

На правах рукописи

БЫРДИНА МАРИНА ВЛАДИМИРОВНА

**ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ
ФОРМЫ ОДНОСЛОЙНЫХ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Специальность 05.19.04 – «Технология швейных изделий»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Шахты – 2015

Работа выполнена в Институте сферы обслуживания и предпринимательства (филиале) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» на кафедре «Технология изделий легкой промышленности».

Научный руководитель **Назаренко Елена Владимировна**
кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования, технологии и дизайна ФГБОУ ВПО «Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета»

Официальные оппоненты: **Койтова Жанна Юрьевна**
доктор технических наук, профессор кафедры дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров ФГБОУ ВПО «Костромской государственный технологический университет»

Гетманцева Варвара Владимировна
кандидат технических наук, доцент кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий, ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии»

Ведущая организация **ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»**

Защита состоится «25» ноября 2015 г. в 11:40 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии» по адресу: 117997, Москва, ул. Садовническая 33, стр.1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Московского государственного университета дизайна и технологии.

Автореферат разослан «__» сентября 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.144.01



Е.В. Лунина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Приоритетной задачей развития современного общества является обеспечение населения России высококачественной одеждой отечественного производства, снижение материалоемкости и себестоимости швейных изделий, постоянное обновление и расширение ассортимента одежды, а также ее соответствие последним модным тенденциям.

При проектировании моделей одежды используют различные методы конструирования, которые принято разделять на приближенные и инженерные. Более точными являются инженерные методы конструирования одежды, но высокая трудоемкость и сложность получения разверток деталей одежды ограничивает их практическое применение. Создание эксклюзивных моделей одежды, отвечающих требованиям перспективного направления моды, и воспроизведение их в условиях массового производства требуют совершенствования методов проектирования одежды. Поэтому возникает объективная необходимость пересмотра традиционных принципов формообразования одежды и изыскание научно обоснованных, достаточно точных и удобных способов построения разверток деталей одежды, так как от точности их построения существенно зависит расход материалов, эстетические и эксплуатационные свойства изделий.

Традиционно высоким спросом пользуются изделия из натуральных кожевенных материалов, ассортимент которых динамично развивается, что требует использования новых технологий раскроя, изготовления изделий и соответственно разработки новых способов их проектирования. Вместе с тем высокая стоимость изделий остро ставит задачу рационального использования кожевенных материалов, доля затрат на которые составляет 80-90% себестоимости готовой продукции.

При проектировании моделей одежды важно знать, какой будет их объемно-пространственная форма в зависимости от конструктивного решения и свойств применяемых материалов. В настоящее время процесс проектирования швейных изделий не является полностью формализованным из-за недостаточного объема информации о поведении материалов в готовом изделии.

Исследование и моделирование объемно-пространственной формы одежды предлагается в работах отечественных ученых И.С. Зак, О.Д. Марченко, Р.И. Сизовой (ЦНИИШП), А.И. Мартыновой, Е.Г. Андреевой, Е.В. Лаврис, И.А. Петросовой, М.А. Гусевой, Ю.В. Линник, М.В. Киселевой,

Л.О. Гальцовой (МГУДТ), Н.Н. Раздомахина, Е.Я. Сурженко, А.Г. Басуева (СПбГУТД), В.Е. Кузьмичева (ИГТА), Д.А. Васильева, А.Е. Гореловой, Е.С. Давыдовой, Н.Л. Корниловой (ИВГПУ), В.Д. Фроловского, Д.В. Фроловского, В.В. Ландовского, И.Е. Ландовской (НГТУ), а также зарубежных ученых К.У. Sze, Х.Н. Liu (Китай), N. Magnenat-Thalmann, P. Volino, F. Cordier, U. Bonnany, I.R. Summers, M. Bergamsco, F. Salsedo (Швейцария), B. Thomaszewski, M. Wacker, W. Straber (Германия), D. Baraff, A. Witkin, U. Ascher, E. Boxerman, J. Eischen (США), D.E. Pea, P.F. Whelan (Ирландия), A. Taylor, E. Unver (Великобритания) и др.

Приведенный обзор отечественных и зарубежных исследований свидетельствует об актуальности разработки теоретических основ виртуального представления объемно-пространственной формы одежды. Создание адекватной модели пространственной формы швейного изделия с учетом свойств материалов и конструктивного решения изделия требует решения задачи о нахождении формы поверхности одежды аналитическим способом, построении математической модели пространственной формы изделия и ее последующей компьютерной визуализации.

Цель диссертационной работы заключается в исследовании и моделировании пространственной формы однослойных швейных изделий на основе построения математических моделей геометрии их поверхности, создании программного обеспечения визуализации пространственной формы изделий.

В соответствии с целью работы поставлены следующие задачи:

- построить математические модели пространственной формы однослойных швейных изделий с учетом жесткости и поверхностной плотности материалов;
- построить математические модели пространственной формы однослойных швейных изделий заданной жесткости и поверхностной плотности материалов при наличии соединительных швов и отделочных элементов в виде полос;
- провести экспериментальные исследования по определению пространственной формы однослойных конических швейных изделий;
- усовершенствовать дисковый метод определения драпируемости материалов с целью повышения точности результатов исследований;
- разработать программу визуализации формообразования поверхности однослойных швейных изделий конической формы.

Методы и средства исследований. Решение поставленных задач осуществлялось на основе методов вариационного исчисления, дифференциальных уравнений, теории многомерного статистического анализа и теории подобия. Расчет параметров и визуализация формообразования изделий выполнены в средах Maple 9.5, Embarcadero C++ Builder XE5, Excel; использовались программы Coral Draw, Photoshop.

Научная новизна работы заключается в разработке экспериментально-аналитического метода моделирования пространственной формы однослойных швейных изделий конической формы, исходя из принципа минимума потенциальной энергии, с использованием методов вариационного исчисления. В рамках разработанного метода

- получены математические модели, описывающие пространственную форму однослойных швейных изделий с учетом поверхностной плотности и жесткости материалов без швов и с учетом наличия соединительных швов и отделочных элементов в виде полос;
- научно обоснован метод проектирования швейных изделий конической формы, состоящих из одной или нескольких деталей в виде спиральных разверток, построение которых реализуется на основе прикладных пакетов математических программ;
- обоснованы конструкция отделочного элемента в виде перьевой тесьмы, способы определения драпируемости материалов для одежды и программа визуализации формообразования поверхности однослойных швейных изделий конической формы, новизна разработок подтверждена патентами на изобретения и свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ;
- на основе аналитических и экспериментальных исследований установлено, что жесткость составных деталей из анизотропных материалов вдоль шва соединения зависит от жесткости этих материалов как вдоль, так и поперек соединительного шва.

Практическая значимость работы заключается в том, что:

- усовершенствован прибор для определения драпируемости материалов дисковым методом, что позволяет повысить достоверность экспериментальных исследований;
- разработан программный продукт визуализации пространственной формы однослойных конических швейных изделий с учетом поверхностной плотности и жесткости материалов;

- разработана конструкция перьевой тесьмы с целью расширения ассортимента отделочных материалов для эксклюзивных моделей одежды;
- разработана модельная конструкция изделия со спиралевидными линиями членения;
- разработаны практические рекомендации по изготовлению конических швейных изделий со спиралевидными линиями членения;
- установлена взаимосвязь между шириной отделочного элемента и степенью продольной деформации этого элемента по его ширине, что позволяет использовать для изготовления швейных изделий конической формы предварительно деформированные прямолинейные полосы, в частности, из кожаных материалов.

На защиту выносятся:

- экспериментально-аналитический метод моделирования пространственной формы однослойных швейных изделий конической формы;
- метод проектирования швейных изделий конической формы, состоящих из одной или нескольких деталей в виде спиральных разверток;
- способы определения драпируемости материалов для одежды;
- программа визуализации пространственной формы однослойных швейных изделий конической формы с учетом поверхностной плотности и жесткости материалов;
- обоснование взаимосвязи жесткости составной детали вдоль и поперек шва соединения с показателями жесткости составных частей.

Апробация результатов работы. Основные теоретические положения и результаты диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на международных научно-практических и научно-технических конференциях: «Материалы и технологии XXI века» г. Пенза (2011), «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития» г. Одесса (2011, 2012), «Наукоемкие технологии на службе экологии человека» г. Шахты (2012), «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (ПРОГРЕСС-2013)» г. Иваново (2013), «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» г. Москва (2013), «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте» г. Одесса (2013, 2014), «Актуальные проблемы техники и технологии» г. Шахты (2014), «Инновации, экология и ресурсосберегающие технологии» г. Ростов-на-Дону (2014); на всероссийских научно-практических конференци-

ях «Национальное достояние России» г. Москва (2011), «Актуальные проблемы техники и технологии» г. Шахты (2010, 2011, 2013), «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» г. Москва (2015), «Юбилейная конференция студентов и молодых ученых» г. Ростов-на-Дону (2015); на межвузовской научно-практической конференции «Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях» г. Ставрополь (2010).

Внедрение результатов работы. Результаты работы внедрены в производственный процесс ООО «Силуэт», ИП «Изотиков И.С.» г. Шахты и в учебный процесс кафедры «Технология изделий легкой промышленности» ИСОиП (филиала) ДГТУ при проведении лабораторных и практических занятий по дисциплинам: «Основы научных исследований в легкой промышленности», «Ресурсосберегающие технологии», «Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности», «Технология одежды из кожи».

Публикации. Основные результаты работы опубликованы в 23 печатных работах, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных экспертным советом ВАК, получено 3 патента на изобретение, 1 патент на полезную модель и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертационной работы. Работа состоит из введения, четырех глав, выводов по работе, списка литературы, включающего 127 источников, и 9 приложений. Диссертация изложена на 195 страницах, содержит 13 таблиц и 76 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснованы актуальность темы диссертации, определена цель, сформулированы основные задачи работы, методы исследований, научная новизна и практическая значимость диссертации, ее структура и объем.

В **первой главе** приводятся тенденции дизайна современной одежды; характеристика способов и факторов, влияющих на формообразование швейных изделий; анализ методов конструирования разверток деталей одежды; способы определения драпируемости материалов; анализ исследований в области моделирования пространственной формы однослойных швейных изделий, современных САПР трехмерного проектирования одежды и работ по рациональному использованию материалов.

Анализ литературных источников показал, что исследованиями в области проектирования одежды выявлена возможность характеристики тела че-

ловека объемными геометрическими фигурами, но не установлена взаимосвязь между первоначальной формой одежды и пространственной формой, которую она принимает на фигуре человека с учетом конструктивного решения изделия и свойств материалов. Анализ отечественных и зарубежных исследований пространственной формы одежды свидетельствует об актуальности разработки теоретических основ ее виртуального представления.

В результате анализа существующих способов определения драпируемости материалов установлено, что они отражают частные случаи процесса формообразования материалов и не учитывают возможные погрешности измерений, влияющие на объективность и точность результатов исследований.

Традиционный раскрой натуральных кож с использованием лекал деталей изделий не позволяет рационально использовать кожевенные материалы, так как лекала имеют сложные криволинейные контуры. Величина межлекальных отходов, в зависимости от сорта кожи, может составлять до 46%, поэтому с целью сокращения сырьевых затрат возможно применять нетрадиционные способы раскроя кожевенных материалов.

Анализ литературы показал, что в области рационального использования материалов проводятся работы, основной целью которых является совершенствование выполнения раскладок лекал деталей изделий и нормирование расхода материалов на основе применения аналитических способов и с использованием программного обеспечения и электронно-вычислительной техники. Стремление специалистов швейного производства к переходу от работы с плоскими развертками деталей одежды к объемному представлению изделия актуализирует научные исследования и разработки в области 3D проектирования одежды, внедрение которых позволяет повысить качество швейных изделий за счет возможности виртуальной примерки на манекене и внесения возможных корректировок в конструкцию изделия, снизить материальные затраты на производство изделий, реализовывать быструю сменяемость моделей изделий и, таким образом, обеспечивать потребности населения в высококачественной одежде.

Во второй главе получены математические модели пространственной формы однослойных швейных изделий с учетом жесткости и поверхностной плотности материалов как без швов, так и с учетом наличия соединительных швов, исходя из принципа минимума потенциальной энергии и с использованием методов вариационного исчисления; предложен метод проектирования швейных изделий конической формы, состоящих из одной или нескольких

деталей в виде спиральных разверток, построение которых реализуется на основе прикладных пакетов математических программ; рассчитаны моменты инерции для различных вариантов расположения соединительных швов

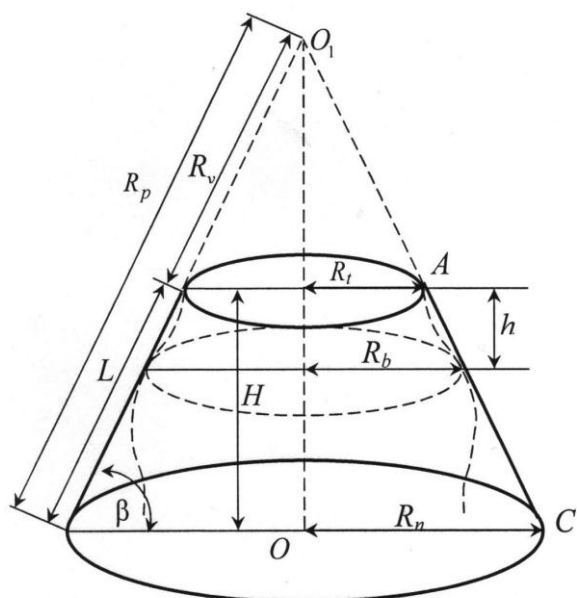


Рис. 1 – Моделирование юбки в форме усеченного конуса

Рассмотрена задача проектирования юбки в форме прямого кругового усеченного конуса (рис.1). Развертка боковой поверхности конуса описана с помощью криволинейных полос, ограниченных дугами окружностей верхнего и нижнего оснований и спиралями Архимеда, границы которых заданы в полярной системе координат в виде (1).

$$r_k = \frac{R_p - R_v}{\alpha \cdot p} \cdot \left(\varphi - \frac{\alpha k}{n} \right) + R_v, k = 1, 2, \dots, n$$

$$r_{k-1} = \frac{R_p - R_v}{\alpha \cdot p} \cdot \left(\varphi - \frac{\alpha(k-1)}{n} \right) + R_v \quad (1)$$

где r – полярный радиус, R_p – образующая конуса, R_v – образующая верхней части конуса, α – угол развертки конуса, p – количество оборотов спирали, φ – полярный угол, k – порядковый номер полосы, n – количество полос.

Для моделирования развертки боковой поверхности конуса в виде (1) разработан пакет программ в среде *Maple 9.5*. На рис. 2 приведены варианты спиральных разверток боковой поверхности усеченного конуса с разбиением их на несколько частей.

Рассмотрены особенности развертки поверхности усеченного конуса, образованного одной полосой, расположенной по спирали. Построены графики зависимости относительной деформации полосы от ее ширины и порядкового номера витка. Установлено, что с ростом ширины полосы возрастает величина ее относительной деформации, при этом с увеличением порядкового номера витка величина ее деформации уменьшается. Выявленные зависимости позволяют определять диапазон значений деформации и прогнозировать ширину прямолинейной полосы при получении пространственной формы, что особенно актуально для натуральных кожевенных материалов.

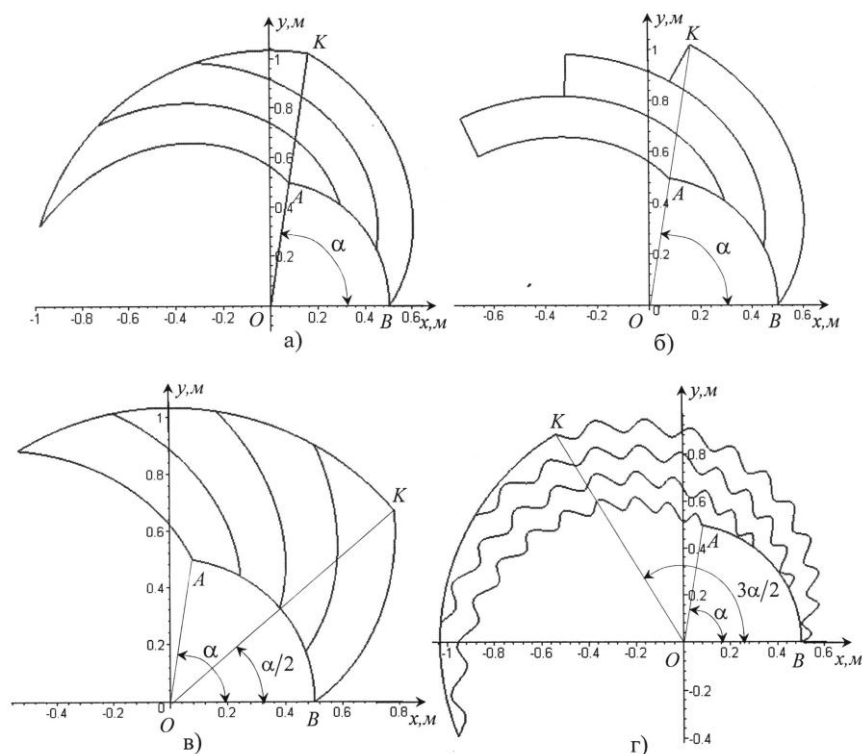


Рис. 2 – Варианты спиральных разверток боковой поверхности усеченного конуса:
 а) однозаходная из трех частей; б) однозаходная из трех частей с асимметричным нижним краем; в) полузаходная из четырех частей; г) полторазаходная из трех частей, ограниченная синусоидами

Рассмотрена задача определения пространственной формы модели однослойной конической юбки, которая условно изготовлена из гибкого упругого однородного материала. До деформации изделие имеет форму прямого кругового усеченного конуса, где швы располагаются в виде полос вдоль спиральных линий (рис. 3). Модель юбки описана с помощью понятия тонкой оболочки, так как толщина материала намного меньше ее геометрических параметров. Пространственная форма модели юбки определялась из условий фиксации ее по верхнему краю и с учетом жесткости и поверхностной плотности материала.

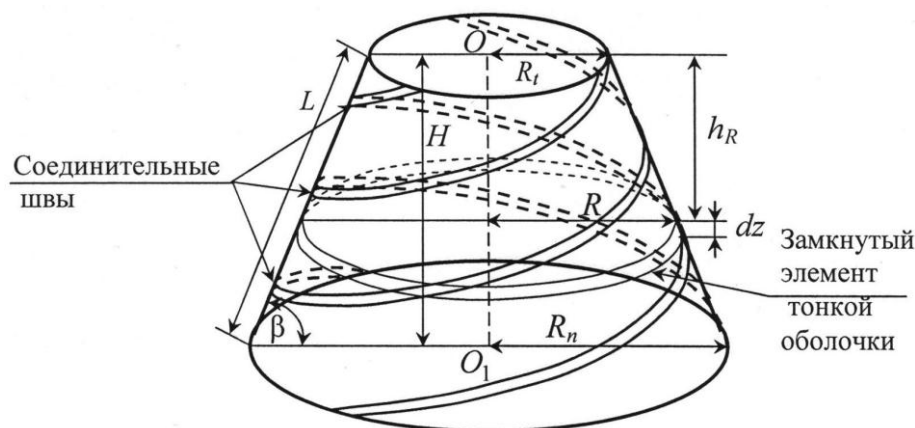


Рис. 3 – Моделирование модели юбки в форме усеченного конуса с учетом швов

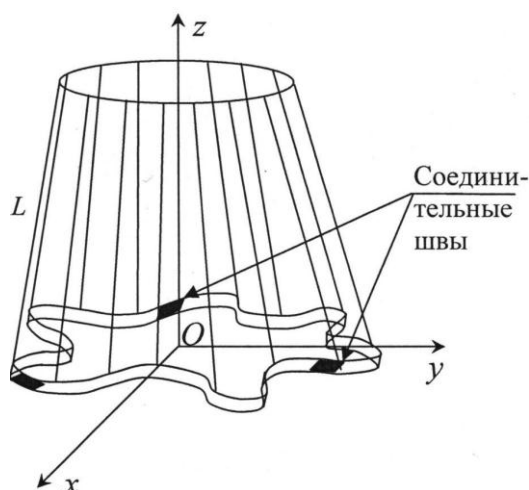


Рис. 4 – Пространственная форма элемента тонкой оболочки с учетом швов

Для построения математической модели, описывающей пространственную форму изделия, сначала рассмотрен его малый элемент, который назван замкнутым элементом тонкой оболочки. Замкнутый элемент с помощью тонких гибких и нерастяжимых нитей постоянной длины и на одинаковом расстоянии друг от друга соединен с диском, длина окружности которого равна обхвату талии (рис. 4).

Приближенное решение задачи формообразования замкнутого элемента тонкой оболочки получено, исходя из принципа минимума потенциальной энергии, на основе методов вариационного исчисления. Общая потенциальная энергия замкнутого элемента тонкой оболочки определяется в виде суммы потенциальной энергии положения элемента и энергии его изгиба.

$$\Pi_{\text{общ}} = \Pi_{\text{пол}} + \Pi_{\text{изг}}. \quad (2)$$

Потенциальная энергия положения замкнутого элемента тонкой оболочки определяется по формуле

$$\Pi_{\text{пол}} = \int \Delta P = \frac{g \cdot dz}{\cos \beta} \int_0^{2\pi} \rho(\varphi) \cdot \left(L - \sqrt{L^2 - (r(\varphi) - R_t)^2} \right) d\varphi, \quad (3)$$

где g – ускорение свободного падения; dz – высота элемента; β – угол между образующей и вертикальной осью усеченного конуса; $\rho(\varphi)$ – поверхностная плотность элемента; L – длина нитей; $r(\varphi)$ – полярный радиус, определяющий расстояние участка замкнутого элемента тонкой оболочки от вертикальной оси; R_t – радиус талии.

Потенциальная энергия изгиба замкнутого элемента тонкой оболочки определяется по формуле

$$\Pi_{\text{изг}} = \frac{dz}{2I \cos \beta} \int_0^{2\pi} B(\varphi) \cdot (R_t - r(\varphi))^2 d\varphi. \quad (4)$$

где $B(\varphi)$ – жесткость материала; I – центральный момент инерции.

Исходя из принципа минимума потенциальной энергии и учитывая формулы (2) – (4), получили вариационную задачу минимизации функционала (5) с интегральной связью (6).

$$\frac{g \cdot dz}{\cos \beta} \int_0^{2\pi} \rho(\varphi) \cdot \left(L - \sqrt{L^2 - (r(\varphi) - R_t)^2} \right) d\varphi + \frac{dz}{2I \cos \beta} \int_0^{2\pi} B(\varphi) (R_t - r(\varphi))^2 d\varphi \rightarrow \min. \quad (5)$$

$$\int_0^{2\pi} \sqrt{r^2(\varphi) + \left(\frac{dr}{d\varphi}\right)^2} d\varphi = 2\pi R. \quad (6)$$

Приближенное решение вариационной задачи получено в форме:

$$r(\varphi) = r_c + q \cdot \sin(\omega\varphi), \quad (7)$$

где r_c – средний радиус замкнутого элемента тонкой оболочки;

q – амплитуда изменения полярного радиуса $r(\varphi)$; ω – частота колебаний $r(\varphi)$.

Для построения приближенной формы тонкой упругой оболочки воспользовались подобием формы каждого из замкнутых элементов тонкой оболочки, на которые ее можно разбить в направлении вертикальной оси, при этом форма каждого из элементов описывается зависимостью (7).

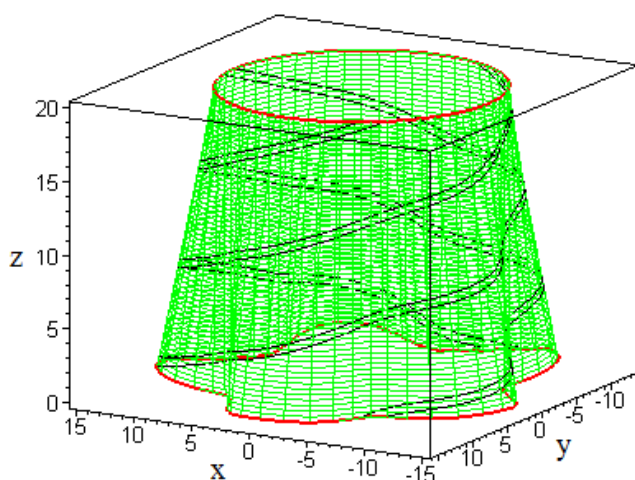


Рис. 5 – Пространственная форма модели юбки с учетом соединительных швов

Пространственная форма модели юбки с учетом соединительных швов смоделирована в среде *Maple 9.5* на женскую фигуру типового телосложения 164-96-104 (рис. 5). Форма срединной поверхности модели описана в цилиндрической системе координат в виде

$$\begin{cases} r(\varphi) = r_c + q \cdot \sin(\omega\varphi); \\ 0 \leq z \leq H, \end{cases} \quad (8)$$

где $r_c = 0,83R_n - \frac{z(0,83R_n - R_t)}{H}$;

$q = (0,83R_n - R_t) \frac{(0,83R_n - R_t)}{2,1} \left(1 - \frac{z}{H}\right)$; $\omega = 5$.

При образовании пространственной формы изделий характерной особенностью материалов является их способность изгибаться. Сопротивление материалов изменению своей формы характеризуется величиной жесткости на изгиб, которая выражается произведением модуля продольной упругости на момент инерции сечения тела относительно нейтральной оси.

Для того, чтобы знать, как при деформации изгиба материал с учетом соединительных швов сопротивляется изменению своей формы, в работе определены моменты инерции относительно центральной, верхней и нижней осей для швов, расположенных с лицевой и изнаночной стороны изделия. Установлено, что участок материала с соединительными швами, расположенными с изнаночной стороны изделия, обладает большей жесткостью, чем участок со швами, расположенными с лицевой стороны изделия.

В третьей главе описаны экспериментальные исследования по нахождению пространственной формы замкнутого элемента тонкой оболочки и модели юбки с учетом соединительных швов в форме активного эксперимента и с применением теории подобия, что позволило сократить количество опытов и получить представительную выборку по плану эксперимента. Целью проведенных экспериментов являлась проверка адекватности теоретических моделей пространственной формы элемента и модели юбки.

С целью отбора материалов для проведения экспериментальных исследований усовершенствован прибор для определения драпируемости материалов дисковым методом (рис. 6).

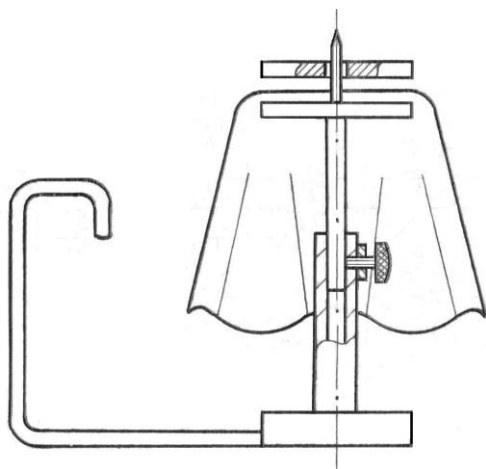


Рис. 6 – Усовершенствованный прибор для определения драпируемости материалов дисковым методом

Преимущество разработанного прибора заключается в том, он компактный и переносной, а возможность регулирования длины телескопического стержня прибора обеспечивает минимальный зазор между срезом образца и поверхностью сканера, что повышает точность фиксации его проекции, а перемещении прибора при помощи ручки позволяет устранить возможную деформацию образца, возникающую из-за соприкосновения его с исследователем.



Рис. 7 – Стенд для исследования пространственной формы замкнутого элемента тонкой оболочки

В качестве замкнутого элемента тонкой оболочки рассмотрена полоса материала шириной 1,5 см, являющаяся элементом конического изделия, ширина определена из условия достаточной приближенности его к малому элементу тонкой оболочки и условия, чтобы элемент не перекручивался вокруг собственной оси. По краю замкнутого элемента тонкой оболочки закреплялись гибкие нерастяжимые нити равной длины и на одинаковом расстоянии друг от друга, противоположные концы нитей закреплялись по краю диска (рис. 7).

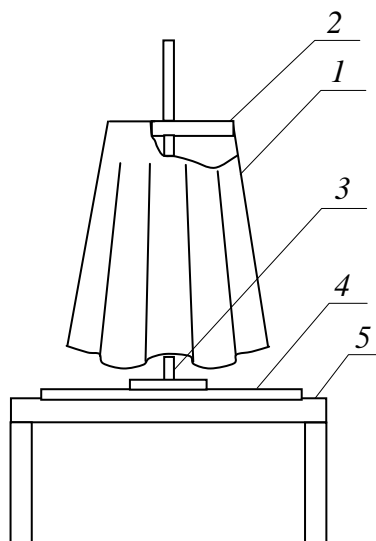


Рис. 8 – Стенд для исследования пространственной формы модели юбки

Стенд, на котором проводились экспериментальные исследования по определению пространственной формы модели юбки состоит из модели однослойной конической юбки 1, закрепленной по верхнему краю на диске 2, расположенном на стержне 3. При освещении сверху параллельными лучами света линия низа образца юбки тенью отображением проецировалась на лист бумаги 4, расположенный на столике 5.

При проведении опытов маркировалась граница горизонтальной проекции низа модели юбки и замкнутого элемента тонкой оболочки на листе бумаги и измерялись координаты вершин и впадин проекции (точек, которые наиболее и наименее удалены от центра проекции). Опыты проводились для всех точек плана эксперимента.

С помощью статистического анализа получены регрессионные зависимости среднего радиуса r_c и амплитуды q для замкнутого элемента тонкой оболочки

$$\begin{aligned} r_c &= 10^{-3}(141,034 - 0,0178 \cdot B - 7,3995p + 0,0252 \cdot B \cdot p) \\ q &= 10^{-4}(510,8298 - 0,05674 \cdot B + 11,7553p - 0,04565 \cdot B \cdot p) \end{aligned} \quad (9)$$

где B – жесткость материала, p – количество швов

а также для модели юбки, пространственная форма которой описывается (8)

$$\begin{aligned} r_c &= 10^{-3}(183,5011 - 0,01169 \cdot B + 0,00678p + 0,00536 \cdot B \cdot p) \\ q &= 10^{-3}(24,403 - 0,000464 \cdot B - 0,354788p - 0,002693 \cdot B \cdot p) \end{aligned} \quad (10)$$

Регрессионные зависимости проверены по критерию Фишера и приняты как правдоподобные. Анализ результатов экспериментальных исследований подтвердил адекватность теоретических расчетов, при этом погрешность рассогласования между теоретической и экспериментальной кривыми формы для замкнутого элемента тонкой оболочки не превосходит 9%, а для низа образца юбки не превышает 7%.

С целью установления влияния швов на жесткость материалов проведены экспериментальные исследования.

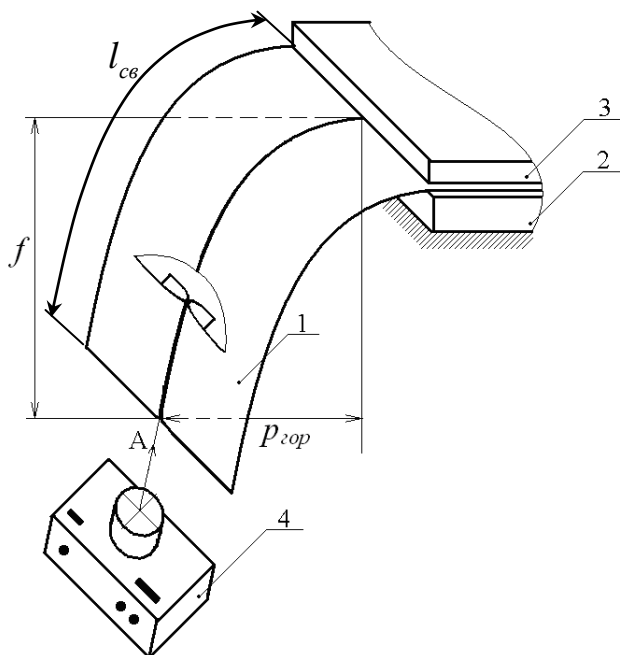


Рис. 9 – Принципиальная схема стенда для определения жесткости материалов

Принципиальная схема стенда для определения жесткости материалов представлена на рис. 9. Составную деталь 1 перемещали с интервалом 10 мм по горизонтальной плоскости 2. Сверху составную деталь прижимали пластиной 3. В зависимости от длины свешивающейся части детали измеряли прогиб f и горизонтальную проекцию $P_{гор}$. Геометрию поперечного края составной детали при определенной величине свешивающейся части фиксировали фотокамерой 6.

На основе экспериментальных исследований установлено, что жесткость составной детали из анизотропного материала вдоль шва соединения зависит от жесткости этого материала как вдоль, так и поперек шва. Жесткость составной детали вдоль шва больше, чем жесткость материала вдоль и поперек шва, при этом величина прогиба ее поперечного края зависит от длины свешивающейся части. В результате статистической обработки экспериментальных данных получены регрессионные зависимости прогиба и горизонтальной проекции от длины свешивающейся части детали.

В четвертой главе получена плотная раскладка лекал деталей юбок на основе правосторонней и левосторонней спиральных разверток прямого кругового усеченного конуса, при этом процент межлекальных выпадов составил 4,4%.

Разработана программа визуализации формообразования поверхности однослойных швейных изделий конических форм, что позволяет сопоставить теоретические расчеты с результатами экспериментальных исследований, выявить взаимосвязь между пространственной формой изделия и жесткостью материалов. Основой для создания программы выбрана среда Embarcadero C++ Builder XE5.

Главное окно программы состоит из области отображения и панели управления. На панели управления находятся поля ввода, с помощью которых осуществляется возможность выбора длины и величины расклешения юбки, жесткости материала, числа оборотов и количества швов; кнопка, вызывающая подпрограмму построения модели; кнопка вызова отображения формы проекций юбки; трекбар для вращения модели относительно вертикальной оси. Общий вид главного окна программы представлен на рис. 10.

Разработанное программное обеспечение позволяет визуализировать пространственную форму однослойных конических юбок и основывается на аналитическом описании модели изделия. Программа позволяет по заданным размерным признакам и с учетом жесткости материала и количества швов построить 3D изделие и возможностью вращения его вокруг вертикальной оси, а также получить проекции юбки при минимальной загрузке оперативной памяти компьютера. Фронтальная проекция позволяет оценить художественно-эстетические показатели изделия, горизонтальная проекция – определить количество и глубину складок.

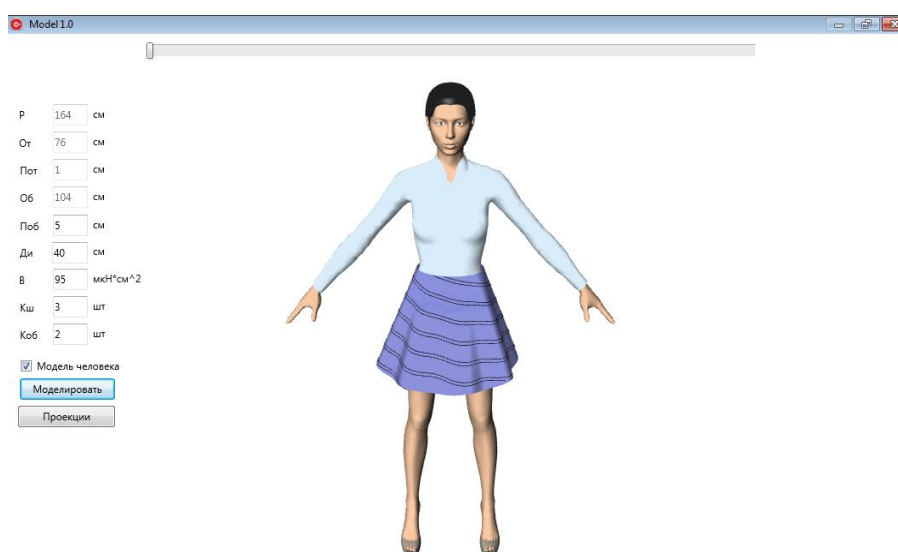


Рис. 10 - Главное окно программы

Применение программы при проектировании изделий позволяет минимизировать материальные и трудовые затраты на создание новых моделей одежды за счет создания виртуальных образцов 3D моделей юбок, возможности оперативных изменений в образцах моделей и передачи их по сети интернет. Программа может служить вспомогательным инструментом для проектировщиков швейных изделий.



Рис. 11 – Фотографии шляпы, изготовленной с применением предложенного метода проектирования швейных изделий

С применением предложенного метода проектирования швейных изделий изготовлены образцы юбок (с применением в качестве отделочного материала тесьмы-молнии и перьевой тесьмы) и образец головного убора (рис. 11).

Результаты диссертационной работы внедрены в производственный процесс ООО «Силуэт», ИП «Изотиков И.С.» г. Шахты и в учебный процесс кафедры «Технология изделий легкой промышленности» ИСОиП (филиала) ДГТУ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Научно обоснован метод проектирования швейных изделий конической формы, состоящей из одной или нескольких деталей в виде спиральных разверток, построение которых реализуется на основе прикладных пакетов математических программ.
2. Получены зависимости относительной деформации полосы развертки от ее ширины и порядкового номера оборота. Выявленные зависимости относительной деформации полосы позволяют прогнозировать ширину прямолинейной полосы при получении пространственной формы.
3. Предложена математическая модель пространственной формы элемента тонкой оболочки, который представляет собой усеченный конус малой высоты, закрепленный на диске с помощью нитей равной длины, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. Приближенное решение задачи формообразования замкнутого элемента тонкой оболочки получено на основе методов вариационного исчисления, исходя из принципа минимума потенциальной энергии. Получена математическая модель, описывающая поверхность однослойной конической юбки с учетом жесткости и поверхностной плотности материалов.
4. Приведенные расчеты моментов инерции позволяют выявить закономерности их изменения в зависимости от расположения соединительных швов и расстояния между ними. На основе аналитических и экспериментальных исследований установлено, что жесткость составных деталей из анизотропных материалов вдоль

шва соединения зависит от жесткости этих материалов как вдоль, так и поперек шва, при этом жесткость образца вдоль шва соединения составных деталей образца больше, чем жесткость материала вдоль и поперек шва.

5. Для исследования способности материалов к формообразованию усовершенствован прибор для определения драпируемости материалов дисковым методом, что позволило повысить точность и объективность результатов исследования за счет приближения условий испытания к реальным и уменьшения искажения проекции образца материала.

6. На основе планирования активного эксперимента по плану Бокса-Уилсона и с применением теории подобия проведены экспериментальные исследования формообразования замкнутого элемента тонкой оболочки и образца юбки. Методами многомерного статистического анализа получены регрессионные зависимости среднего радиуса и амплитуды складок для замкнутого элемента тонкой оболочки и образца юбки, гипотезы о регрессионных зависимостях проверены по критерию Фишера и приняты как правдоподобные. Анализ полученных результатов экспериментальных исследований подтвердил адекватность результатов теоретических расчетов. Относительная погрешность рассогласования теоретических расчетов среднего радиуса и амплитуды с экспериментальными значениями для элемента тонкой оболочки не превосходит 3%, а для образца юбки не превышает 3,5%.

7. Получена плотная раскладка лекал деталей юбок на основе правосторонней и левосторонней спиральных разверток прямого кругового усеченного конуса, при этом процент межлекальных выпадов составил 4,4%.

8. На основе математических моделей в среде Embarcadero C++ Builder XE5 разработан программный продукт, позволяющий визуализировать формообразование однослойной конической юбки на манекене в 3D графике с возможностью вращения его вокруг вертикальной оси, при этом параметры задаются интерактивно. В программе имеется возможность визуализации горизонтальной и фронтальной проекций изделия.

9. Разработана модельная конструкция юбки и практические рекомендации по проектированию конических швейных изделий со спиралевидными линиями членений, что позволяет расширить модельный ряд одежды, повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции, художественно-эстетические показатели и рационально использовать материалы.

10. Результаты работы внедрены в производственный процесс ООО «Силуэт», ИП «Изотиков И.С.» г. Шахты и в учебный процесс кафедры «Технология изделий легкой промышленности» ИСОиП (филиала) ДГТУ.

Публикации, отображающие основное содержание диссертации:

В изданиях, рекомендованных экспертным советом ВАК

1. Бекмурзаев Л.А., Бырдина М.В., Назаренко Е.В. Разработка нового подхода к проектированию эксклюзивных моделей швейных изделий // Швейная промышленность. – 2014 - № 3. – С. 24-26.

2. Бырдина М.В. Проектирование эксклюзивных моделей одежды с использованием аналитического способа развертки // Швейная промышленность. – 2014. - № 3. – С. 40-41.
3. Бекмурзаев Л.А., Бырдина М.В., Назаренко Е.В. Исследование и моделирование формообразования тонкой оболочки // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. - № 4 – С. 58-64.

Патенты

4. Патент на изобретение № 2518802 Российская Федерация, МПК C1 D04D 9/00 Конструкция перьевой тесьмы/ Бекмурзаев Л.А., Назаренко Е.В., Бырдина М.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС». №2012145478/12 заявл. 25.10.2012; опубл. 10.06.2014 Бюл. №16.
5. Патент на полезную модель № 140398 Российская Федерация, МПК U1 G01N 33/36 Способ определения драпируемости материалов для одежды / Бекмурзаев Л.А., Назаренко Е.В., Бырдина М.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС». №2013125396/15 заявл. 31.05.2013; опубл. 10.05.2014 Бюл. №13.
6. Патент на изобретение № 2528876 Российская Федерация, МПК G1 33/36 Способ определения драпируемости материалов для одежды / Бекмурзаев Л.А., Назаренко Е.В., Бырдина М.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС». №2528876 заявл. 12.03.2013; опубл. 20.09.2014 Бюл. №26.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Программа визуализации формообразования поверхности швейных изделий конических форм / Бекмурзаев Л.А., Бырдина М.В.; Назаренко Е.В., заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО «ДГТУ». №2014619892 заявл. 29.07.2014; опубл. 24.09.2014.
8. Патент на изобретение № 2542503 Российская Федерация, МПК G01N 33/36 Способ определения драпируемости материалов для одежды / Бекмурзаев Л.А., Назаренко Е.В., Бырдина М.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ДГТУ». №2013156737/15(088422) заявл. 19.12.2013.

Статьи в других изданиях

9. Шайкевич Е.И. Бырдина М.В. Характеристика конфигурации деталей женского пальто из натуральных кожевенных материалов // Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях: сб. материалов межвузовской научно-практической конференции. – Ставрополь. – 2010. – С. 310-314.
10. Шайкевич Е.И. Бырдина М.В. Моделирование изделий из натуральных кожевенных материалов на основе конструктивных членений основных деталей// Материалы и технологии XXI века: сб. материалов международной научно-технической конференции. – Пенза. – 2011. – С. 117-120.
11. Шайкевич Е.И. Бырдина М.В. Экспериментальная оценка факторов, влияющих на рациональное использование натуральных кож при изготовлении одежды // Национальное достояние России: сб. тезисов докладов участников V Всероссийской конференции. – Москва. – 2011. – С. 859-860.

12. Шайкевич Е.И. Бырдина М.В. Экспериментальная оценка факторов, влияющих на рациональное использование натуральных кож при изготовлении одежды // Современные направления теоретических и прикладных исследований 2011: сб. материалов международной научно-практической конференции. – Одесса: Черноморье. - 2011. – С. 36-39.
13. Назаренко Е.В., Бырдина М.В. Разработка нетрадиционных способов проектирования изделий из кожевенных материалов // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2012: сб. материалов международной научно-практической конференции. – Одесса. - 2012. – С. 64-66.
14. Назаренко Е.В., Алейникова О.А., Бырдина М.В., Кубкина Н.С. Совершенствование технологических методов изготовления одежды с применением перьев// Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2012: сб. материалов международной научно-практической конференции. – Одесса. - 2012. – С. 67-68.
15. Назаренко Е.В., Бырдина М.В. Анализ технологических свойств кожи африканского страуса // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2012: сб. материалов международной научно-технической конференции. – Шахты. – 2012. – С. 63-66.
16. Назаренко Е.В., Бырдина М.В., Кубкина Н.С. Совершенствование технологии изготовления одежды, декорированной перьями // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (ПРОГРЕСС - 2013): сб. материалов международной научно-практической конференции. – Иваново. – 2013. – С. 284-286.
17. Бекмурзаев Л.А., Назаренко Е.В., Бырдина М.В. Разработка новой методики определения драпируемости материалов для одежды // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности: сб. материалов международной научно-технической конференции. – Москва – 2013. – С.94.
18. Назаренко Е.В., Бырдина М.В. Общие принципы формообразования и направление совершенствования проектирования форм и конструкций одежды // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте: сб. материалов международной научно-практической конференции. – Одесса. – 2013. – С. 89-91.
19. Бекмурзаев Л.А., Бырдина М.В. Совершенствование метода определения драпируемости материалов // Инновации, экология и ресурсосберегающие технологии: сб. материалов по результатам XI международного научно-технического форума. – Ростов–на–Дону. – 2014. – С. 885-890.
20. Назаренко Е.В., Бырдина М.В., Синявская Я.Н., Чернохлебова А.А. Технологические решения изготовления перьевого тесьмы // Перспективные инновации в науке образовании, производстве и транспорте: сб. материалов международной научно-практической конференции. – Одесса. – 2014. – С. 85-88.

21. Синявская Я.Н., Бырдина М.В., Назаренко Е.В. Совершенствование технологии швейных изделий с перьями с целью повышения уровня качества // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2015): сб. материалов всероссийской научной студенческой конференции. – Москва. – 2015.
22. Чернохлебова А.А., Бырдина М.В., Бекмурзаев Л.А., Назаренко Е.В. Особенности определения жесткости материалов со швами // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2015): сб. материалов всероссийской научной студенческой конференции. – Москва. – 2015.
23. Бырдина М.В., Чернохлебова А.А., Бекмурзаев Л.А., Назаренко Е.В. Исследование жесткости текстильных материалов со швами // Сборник материалов по результатам юбилейной конференции студентов и молодых ученых, посвященной 85-летию ДГТУ. – Ростов-на-Дону. – 2015.

Личный вклад диссертанта в работах, опубликованных в соавторстве:

[1,3,4,5,6,7,8,12,14,16,17,23] – подготовлен материал и написано 80% работы;
[8,9,10,11] – проанализированы исходные данные и написано 70% работы;
[13,15,18,19,20,21,22] – проанализированы исходные данные, результаты расчетов и написано 60% работы.

БЫРДИНА МАРИНА ВЛАДИМИРОВНА

**Исследование и моделирование пространственной формы
однослойных швейных изделий**

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

Подписано в печать _____ 2015г. Формат 60×84/16

Усл. п. л. ____ Тираж _____ Зак. _____

Отпечатано в типографии _____

Адрес типографии _____