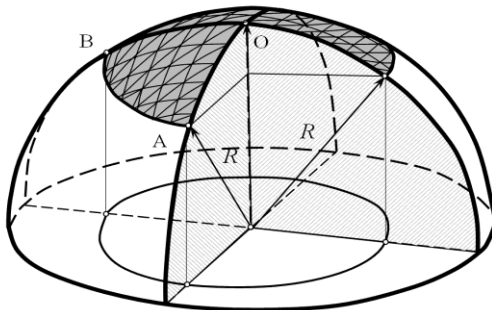
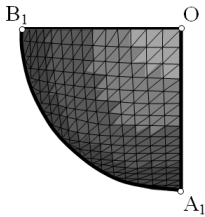


Рисунок 4 – Исходная трехмерная конструкция детали (шарового сегмента) на поверхности трехмерного манекена (шара)

Геометрическими характеристиками 3ДК являются количество ячеек сети N , их трехмерные параметры (длина и угол наклона ребер ячейки к каждой оси $M = \Sigma r_{3D}$), периметр P_{3D} , и площадь S_{3D} детали.

Получение развертки детали осуществляется поэтапно (рисунок 5). На первом этапе осуществляется приведение объемной оболочки к плоскому виду ($3DK \rightarrow 2DK^1$) с использованием методов геометрического преобразования поверхности - проецирование каждого элемента структуры (ребра ячейки) r_{3D}

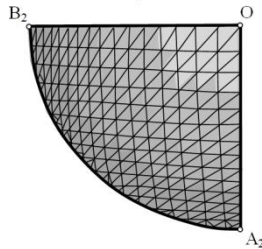
на плоскость развёртывания r_{2D^1} . Деталь $2DK^1$, полученная в результате геометрического преобразования (рисунок 5,а), характеризуется неравномерно распределенной деформацией сжатия (максимальная деформация показана наиболее темной заливкой) и величина деформации увеличивается от центра детали (где ребра поверхности параллельны плоскости развёртывания) к краю (где ребра расположены под наибольшим углом наклона к данной плоскости). Развертка, получаемая в результате первого этапа преобразования, практически непригодна для раскроя детали из ткани, так как имеет недостаточную площадь.



Результат геометрического преобразования

$$k_d^p \approx 1, P_{2D} \approx P_{3D}, \\ k_o^s < 1, S_{2D} < S_{3D}$$

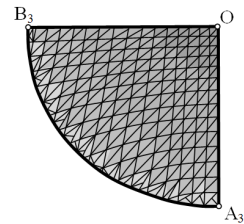
а



Результат действия рывка

$$k_d^p \gg 1, P_{2D} \gg P_{3D}, \\ k_o^s \gg 1, S_{2D} \gg S_{3D}$$

б



Окончание процесса развёртывания детали

$$k_d^p \gg 1, P_{2D} \gg P_{3D}, \\ k_o^s \gg 1, S_{2D} \gg S_{3D}$$

в

Рисунок 5 – Преобразование шарового сегмента в процессе развёртывания

С целью обеспечения перераспределения деформации по поверхности детали применяется физическое моделирование, суть которого заключается в придании каждому узлу триангуляционной сети свойств материальной точки с массой, равной 1, а каждому ребру - упругой связи, стремящейся привести его длину к исходной длине. Для распрямления детали путем выведения системы материальных точек из равновесия используется рывок, который увеличивает расстояние между точками в kp раз. При этом площадь и периметр детали

становятся, больше, чем у исходной трехмерной детали (рисунок 5,б).

Затем происходит процесс уравнивания сил, система стремится принять состояние с минимальным силовым полем по детали, уменьшив воздействие рыбка. Процесс осуществляется итерационно, силовое поле по детали изменяется с течением времени

$$\overline{F}_{ij}^t = k_{жс} \left(\left| \overline{r}_{2D'}^{ij} \right| - \left| \overline{r}_{3D}^{ij} \right| \right) \quad (2),$$

где $k_{жс}$ - коэффициент жесткости связи между точками i и j , $\left| \overline{r}_{2D'}^{ij} \right|$ - расстояние между точками i и j в момент времени t .

В момент окончания рыбка ($t=0$), сила взаимодействия материальных точек может быть определена:

$$F_{ij}^{t=0} = k_{жс} \left(\left| \overline{r}_{2D'}^{ij} \right| - \left| \overline{r}_{3D}^{ij} \right| \right) \quad (3)$$

а в момент перехода к равновесному состоянию ($t=T, \sum F_{ij} \rightarrow 0$):

$$F_{ij}^{t=T} = k_{жс} \left(\left| \overline{r}_{2D}^{ij} \right| - \left| \overline{r}_{3D}^{ij} \right| \right) \quad (4)$$

Процесс окончания развертывания характеризуется выражением $\sum F_{ij}^{t=T} = \min$, что означает максимально-возможное приближение геометрических характеристик 3DK и 2DK (рисунок 5,в).

Следует отметить, что при развертывании геометрических поверхностей деформации в развертке отсутствуют: $l_{2D}=l_{3D}$, $S_{2D}=S_{3D}$. Для неразвертываемых поверхностей $\sum F_{ij}^{t=T} \neq 0$, то есть процесс остается до конца неуравновешенным. Так, в детали, показанной на рисунке 5в, на участке выпуклости преобладают деформации сжатия, на границах – растяжения.

Для проведения экспериментальных исследований сравнения поведения реального материала и виртуального аналога совместно со специалистами ООО «ИИТ Консалтинг» (г. Иваново) была разработана программа, аналогичная BustCAD, в которой вместо манекена использовалась поверхность шара.

Последовательность проведения исследований заключалась в:

1. Определении формовочных характеристик выбранных образцов текстильных материалов (волокнистый состав, переплетение, толщина материала t , поверхностная плотность M_s , жесткость на изгиб EI , относительная величина полной деформации растяжимости материалов P , угол одевания $\alpha_{од}$, «суживаемость» C , угол перекося ткани, β).

2. Определении характеристик деформации развертки в зависимости от ее размера (высоты основания сегмента относительно экватора шара).

3. Определении характеристик деформации материалов при одевании на шар при следующих условиях:

1) без принудительной деформации (аналогично одеванию изделий свободного покроя, поведению материалов на незамкнутых участках изделий полуприлегающего и прилегающего силуэтов) – I способ формообразования (ФО);

2) с предварительным сутюживанием (аналогично приданию объемной формы в изделиях полуприлегающего силуэта, на условно-замкнутых зонах изделий прилегающего силуэта) – II способ;

3) с сутюживанием и принудительным натяжением (аналогично изделиям прилегающего силуэта на замкнутых зонах) – III способ.

При проведении исследований развертки деталей, построенных в программе с определенным диапазоном высот, вырезались из различных материалов и надевались на шар с использованием выбранного способа формообразования. В развертках фиксировались значения коэффициентов деформации отдельных ячеек и всей детали по периметру k_{δ}^P и площади k_{δ}^S .

В надетых образцах оценивалась ровнота поверхности детали и качество повторения объемной формы. Определялась максимально возможная область одевания шара данным материалом при выбранном способе формообразования (минимальная высота сечения нижней точки области одевания относительно экватора при качественной посадке образца). В образцах, соответствующих максимально возможной области, в объемном состоянии выполнялись измерения угла перекоса ячеек φ , длины нитей основы, утка и под углом 45° L , и вычислялись параметры удлинения материала по основе ΔL_o и утку ΔL_u .

Анализ работы алгоритма программы показал, что при построении развертки детали k_{δ}^S стремится к 1, деформация по периметру k_{δ}^P увеличивается с уменьшением высоты одеваемого сегмента шара относительно экватора.

При I способе формообразования значение k_{δ}^P в развертке не превышает 1,06, величина деформации отдельных ячеек по детали находится в диапазоне 0,98-1,04, абсолютная величина деформации не превышает 0,07. Формообразование детали происходит за счет незначительного удлинения нитей (не более 2%) и изменения углов перекоса ячеек под действием веса материала, наиболее существенного в направлении под углом 45° к нити основы.

При II способе ФО значение k_{δ}^P в развертке достигает 1,08, величина деформации отдельных ячеек по детали - 0,97-1,06, абсолютная величина деформации - 0,085. За счет предварительного сутюживания развертка приобретает форму, наиболее приближенную к трехмерной. При надевании на шар происходит небольшое удлинение материалов по осям и перераспределение структуры переплетения.

При III способе ФО значение k_{δ}^P может достигать 1,12, деформация отдельных ячеек по детали - 0,96-1,07, абсолютная величина деформации - 0,1. Благодаря комплексному воздействию на образец улучшается одеваемость на поверхность трехмерной фигуры.

С использованием пакета анализа программы Excel выполнена обработка результатов эксперимента (таблица 3).

Таблица 3 – Регрессионные модели коэффициентов деформации развертки

Способ ФО	Параметры	Коэффициент деформации	R^2
I	k_{∂}^p	$0,7142 + 0,2896 \cos 0,25 (\alpha_o + \alpha_y)$	0,99
	D_{max}	$0,000015 (\alpha_o + 0,000818 \alpha_y)$	0,97
II	k_{∂}^p	$0,1571 C_{очн} + 0,0592 C_{45зр} - 0,0086 C_{ym}$	0,89
	D_{max}	$0,000789 - 0,00111 C_{очн} + 0,0039 C_{45зр} + 0,00163 C_{ym}$	0,85
III	k_{∂}^p	$0,9122 - 0,0000116 M_s + 0,064 t - 0,0000025 (EI_{очн} + EI_{ym}) + 0,000025 (C_{очн} + 2 C_{45зр} + C_{ym}) - 0,00027 \beta + 0,0023 Y + 0,0032 \alpha_{од}$	0,96
	D_{max}	$0,1217t - 0,00017M_s + 0,0000009 (EI_{очн} + EI_{ym}) + 0,0001 \times (C_{очн} + 2 C_{45зр} + C_{ym}) - 0,00017 \beta + 0,00047 Y + 0,00076 \alpha_{од}$	0,93

В результате для каждого условия формообразования выявлена взаимосвязь между показателями разверток, полученными в программе, с формовочными характеристиками материалов. Установлено, что способность материалов к формообразованию I способом напрямую зависит от показателя угол одевания $\alpha_{од}$, по основе и по утку; II способом - от показателей суживаемости; III способом - от всех показателей в комплексе, но наиболее значимыми из них являются угол перекоса β и удлинение Y .

Условием применения того или иного способа формообразования является соотношение коэффициентов k_{∂}^p и D_{max} развертки, показываемого программой, со значениями, рассчитанными для конкретного материала по регрессионным моделям. При этом значения коэффициентов развертки не должны превышать расчетные значения для выбранного материала.

Четвертая глава посвящена апробации результатов исследований. В ходе апробации по усовершенствованным методикам конструирования одежды осуществлено изготовление школьной формы для детей-инвалидов ГБОУ Уфимской специальной (коррекционной) общеобразовательной школы-интернат № 13 VI вида в количестве 113 комплектов. Все фигуры имели асимметрию телосложения, вызванную нарушениями опорно-двигательного аппарата, в том числе заболеванием детский церебральный паралич.

Изготовленные изделия получили высокие оценки качества учащихся, воспитателей и работников школы, что нашло отражение в средствах массовой информации г. Уфы.

Полученные в ходе апробации результаты подтверждают достоверность проведенных теоретических и экспериментальных исследований.

Итоги выполненного исследования

1. Разработаны методы получения исходной информации о размерах и форме фигур с асимметричной осанкой.
2. Разработано вспомогательное устройство для измерения асимметричной фигуры, в том числе детей с ДЦП, которое обеспечивает повышение качества и облегчения процесса измерения.
3. Усовершенствована 2D методика проектирования одежды ЦОТШЛ с целью применения его для фигур с асимметрией телосложения, обеспечивающий увеличение комплексного показателя качества получаемых изделий на 13,94%, сокращение времени на проработку образца на 25,2%.
4. Разработана методика проектирования одежды для фигур с асимметричной осанкой в 3D САПР BustCAD, обеспечивающая увеличение показателя качества изделий и сокращение времени проработки по сравнению с традиционной методикой ЦОТШЛ на 15,63% и 37,37%, с усовершенствованной 2D – 2,8% и 12,95% соответственно.
5. Теоретически обоснован процесс преобразования трехмерной поверхности в плоскую развертку с применением методов геометрического и физического моделирования.
6. Установлены математические зависимости, описывающие взаимосвязь деформации развертки, полученной в программе BustCAD, с физико-механическими свойствами материалов, позволяющие прогнозировать возможность изготовления изделия по 3D модели с использованием одного или нескольких способов формообразования.
7. Проведена практическая апробация, показавшая достоверность проведенных теоретических и экспериментальных исследований.

Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы

Дальнейшая разработка темы может быть направлена на развитие полученных теоретических основ и практических рекомендаций с целью обеспечения возможности внедрения дистанционной формы принятия заказов на изготовление одежды для лиц с ограниченными возможностями здоровья, учета динамических особенностей фигур и свойств материалов в САПР трехмерного проектирования.

Основные научные публикации по теме диссертационного исследования

1. Григорьева, З.Р. Разработка методик проектирования одежды на фигуры с нарушениями осанки [Текст] / З.Р. Григорьева, А.Е. Горелова, Е.А. Иванчик // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т.19. № 12. – С. 99-101 (лично автором 2,0 с.).
2. Васильев, Д.А. Метод получения развертки деталей одежды с учетом деформационной способности материала [Текст] / Д.А. Васильев, А.Е. Горелова, Н.Л. Корнилова, З.Р. Григорьева, Л.А. Корнилова // Программные продукты и системы. – 2016. – № 3-2. – С. 94-100 (лично автором 3,0 с.).

3. Григорьева, З.Р. Разработка способа учета свойств материалов в автоматизированном процессе проектирования одежды [Текст] / З.Р. Григорьева, А.Е. Горелова, Н.Л. Корнилова // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2016. – Т. 33. №3. – С. 55-59 (лично автором 2,0 с.).

4. Григорьева, З.Р. Особенности квалификации конструкторов швейного производства при изготовлении одежды для детей с нарушениями осанки [Текст] / З.Р. Григорьева // Вестник УГУЭС. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2015. – №3 (13). – С. 92-94 (лично автором 1,5 с.).

5. Григорьева, З.Р. Концепция разработки одежды для детей с ограниченными возможностями здоровья [Текст] / З.Р. Григорьева, Н.Л. Корнилова // Электронный научный журнал. – 2015. – №3(3). – С. 40-45 (лично автором 2,5 с.).

6. Григорьева, З.Р. Анализ систем автоматизированного проектирования одежды на фигуры с нарушениями осанки [Текст] / З.Р. Григорьева // Электронный научный журнал. – 2016. – №1(4). – С. 126-128 (лично автором 3,0 с.).

7. Григорьева, З.Р. Роль маркетинга в индустрии моды [Текст] / З.Р. Григорьева, А.З. Худашова // Электронный научный журнал. – 2017. – №3-2(18). – С. 246-249 (лично автором 2,0 с.).

8. Григорьева, З.Р. Влияние формовочных свойств материалов на выбор приемов формообразования изделия [Текст] / З.Р. Григорьева, А.Е. Горелова, Н.Л. Корнилова // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2016. – Т. 1. №1. – С. 219-222 (лично автором 1,5 с.).

9. Григорьева, З.Р. Рекомендации по подбору пакета материалов при проектировании швейных изделий для лиц с ОВЗ [Текст] / З.Р. Григорьева, О.Н. Будеева, Т.С. Солодушенкова // Электронный научный журнал. – 2017. – №3-1(18). – С. 59-62 (лично автором 2,5 с.).

10. Григорьева, З.Р. Требования к швейным изделиям для людей с ограниченными возможностями передвижения [Текст] / З.Р. Григорьева, О.Н. Будеева, Т.С. Солодушенкова // Электронный научный журнал. – 2017. – №3-1(18). – С. 63-65 (лично автором 1,5 с.).

11. Григорьева, З.Р. Конструктивные и технологические особенности швейных изделий для людей с ограниченными возможностями передвижения [Текст] / З.Р. Григорьева, О.Н. Будеева, Т.С. Солодушенкова // Электронный научный журнал. – 2017. – №3-1(18). – С. 66-68 (лично автором 1,5 с.).

Подписано в печать 05.10.2017.

Формат 1/16 60×84. Плоская печать.

Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,11. Тираж 100 экз. Заказ №