

На правах рукописи



Тутова Анна Анатольевна

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВНЕШНЕЙ ФОРМЫ
МАНЕКЕНА ДЛЯ ОДЕЖДЫ**

Специальность 05.19.04
«Технология швейных изделий»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2020

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина») на кафедре «Художественное моделирование, конструирование и технология швейных изделий»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
кафедры ХМКТШИ ФГБОУ ВО
«РГУ им. А.Н. Косыгина»
Петророва Ирина Александровна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
кафедры технологии швейных
изделий ФГБОУ ВО «ИВГПУ», г. Иваново
Корнилова Надежда Львовна

кандидат технических наук, доцент
кафедры конструирования и технологии
швейных изделий ФГБОУ ВО «СПбГУПТД»,
г. Санкт-Петербург
Москвина Мария Александровна

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Костромской
государственный
университет», г. Кострома**

Защита состоится «16» декабря 2020 г. в 10.00 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.144.01, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д.33, стр.1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и на официальном сайте университета <https://kosygin-rgu.ru/>

Автореферат разослан « » _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.144.01



Мезенцева Т.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Благодаря широкому распространению цифровых продуктов и приложений потребитель получает возможность с помощью доступных средств, таких как телефон, смартфон, планшет предоставить на производство или в торговую сеть информацию о своей фигуре. Эта информация служит основой, как для выбора готовой соразмерной одежды, так и для коррекции типовых конструкций одежды, в соответствии с персональным запросом потребителей. При этом информация о форме фигуры потребителя может поступать как в визуальной форме в виде фото, видеоизображения, так и в метрической - в виде облака точек трехмерной модели или набора координат. Визуализация этой информации в виде трехмерного манекена или цифрового аватара в САПР одежды позволяет выполнять ряд типовых проектных процедур, а также ввести процедуру индивидуализации массовой продукции, повысить качество изделий и удовлетворённость населения одеждой, так как именно манекены различного назначения служат инструментом задания внешней формы для одежды. Для определения соответствия готовой одежды техническому заданию и антропометрическим размерам фигур используют манекены типовой фигуры человека; для изготовления валяных изделий используют манекены внутренней формы одежды; для окончательной отделки изделия и влажно-тепловой обработки используют пароманекены; цифровые аватары используют для проектирования одежды в виртуальной среде.

Современные программы моделирования одежды, в основном, предполагают использование типовых трехмерных манекенов (аватаров) для проектирования одежды и проведения виртуальных примерок. Построение таких манекенов и аватаров выполняется по типовым размерным признакам, которые значительно отличаются для населения разных стран, что приводит к снижению точности проводимой примерки и ухудшению процедуры оценки качества готовой одежды. Следовательно, задача разработки антропометрически достоверных манекенов, отражающих особенности поведения пакета материалов пододежного слоя и особенностей осанки в зависимости от высоты каблука обуви, является актуальной научной задачей легкой промышленности.

Степень научной разработанности проблемы. Существенный вклад в разработку проектирования манекенов для одежды внесен Л.П. Николаевым, В.А. Шишовой, А.В. Савостицким, Е.Б. Кобляковой, Г.С. Ивлевой, З.Н. Тимашевой, М.В. Стебельским, Т.Н. Будановой, З.Т. Акимовой, Н.Л. Корниловой, И.А. Петросовой, А.Ю. Рогожиным, М.А. Гусевой и др. На кафедре технологии швейного производства сотрудниками МТИЛП (РГУ им. А.Н. Косыгина) с 1958 года по настоящий момент ведутся разработки способов получения манекенов внешней формы тела человека и внутренней формы одежды.

Зарубежные исследователи также изучают и разрабатывают методики проектирования манекенов. Создают способы получения трехмерных моделей фигур человека, в том числе в Итальянском университете (Cappelletto E., Zanuttigh P. и Cortelazzo G.M.), Эстонском университете (Abels A., Kruusmaa M.), Техасском университете (Su-Jeong Hwang Shin), университете Миннесоты (Elizabeth Bye), университете Далласа (Ellen McKinney), Сеульском универси-

тете (Yunja Nam, In Hwan Sul, Tae Jin Kang,) Шанхайском университете (Jiyun Li, Jiaxun Chen), Тайваньском университете (Xiaozhi Li, Xiaojiu Li) и др.

Проведенный анализ исследований показал необходимость разрабатывать антропометрически достоверные трехмерные модели тела человека и формировать базу данных трехмерных моделей фигур и манекенов. Данная научная проблема является актуальной и позволит усовершенствовать процесс проектирования конструкций одежды и методы оценки качества готовой одежды.

Цель работы заключается в разработке метода проектирования внешней формы манекена для одежды, обеспечивающего персонализацию процесса проектирования швейных изделий и повышение качества производимой продукции.

Для достижения поставленной цели в работе:

- проведен анализ способов задания трехмерной поверхности тела человека;
- изучено влияние телосложения человека и вида проектируемой одежды на внешнюю форму манекена;
- разработан метод проектирования внешней формы манекена для одежды;
- разработана и апробирована методика проектирования манекена с помощью современной технологии *3D* печати.

Объект исследования: процесс проектирования манекенов для одежды;

Предмет исследования: тело человека, манекен.

Научную новизну исследования составляет разработка:

- концепции процесса проектирования внешней формы манекена для одежды с применением технологии *3D* сканирования, направленная на получение базы данных манекенов, обеспечивающих персонализацию процесса проектирования швейных изделий и повышение удовлетворенности потребителей;
- математических зависимостей, для описания формы поверхности манекена с учетом толщины пакета материалов пододежного слоя;
- математических зависимостей для описания формы поверхности манекена с учетом влияния высоты каблука обуви на изменение положения корпуса и высоты плеч;
- метода проектирования внешней формы трехмерных манекенов для одежды.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке метода проектирования внешней формы манекена для одежды, с учетом толщины пакета материалов пододежного слоя, обеспечивающего персонализацию процесса проектирования швейных изделий, высокую степень физического подобия манекена реальной фигуре потребителя и повышение качества производимой продукции.

Методы исследования: в работе использованы антропометрические бесконтактные методы исследования фигуры человека и одежды; методы трехмерного описания пространственных моделей; методы математической

интерполяции и аппроксимации линий поверхностей, начертательной и аналитической геометрии, методы сравнительного и теоретического анализа: методы статической обработки экспериментальных данных.

Личный вклад автора: основные результаты и положения, выносимые на защиту, получены автором лично. Автор самостоятельно провел анализ существующих способов задания трехмерной формы тела человека и разработал алгоритмы описания внешней формы тела человека в виртуальной среде.

Практическая значимость заключается в:

- разработке методики построения исходной трехмерной модели для проектирования внешней формы манекена;
- разработке методики проектирования внешней формы манекенов для одежды;
- разработке базы данных трехмерных моделей фигур и манекенов для проектирования одежды.

Достоверность проведенных исследований базируется на согласованности аналитических и экспериментальных результатов, использовании информационных технологий, современных методов и средств проведения исследований. Апробация основных положений диссертации проводилась в научной периодической печати, конференциях, а также на АО «Корпорация Школа» г. Москва, ООО «Этника» г. Москва и АО «Сударь» г. Ковров.

Положения, выносимые на защиту:

- методика изучения внешней формы фигуры и толщины пододежного слоя, с помощью технологии трехмерного сканирования, обеспечивающая высокую точность измерений;
- математические зависимости распределения величин прибавок по участкам поверхности фигуры и манекена в зависимости от толщины пакетов материала пододежного слоя;
- математические зависимости влияния высоты каблука обуви на изменение положения корпуса и высоты плеч при проектировании внешней формы поверхности манекена;
- метод проектирования внешней формы трехмерных манекенов для одежды с учетом толщины пододежного слоя.

Реализация результатов работы. Полученные результаты внедрены в учебный процесс Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) на кафедре художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий при подготовке магистров по направлению подготовки 29.04.05 Конструирование изделий легкой промышленности в виде учебного пособия: «Методы проектирования манекенов фигур. Разработка внешней формы». Результаты исследования проверены в условиях промышленных предприятий, что подтверждено актами внедрения. Апробация в условиях АО «Корпорация Школа», ООО «Этника» и АО «Сударь» (г. Ковров), подтвердила, что применение метода проектирования внешней формы манекенов для одежды способствует повышению качества производимой продукции.

Апробация и реализация результатов работы. Основные положения и результаты диссертации докладывались и получили положительную оценку на заседаниях кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (Москва, 2015), XLII международной научно-практической конференции (Москва, 2016), Международной научно-практической конференции «Моделирование в технике и экономике» (Витебск, 2016), Международной научно-практической конференции (Киров, 2016), 51-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов (Витебск, 2018), Международной конференции «FarEastCon» (Владивосток, 2019).

Публикации. Основные положения научно-квалификационной работы (диссертации) опубликованы в 16 печатных работах, 5 из которых – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК; 1 из которых – индексируемая в базе данных *SCOPUS*. Зарегистрированы две базы данных.

Структура и объем работы. По своей структуре научно-квалификационная работа (диссертация) состоит из введения, четырех глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы, приложений. Работа изложена на 136 страницах машинописного текста, содержит 71 рисунок, 27 таблиц. Список литературы включает 151 библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 108 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и основные задачи исследований, отражены научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе выполнен анализ существующих способов получения исходной информации о форме поверхности фигур и манекенов с использованием трехмерных и цифровых технологий. Реконструкция трехмерной формы сложных объектов является актуальной задачей швейной промышленности, которая требует специального оборудования и программного обеспечения. Поэтому проведен и изложен анализ современного программного обеспечения для получения и обработки трехмерных моделей. Разработана концептуальная модель процесса проектирования внешней формы манекена на основе применения трехмерных и цифровых технологий (рис.1).

Концептуальная модель процесса проектирования внешней формы манекена предусматривает применение цифровых и трехмерных технологий для получения информации о внешней форме индивидуальных фигур. Основные пункты модели (рис.1) проектирования манекенов: получение исходной информации рабочей формы; изменение внешней поверхности рабочей формы; получение трехмерного манекена; изготовление манекена для одежды; изготовление пробной серий в условиях массового производства.

Технологии трехмерного сканирования и проектирования сложных объектов дают возможность получить достоверную информацию о внешней по-

верхности фигур. Данную информацию получают либо сканированием тела человека, либо трехмерным моделированием сечений фигур. В следствии чего получают рабочую форму поверхности фигур.

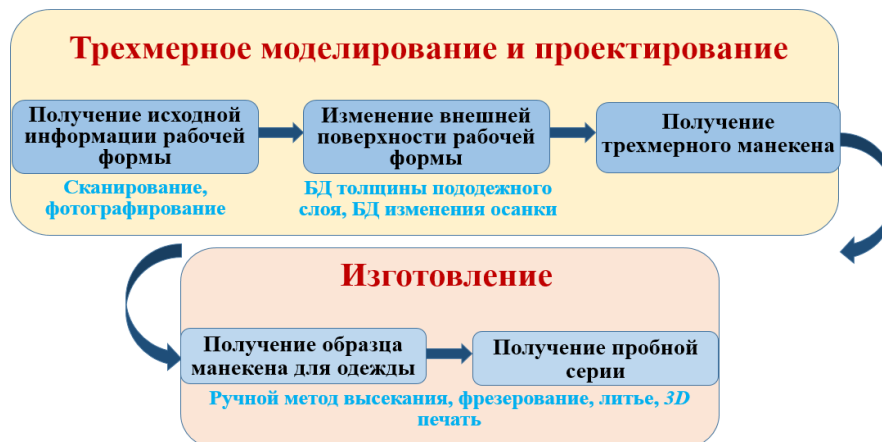


Рисунок 1 – Концептуальная модель процесса проектирования внешней формы манекена на основе применения трехмерных и цифровых технологий

На этапе изменения рабочей формы используют методику изменения осанки в зависимости от высоты каблука обуви и базу данных толщины пакета пододежного слоя. Далее следует этап получения трехмерного манекена, после которого происходит изготовление индивидуального манекена или матрицы промышленной серии в условиях массового производства.

Проектирование трехмерных моделей фигур с учетом данных о внешней форме тела человека, толщины пододежного слоя и величинах отклонения осанки в зависимости от высоты каблука: позволит клиенту принимать участие в проектировании одежды по персональному запросу; ускорит демонстрацию одежды с учетом размеров и типов телосложения фигур; предоставит возможность повышать качество швейных изделий.

Вторая глава описывает методы получения исходной информации о поверхности фигуры для разработки типовых и индивидуальных манекенов.

В данной работе проведены исследования формы тела человека с помощью систем технического зрения, для этого разработано две системы сканирования (рис.2).

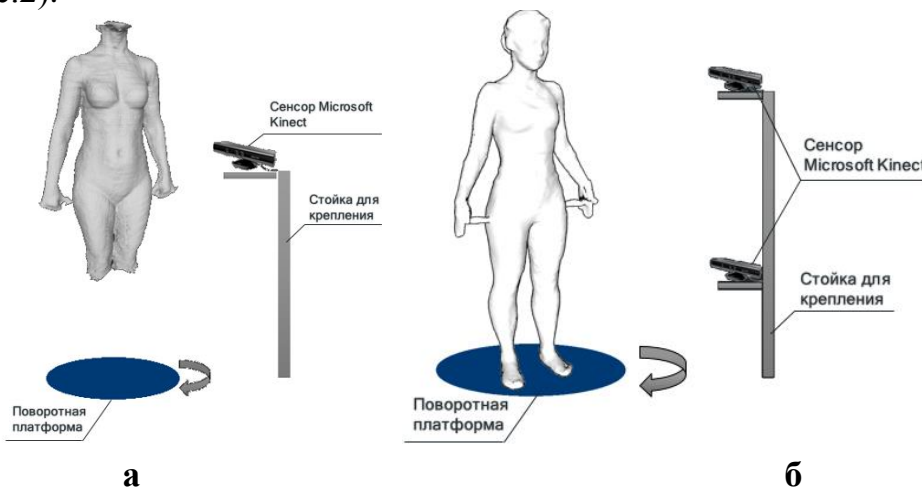


Рисунок 2 – Принципиальные схемы системы трехмерного сканирования: а – вариант 1 с одним сенсором; б – вариант 2 с двумя сенсорами

Системы включают: 1) сенсоры с инфракрасным излучающим лазером, инфракрасной камерой и камерой RGB (по типу сенсора Microsoft Kinect); 2) вспомогательные устройства для сканирования (поворотная платформа и стойка для сенсоров); 3) компьютер (ноутбук); 4) программное обеспечение (*Reconstruct Me, MeshLab*).

В ходе исследования формы тела человека с помощью систем трехмерного сканирования выявлена необходимость дополнительного изучения зоны соприкосновения верхних конечностей с туловищем человека в области проймы. При сканировании тела человека в области взаимного расположения рук относительно туловища возникает темная зона. Исследована область соприкосновения верхних конечностей с туловищем человека в зоне подмышечной впадины.

На первом этапе производят сканирование фигуры человека в статическом положении рук, зафиксированными в привычном положении вдоль туловища человека и в динамическом положении рук с разным углом между плечом и туловищем. Поза фигуры человека в статическом положении рук сканированного с опущенными руками: при сканировании человек стоит прямо вес тела распределен равномерно между двумя конечностями. Руки свободно опущены вдоль туловища или отведены на заданный угол. Отведение плеча производят только во фронтальной плоскости (рис.3).

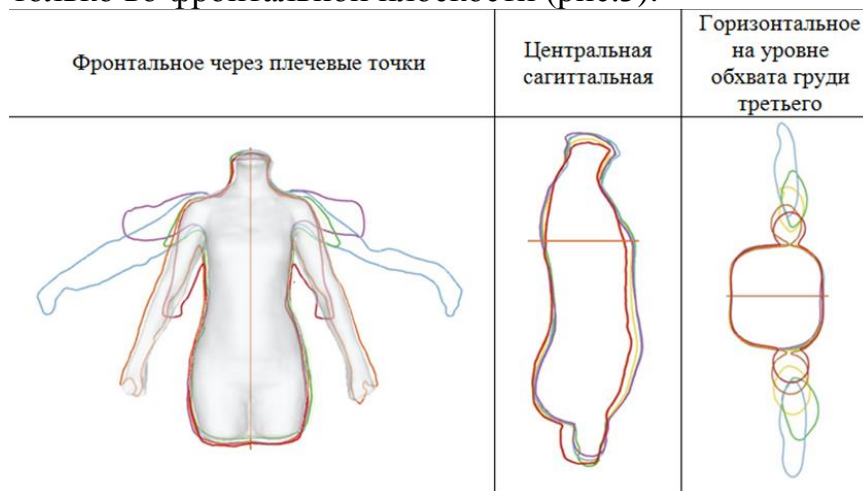


Рисунок 3- Исследование области соприкосновения верхних конечностей с туловищем человека в зоне подмышечной впадины

Доказана возможность сканирования индивидуальных фигур с отведением рук относительно туловища на 30 градусов. При сканировании фигуры с таким положением верхних конечностей распознаваемость участка в области подмышечной впадины повышается на 95%, а увеличение погрешности измерений размерных признаков не превышает 5%, что соответствует требованиям ГОСТ.

Проектирование манекенов с использованием технологии 3D сканирования требует проведения антропометрических исследований по изучению индивидуальных особенностей внешней формы тела человека. Идентификация антропометрических точек и размерных признаков на трехмерной модели фигуры позволяет получить данные для описания внешней формы тела человека (рис. 4). Разработана последовательность определения антропометрических

точек на трехмерной модели фигуры человека, что обеспечивает точное определение размерных признаков и снижение погрешности измерений. Процесс автоматического определения выпуклых антропометрических точек (верхушечная, точка основания шеи сзади, плечевая, лопаточная, выступающая точка живота, ягодичная, коленная) заключается в следующем (пример сосковая точка):

1. разворот трехмерной модели в положение «вид сбоку»;
2. построение вспомогательного горизонтального сечения через наиболее выступающую точку грудной железы (рис.4а);
3. разворот трехмерной модели в положение «вид спереди»;
4. поворот трехмерной модели относительно фронтальной оси до определения экстремума;
5. маркировка выступающей точки на горизонтальном сечении (рис.4б).

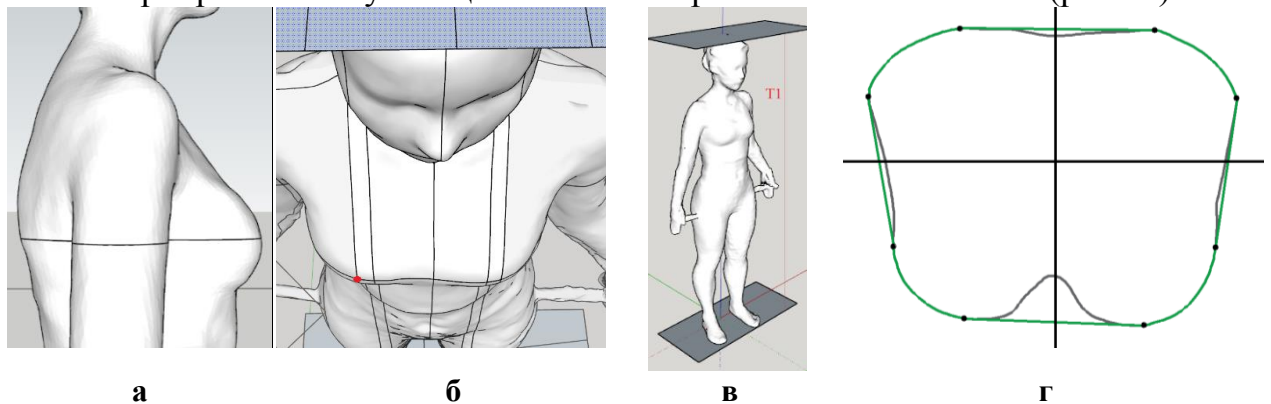


Рисунок 4 – Идентификация антропометрических точек и размерных признаков в виртуальной среде: а – построение горизонтального сечения; б – маркировка сосковой точки; в – определение размерного признака T1; г – измерение обхвата груди третьего

После нахождения и маркировки антропометрических точек определяют размерные признаки (пример определения размерного признака T1 продемонстрирован на рис.4.в). Полный алгоритм определения размерных признаков приведен в диссертации. В результате работы разработана и зарегистрирована в ФИПС база данных №2019620408 «Идентификация антропометрических точек и размерных признаков на трехмерной модели женской фигуры».

В исследовании формы тела человека приняли участие 200 женщин в возрасте от 21 до 35 лет и проведено 600 сканирований индивидуальных фигур. На основании выполненных в работе исследований разработана актуальная база данных виртуальных трехмерных моделей индивидуальных женских фигур взрослого населения. База данных состоит из трехмерных моделей фигур, набора сечений, структурирована по размерным признакам, получены новые сведения, которые можно использовать для формирования трехмерной рабочей формы манекена. Разработана методика формирования исходной трехмерной модели фигуры человека для построения типовых и индивидуальных манекенов в виртуальной среде на основе заранее разработанной рабочей формы.

Третья глава посвящена изучению влияния высоты каблука обуви на изменение формы верхней опорной поверхности фигуры человека, исследова-

нию особенностей асимметрии фигуры человека и определению толщины пакета материалов пододежного слоя на разных антропометрических уровнях фигуры.

Самым важным критерием оценки качества посадки готовой одежды является соответствие положения передней и задней частей изделия внешней форме фигуры и равновесное их положение на опорной поверхности фигуры, которая определяется осанкой. Последние исследования по влиянию высоты каблука обуви на изменение положения корпуса и высоты плеч выполнены Кобляковой Е.Б. и аспирантами еще в 1984 г. Вопрос исследования положения корпуса и высоты плеч женской фигуры при изменении высоты каблука становится особенно актуальным, в связи с отсутствием научно достоверной информации о таких исследованиях фигур современных женщин. Создание базы данных математических зависимостей, позволяющих внести коррективы в исходную базовую форму типового манекена или цифрового аватара, а впоследствии получить конструкцию одежды с высоким антропометрическим соответствием фигуре потребителя становится важной научной задачей. Для выполнения исследований предложена следующая последовательность действий:

1. Установить человека с нулевой высотой каблука (босиком) в привычное положение на платформу;
2. Зафиксировать положение фигуры на платформе с помощью статично установленного шеста;
3. Выполнить трехмерное сканирование фигуры, таким образом, чтобы в зону считывания попадал фиксирующий шест;
4. Изменить высоту каблука с помощью стандартных брусков, подкладываемых под пятку как показано на рисунке 5а (количество брусков 4, шаг изменения высоты 2 см, всего высота каблука меняется в диапазоне от 2 до 8 сантиметров);
5. Выполнить трехмерное сканирование фигуры с измененным положением высоты пятки;
6. Совместить полученные трехмерные модели фигуры между собой путем точного совмещения положения фиксирующего шеста (схема совмещения трехмерных моделей показана на рисунке 5б);
7. Измерить изменение положения корпуса фигуры в пространстве.

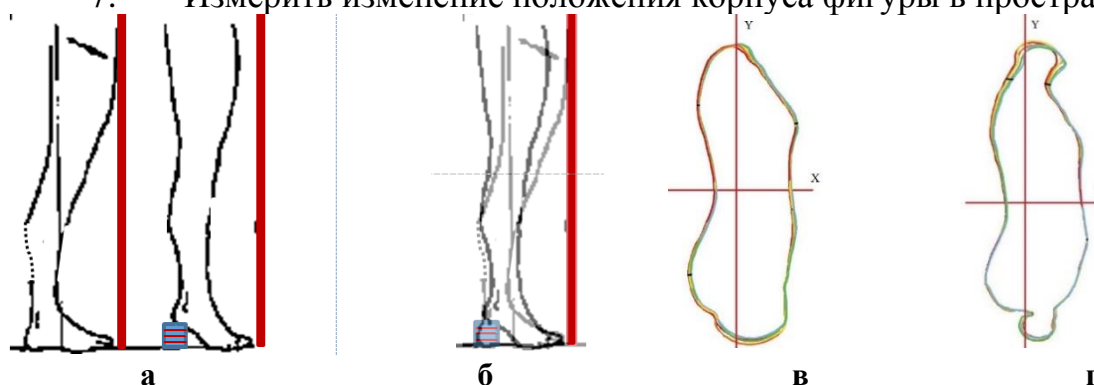


Рисунок 5- Схема: а -изменения высоты подъёма пятки (имитация изменения высоты каблука); б- совмещения трехмерных моделей фигур относительно фиксирующего шеста; в-совмещенные сагиттальные сечения через сосковую точку; г – совмещенные центральные сечения

Получены математические зависимости изменения положения антропометрических точек, при изменении высоты каблука с помощью полиномиальных функций.

Функция для точки основания шеи спереди (1):

$$y = 0,0269x^2 - 0,6229x + 36,094 \quad (1)$$

Функция для точки основания шеи сзади (2):

$$y = 0,0273x^2 + 0,1432x + 34,769 \quad (2)$$

Функция для точки выступления живота (3):

$$y = 0,2168x^2 - 7,3338x + 51,688 \quad (3)$$

Функция для сосковой точки (4):

$$y = -0,2094x^2 + 6,3661x - 31,8 \quad (4)$$

Функция для проекции лопаточной точки (5):

$$y = 0,0357x^2 + 0,7836x + 25,299 \quad (5)$$

Функция для проекции ягодичной точки (6):

$$y = 0,0396x^2 + 1,0054x - 14,738 \quad (6)$$

Разработана база данных математических зависимостей изменения положения антропометрических точек, отвечающих за определение положения копуса, а именно осанки по классификациям принятым в легкой промышленности. Полученные зависимости позволяют модифицировать типовой манекен (цифровой аватар) до получения манекена (цифрового аватара) в соответствии с требуемой высотой каблука обуви, которую потребитель или конструктор может выбрать при заказе индивидуальной одежды. Полученные функции позволили разработать рекомендации по изменению конструкций одежды, что обеспечит повышение качества швейных изделий и удовлетворенность потребителей в одежде.

Для получения толщины пакета материалов пододежного слоя между внешней поверхностью фигуры и внешней поверхностью одежды выполнен следующий эксперимент:

1. Сканирование исследуемой фигуры в нижнем белье;
2. Сканирование исследуемой фигуры в одежде первого слоя (белье + трикотажная майка / футболка);
3. Сканирование исследуемой фигуры в одежде первого и второго слоя (белье + хлопчатобумажная трикотажная майка / футболка + хлопчатобумажный трикотажный пуловер);
4. Сканирование исследуемой фигуры в одежде первого, второго и третьего слоя (белье + хлопчатобумажная трикотажная майка / футболка + хлопчатобумажный трикотажный пуловер + жакет);
5. Совмещение полученных трехмерных моделей;
6. Исследование изменения толщины пакетов материалов на значимых участках фигуры.

Для снижения погрешности при совмещении трехмерных моделей необходимо обеспечить минимальное изменение положения тела исследуемого человека в пространстве между сериями сканирования в многослойной одежде и в белье. Совмещение моделей производят по антропометрическим точкам не скрытых одеждой: шейная точка, точка основания шеи спереди, точка основа-

ния шеи сбоку, верхнегрудинная точка, коленная точка. На совмещенных трехмерных моделях фигур выполняют построение горизонтальных сечений по значимым антропометрическим уровням: груди, талии, бедер (рис.6).

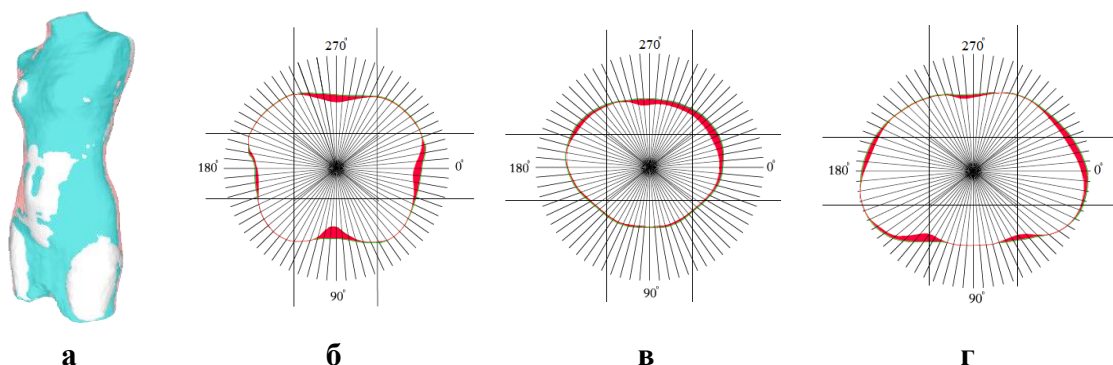


Рисунок 6 – Сечения совмещенных трехмерных моделей: а – совмещенные трехмерные модели; б – сечение на уровне обхвата груди третьего; в – сечение на уровне обхвата талии; г – сечение на уровне обхвата бедер (Т19)

На рисунке 7 приведены графики средних значений толщины пододежного слоя на уровне груди с шагом 10 градусов. В качестве одежды использовали белье + трикотажную майку + трикотажный пуловер + жакет, построенный с прибавками к обхвату груди, талии и бедер равными 6 см. Переход от проекционного изображения контуров горизонтальных сечений к анализу данных внутренней взаимосвязи поверхности одежды с поверхностью фигуры, проведен на основе графиков распределения воздушных зазоров, показанных на рисунке 7.

На рисунке 7 показано изменение величины зазора в области груди, талии, бедер передней части изделия в диапазоне градусов от 0 до 180. На графике видно, что величина проекционного зазора на уровне груди варьируется от 0 до 0,4 см. При этом в области опорной зоны на уровне выступающих точек грудных желез этот показатель не превышает 0,2 см от Цг1 до Цг2, что показывает высокую плотность прилегания одежды в этой зоне.

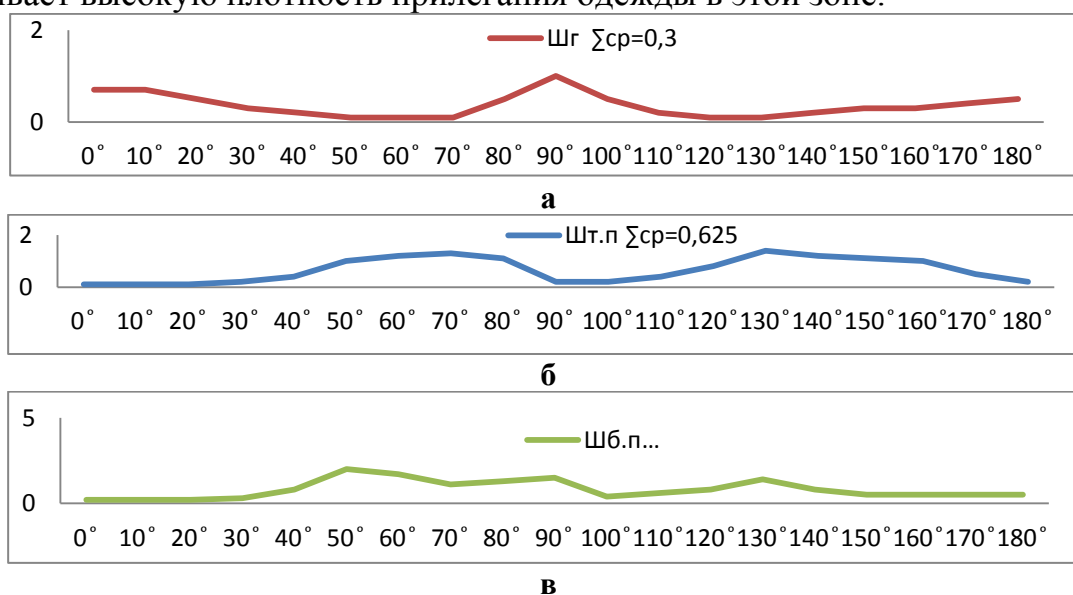


Рисунок 7 – Графики распределения пространственных зазоров между поверхностью одежды и внешней поверхностью фигуры в горизонтальных сечениях в области переда: а- груди, б-талии, в- бедер

Вторая графическая линия Шт.п (Ширина талии переда) (рис. 7б) показывает неравномерное распределение прибавки в данной области. Величина проекционного зазора варьируется от 0,1 см до 1,4 см. Основная величина зазора распределена в месте расположения вытачки на талии в диапазоне 50°-60°. Выведено среднее значение по результатам эксперимента Шт.п $\sum_{cp}=0,625$.

Третья линия Шб.п (Ширина бедер переда) (рис. 7в) также показывает неравномерное распределение прибавки, на графике видно, что большая величина зазора образуется в центральной части бедер в диапазоне от 50° до 130°. Величина проекционного зазора варьируется от 0,2 см до 1,7 см. Выведено среднее значение по результатам эксперимента Шб.п $\sum_{cp}=0,76$. Исследованы величины распределения толщины пододежного слоя на разных участках поверхности фигуры, для первого, второго и третьего слоёв одежды, получены математические зависимости, необходимые для построения внешней формы манекена с учетом толщины пододежного слоя, разработана база данных трехмерных моделей фигур и виртуальных манекенов для работы в 3D САПР проектирования одежды с возможностью виртуальной примерки. По результатам данных толщины пододежного слоя для разного ассортимента одежды разработана и зарегистрирована база данных №2019620487 «Формирование поверхности манекена с учетом толщины пододежного слоя».

Четвертая глава описывает практическую реализацию метода проектирования внешней формы манекена для одежды (рис. 8).

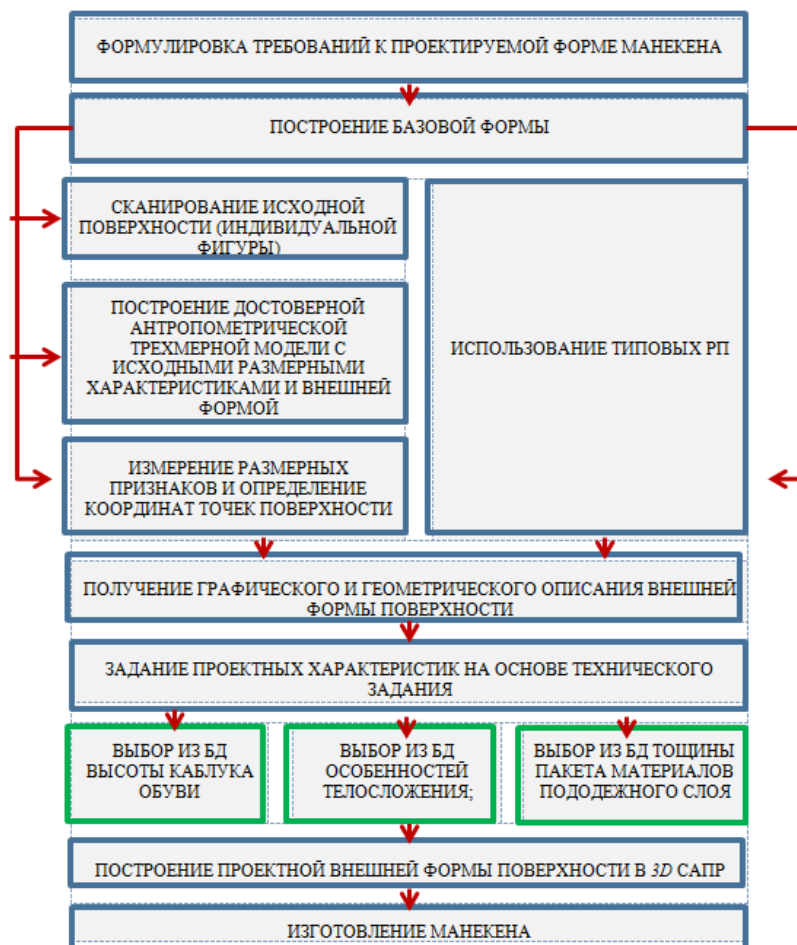


Рисунок 8 Последовательность проектирования внешней формы манекена

Метод проектирования внешней формы манекена включает последовательные операции и предусматривает два способа получения исходной информации для построения индивидуального и типового манекенов. Трехмерную модель индивидуального манекена получают при сканировании фигуры и последующей обработке в САПР, а типовую исходную трехмерную модель вызывают из каталога базы данных типовых трехмерных фигур. Далее происходит изменение осанки в зависимости от высоты каблука и определение толщины пакета материалов пододежного слоя в зависимости от назначения манекена. После всех преобразований внешней формы трехмерной модели формируют внешнюю форму манекена. Процесс проектирования внешней формы манекена представлен на рисунке 8.

На основе полученных результатов исследований в виде базы данных изменения толщины пододежного слоя на значимых для проектирования одежды антропометрических уровнях, а также математические зависимости расчета изменения положения антропометрических точек в зависимости от высоты каблука обуви позволили разработать рекомендации для совершенствования методик проектирования женской одежды с учетом индивидуальных особенностей фигур.

Практическая реализация предложенного метода позволила оценить достоверность проведенных исследований на примере построения индивидуального манекена. Изготовлены опытные образцы манекенов индивидуальной фигуры: с помощью технологии *3D* печати, методом послойного изготовления из пенополистирола и методом сборки горизонтальных и вертикальных абрисов фигуры.

Результаты сравнения, проектируемого виртуального трехмерного манекена и физических манекенов, изготовленных тремя способами, показывают, что максимальная погрешность в расхождении измеряемых величин не превышает 0,5 см, то есть с точностью 99,8% показывает соответствие моделей друг другу. Следовательно, доказывает применимость предложенного метода проектирования внешней формы манекена для массового и индивидуального производства одежды.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Разработана концепция процесса проектирования манекенов, которая определяет пути решения информационно-логических, конструкторских и технологических задач для разработки метода проектирования внешней формы манекена для одежды. Проектирование трехмерных манекенов для одежды на основе скорректированных данных о внешней форме тела человека, толщине пододежного слоя и величинах отклонения осанки в зависимости от высоты каблука позволит ускорить производство изготовления одежды. А также позволит повысить качество проектируемой одежды, так как проведение настоящих и виртуальных примерок будет проходить с учётом распределения толщины пододежного слоя и изменения осанки в зависимости от высоты каблука.
2. Разработана техническая структура модуля получения цифрового образа фигуры, состоящая из глубинных сенсоров и программного обеспечения.

Предложено два варианта модуля получения цифрового образа фигуры, спецификация оборудования и схематичный внешний вид. Разработана методика определения антропометрических точек и размерных признаков в трехмерной среде, обеспечивающая возможность автоматического и ручного выделения антропометрических точек, что приводит к повышению точности проводимых измерений по трехмерной сканированной модели. Реализация методики выполнена в программе SizeReader и разработана база данных: №2019620408 «Идентификация антропометрических точек и размерных признаков на трехмерной модели женской фигуры».

3. Исследована область соприкосновения верхних конечностей с туловищем человека в зоне подмышечных впадин. Доказана возможность сканирования индивидуальных фигур с отведением рук относительно туловища на 30 градусов. При сканировании фигуры с таким положением верхних конечностей распознаваемость участка в области подмышечной впадины повышается на 95%, а увеличение погрешности измерений размерных признаков не превышает 5%, что соответствует требованиям ГОСТ.

4. Исследованы особенности телосложения и осанки индивидуальных фигур, получена БД, необходимая для проектирования виртуальных и материальных манекенов по типовым размерным признакам с учетом особенностей осанки и телосложения, обеспечивающая возможность построения 115 856 201 вариантов различных фигур с разными типами осанок и телосложения.

5. Разработан метод проектирования манекенов, основанный на требованиях к типовым манекенам для одежды и принципах геометрического моделирования объектов сложных объемных форм. Информационной составляющей метода являются данные о внешней форме исходной поверхности, полученные трехмерным сканированием исходного объекта, значения величин изменения толщины пододежного слоя на значимых участках фигур женщин, значения изменения положения корпуса в зависимости от высоты каблука обуви.

6. Разработаны рекомендации для совершенствования методик проектирования женской одежды с учетом индивидуальных особенностей фигур, в виде БД об изменении толщины пододежного слоя на значимых для проектирования одежды антропометрических уровнях, а также математические зависимости для расчета изменения положения антропометрических точек.

7. Изготовлены опытные образцы манекенов для индивидуальной фигуры с помощью технологии 3D печати, методом послойного изготовления из пенополистирола и методом сборки горизонтальных и вертикальных абрисов фигуры. Выполнена оценка соответствия проектируемых персонализированных трехмерных виртуальных моделей манекенов изготовленным тремя способами реальным моделям манекенов, которая с точностью 99,8% показывает соответствие моделей друг другу, а, следовательно, доказывает применимость предложенного метода проектирования внешней формы манекена как в ручном, так и в цифровом формате.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ)

Статьи в изданиях, входящих в «Перечень...» ВАК при Минобрнауки России:

1. Тутова А.А., Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Особенности построения трехмерной модели манекена для одежды по данным трехмерного сканирования // Современные проблемы науки и образования. – 2015. - №2-1.
2. Гусева М.А., Петросова И.А., Андреева И.А., Саидова Ш.А., Тутова А.А. Исследование системы «человек – одежда» в динамике для проектирования эргономической одежды // Естественные и технические науки. – 2015. - №11. – с.513-516.
3. Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Тутова А.А., Гусев И.Д. 3D проектирование внешней формы и конструкций швейных изделий с высоким антропометрическим соответствием фигуре.// Дизайн. Материалы. Технология. – 2018. – №1. – с.114-119.
4. Степанов И.О., Тутова А.А., Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С. Виртуальное представление мужских костюмов на трехмерной модели фигуры потребителя // Дизайн и технологии. - 2018. - № 66 (108). - с. 60-68.
5. Тутова А.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Гусева М.А., Белгородский В.С. Проектирование трехмерных манекенов фигуры человека // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. - 2019. - Т. 43(1) - с. 65-70.

Статьи в прочих изданиях (база данных SCOPUS):

- 1 Petrosova I.A., Tutova A.A., Andreeva E.G. Designing three-dimensional man figure mannequins. // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019" - Chapter 3. 2020. - С. 042075.

Статьи в прочих изданиях:

1. Петросова И.А., Тутова А.А., Андреева Е.Г. Проектирование манекенов для одежды на основе данных трехмерного сканирования фигуры // Научный обозреватель,12(36). - 2013. - с.83-88.
2. Тутова А.А., Андреева Е.Г. Разработка метода проектирования трехмерных манекенов для одежды // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ – 2015): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1. – М.:ФГБОУ ВПО «МГУДТ». – 2015. – с.116-117.
3. Айкян Д.А., Гусева М.А., Тутова А.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г. Исследования неустойчивости формы одежды с помощью системы трехмерного сканирования // Научная дискуссия: вопросы технических наук: сб. ст. по материалам XLII Международной научно-практической конференции «Научная дискуссия: вопросы технических наук». – № 1 (31). – М., Изд. «Интернаука». - М.:ФГБОУ ВПО «МГУДТ». - 2016. – с. 129-133.
4. Тутова А.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Овсянникова М.А. Проектирование манекенов для людей с особенностями телосложения // Актуальные проблемы инклюзии: качество жизни, безбарьерная среда, образование без границ Сборник научных публикаций. – 2016. – с.70-73.

5. Овсянникова М.А., Тутова А.А., Антропометрические исследования для проектирования индивидуальных манекенов детских фигур // Проблемы и перспективы развития науки в России и мире сборник статей Международной научно-практической конференции. - 2016. - с. 53-55.
6. Петросова И.А., Андреева Е.Г., Гусева М.А., Тутова А.А. Проектирование индивидуальных виртуальных манекенов // Моделирование в технике и экономике сборник материалов международной научно-практической конференции. - 2016. - с. 534-536.
7. Петросова И.А., Андреева Е.Г., Тутова А.А., Овсянникова М.А., Разработка базы данных виртуальных манекенов детских фигур с применением сенсора MICROSOFT KINECT // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации-2016) сборник материалов международной научно-технической конференции. - 2016. - с. 210-214.
8. Тутова А.А., Петросова И.А. Проектирование манекенов для одежды с применением трехмерного сканирования // 66 Внутривузовская научная студенческая конференция «Молодые ученые – инновационному развитию общества (МИР-2014)». - с. 14
9. Гусев И.Д., Тутова А.А., Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Инструментарий для высокоточной параметрии швейного изделия. // В сборнике: материалы докладов 51-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов в двух томах. - 2018. - с. 136-139.
10. Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Тутова А.А. Методы проектирования манекенов фигур. разработка внешней формы манекена. // Электронное учебное пособие для магистров по направлению 29.04.05 Конструирование изделий легкой промышленности. – Москва. - 2018. – 68 с.

Базы данных:

1. Тутова А.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Гусева М.А., Белгородский В.С. Идентификация антропометрических точек и размерных признаков на трехмерной модели женской фигуры. // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019620408, 15.03.2019. Заявка № 2019620267 от 01.03.2019.
2. Тутова А.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Гусева М.А., Белгородский В.С. Формирование поверхности манекена с учетом толщины пододежного слоя. // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019620487, 26.03.2019. Заявка № 2019620261 от 01.03.2019.

Учебное пособие:

1. Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Тутова А.А. Методы проектирования манекенов фигур. разработка внешней формы манекена // Электронное учебное пособие для магистров по направлению 29.04.05 Конструирование изделий легкой промышленности. – Москва. – 2018 - 68 с.

ТУТОВА Анна Анатольевна

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВНЕШНЕЙ
ФОРМЫ МАНЕКЕНА ДЛЯ ОДЕЖДЫ**

Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 80 экз. Заказ № _____

**Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО
«РГУ им. А.Н. Косыгина»**

117997, г. Москва, ул. Садовническая, д.33, стр.1

Отпечатано в РИО ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»