УДК 004.42:687.02

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ В СРЕДЕ EMBARCADERO RAD STUDIO

Бырдина М.В., Бекмурзаев Л.А., Мицик М.Ф.

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Шахты, e-mail: mail@sssu.ru

Настоящая публикация посвящена проблеме двумерной и трехмерной визуализаций конических швейных изделий (юбок сарафанов и т.д.), формообразование которых происходит в поле сил тяжести изделия и в поле сил упругости ткани. Построение трехмерных объектов реализуется в среде Embarcadero RAD Studio на основе классов примитивов для работы с библиотекой OpenGL, язык программирования для данной программы – Object Pascal. Для построения 3d графических объектов использовалось программное обеспечение – фреймворк. В качестве фреймворка для работы с 3d объектами при написании программного обеспечения использовался FireMonkey, который представляет собой векторный 2d объект как средство работы с примитивами. С помощью встроенного редактора имеется возможность создания нового компонента на основе одного или нескольких базовых.

Ключевые слова: двумерная и трехмерная визуализация, пакет Embarcadero RAD Studio, 3d графические объекты на основе примитивов

THREE-DIMENSIONAL VISUALIZATION OF GARMENTS IN THE ENVIRONMENT OF EMBARCADERO RAD STUDIO

Byrdina M.V., Bekmurzaev L.A., Mitsik M.F.

Institute of service and business (branch), Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Educational, Don State Technical University in Shakhty, e-mail: mail@sssu.ru

This publication is devoted to the problem of two-dimensional and three-dimensional visualizations tapered garments (skirts, sundresses, etc.), the shaping which occurs in the gravity field products and to the force field of elastic tissue. Construction of three-dimensional objects are realized in the environment of Embarcadero RAD Studio is based on classes of primitives for OpenGL, the programming language for this program is Object Pascal. For constructing 3d graphical objects used software – framework. As a framework for working with 3d objects when writing software was used FireMonkey, which is a 2d vector object as a means of working with primitives. Using the integrated editor you can create a new component based on one or more underlying.

Keywords: two-dimensional and three-dimensional visualization, the package Embarcadero RAD Studio, 3d graphic objects based on primitives

Актуальность работы и цели исследований

Динамичное развитие компьютерных технологий в последние десятилетия привело к быстрому развитию программного обеспечения. Программы создания компьютерной графики и трехмерного моделирования получили массовое распространение в различных сферах: при создании компьютерных игр и фильмов, в архитектуре и строительстве, в медицине и физике, в конструировании и дизайне текстильных изделий, в рекламе, а также во многих других областях.

В основе автоматизации процесса проектирования швейных изделий лежат различные методики конструирования одежды, которые определяют получение плоских разверток изделий и визуализацию пространственной формы одежды в трехмерной среде [1–3]. Для достижения высокого качества посадки проектируемого изделия и соответствия его эскизному и техническому заданию требуется примерка образца изделия с целью определения необходимости внесения корректировок в конструкцию изделия. На отечественных швейных предприятиях оценка качества проектных решений традиционно осуществляется субъективно, что обуславливает необходимость проведения исследования и разработки способов виртуального моделирования внешней формы одежды, а также объективной оценки качества пространственной формы изделий.

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 [4].

Цель настоящей работы – создание адекватной виртуальной модели системы «манекен – одежда», которая учитывает особенности пространственной формы изделий для

отдельных участков тела, согласующейся с физико-механическими свойствами материалов одежды, на основе аналитического описания пространственной формы изделий с последующей компьютерной визуализацией. Решение задачи формообразования одежды позволяет определить ее внешний вид в зависимости от граничных условий, которые задают форму изделия, влечет необходимость изучения свойств материалов и законов, по которым швейные изделия приобретают свою форму. В современном производстве процесс проектирования швейных изделий не является полностью формализованным из-за недостаточного объема информации о параметрах изделий на каждом этапе их проектирования и изготовления [5].

Новизна работы

Ведущие фирмы, которые занимаются разработкой САПР одежды, как в России, так и за рубежом, проводят исследования в области трехмерного проектирования одежды. Стремление специалистов швейного производства к переходу от работы с плоскими развертками деталей одежды к объемному проектированию формы изделия актуализирует научные исследования и разработки в области 3D проектирования одежды.

Использование компьютерных технологий при проектировании и разработке дизайна швейного изделия помогает увидеть конечный вариант задолго до того, как оно будет создано, что существенно расширяет возможности выбора заказчиком необходимого ему товара. Трехмерная графика позволяет создавать трехмерные макеты различных швейных изделий, повторяя их геометрическую форму и имитируя свойства материалов, из которых они созданы. Средства графики позволяют создать демонстрационный вариант изделия и получить полное представление о нем, осмотреть его со всех сторон, с разных точек, при различном освещении, моделировать различные свойства материалов с визуализацией формообразования изделия.

Для создания демонстрационных вариантов изделий могут использоваться различные пакеты программ визуализации, например Embarcadero C++ Builder XE5, Embarcadero RAD Studio, 3ds Max 2016 и др. При этом среда 3ds Max 2016 предназначена преимущественно для 3d моделирования, а среда Embarcadero RAD Studio расширяет возможности программы Embarcadero C++ Builder XE5, позволяет разрабатывать исполняемые приложения и менять входные параметры макета изделия в реальном времени [6].

На основе Embarcadero RAD Studio был разработан программный продукт, предназначенный для демонстрации пространственной формы однослойных швейных изделий (юбок) конической формы в поле сил тяжести и с учетом упругих свойств материалов. Визуализация пространственной формы изделия выявляет взаимосвязь между геометрией изделия и свойствами материалов [7].

Описание программы визуализации швейных изделий и манекена

Среда Embarcadero RAD Studio включает набор классов примитивов для работы с библиотекой OpenGL, язык программирования для данной программы – Object Pascal. Для построения 3d графических объектов использовалось программное обеспечение – фреймворк, которое предназначено для облегчения объединения компонентов программного проекта, при этом объединение происходило за счет использования единого API адреса.

В качестве фреймворка для работы с 3d объектами при написании программного обеспечения использовался FireMonkey, который представляет собой векторный 2d объект как средство работы с примитивами. FireMonkey представляют собой набор простейших кривых, плоских и объемных фигур. С помощью встроенного редактора имеется возможность создания нового компонента на основе одного или нескольких базовых. Так как одежда имеет сложную объемно-пространственную форму, то визуализация ее поверхности лишь на основе примитивов нецелесообразна, поскольку это привело бы к повышенному использованию оперативной памяти компьютера, соответственно, возникает необходимость описания пространственной формы поверхности изделия аналитическими методами. Для визуализации формообразования поверхности изделия и ввода соответствующих параметров проектирования юбки разработан интерфейс программы, с помощью которого осуществляется возможность выбора длины и величины расклешения юбки, жесткости материала, числа оборотов и количества спиралевидных соединительных швов. По заданным параметрам реализуется построение 3d поверхности однослойной конической юбки. Фреймворки предоставляют возможность объединять отдельные компоненты для создания моделей, при этом компоненты предполагают непосредственное задание вершин элементарного участка поверхности (рис. 1).

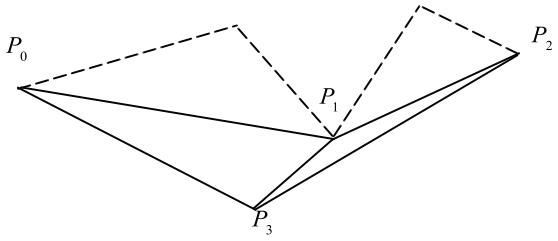


Рис. 1. Элементарный участок поверхности в OpenGL

Каждый элементарный участок задается координатами четырех вершин в трехмерном пространстве. Для создания поверхности из элементарных участков в OpenGL используется два буфера. В одном (Vertex Buffer) хранятся координаты вершин, во втором (Index Buffer) – индексы вершин, задающие опорные треугольники, при этом буферы позволяют хранить массивы данных, описывающих модель в оперативной памяти. Преимущество такого подхода состоит в увеличенной скорости обработки графики, но при этом существенно загружается оперативная память.

FireMonkey предоставляет оболочку для работы с элементарными функциями OpenGL. Для прорисовки модели с использованием буфера вершин, расположенного в оперативной памяти, в OpenGL устанавливаются указатели на различные атрибуты вершин функциями из Vertex Buffer, при этом Index Buffer определяет порядок следования вершин при построении геометрии.

В 3d моделях многие вершины принадлежат сразу нескольким треугольникам. Для того, чтобы несколько раз не дублировать в буфере вершин одинаковые точки, введена индексация вершин. Таким образом, геометрия модели описывается списком индексов, указывающих на соответствующие вершины. Использование индексированной геометрии значительно ускоряет прорисовку модели за счет использования post-TnL кэша (набора данных, к которым обращается программа). Видеокарта хранит последние преобразования, и если индекс указывает на уже преобразованную вершину, то повторного преобразования не происходит. В контексте работы с FireMonkey работа с буфером вершин и буфером индексов сводится к заполнению данных буферов, исходя из задаваемых параметров изделий и их математических моделей.

Для построения модели используются два объекта класса TMesh, причем имеется возможность независимого заполнения массивов данных. Оба объекта обладают одинаковыми свойствами: width (вид), height (высота), depth (глубина), rotation angle (поворот угла), position (позиция) и scale (масштаб). Это позволяет произвести наложение моделей и их последующую синхронизацию. При синхронизации используются свойства объекта Mesh – Rotation Angle и Scale. Rotation Angle определяет угол поворота системы координат относительно каждой из осей. В программе имеется возможность поворота модели вокруг вертикальной оси, что позволяет представить пространственную форму изделия при любом угле поворота. Построение модели пространственной формы однослойной конической юбки состоит из нескольких этапов – построения пространственной формы изделия, границ юбки и соединительных швов. Алгоритмы построения поверхности юбки и ее технологических элементов используются для 3d моделирования изделия. В качестве формата визуализации 3d изделия выбран формат OBJ, который содержит информацию о геометрии модели (описание координат вершин, связь координат текстуры, нормали координат вершин и др.). Визуализация и вращение 3d манекена вокруг вертикальной оси в программе происходит с использованием объекта класса TModel3D. Пространственная поверхность изделия описывается в списке координат вершин, текстурных координат и нормалей.

С целью синхронизации движения манекена с моделью юбки использовано свойство Rotation Angle, которое является одинаковым как для объекта Model3D, так и для объекта Mesh. Также совмещены системы координат всех объектов изображения. На рис. 2 представлено главное окно программы, состоящее из области отображения и панели управления, в котором совмещены модель манекена и юбки со спиралевидными конструктивно-декоративными швами. На панели управления находятся поля ввода для задания параметров моделирования юбки, кнопка, вызывающая подпрограмму построения модели, кнопка вызова формы отображения проекций юбки, TrackBar для вращения модели относительно вертикальной оси.

Адекватность построения пространственной формы швейных изделий и манекена проверялась следующим образом. Проверялось рассогласование изображения границы поверхности юбки и крайних точек швов при условии задания их равных значений по вертикали. Было установлено, что рассогласование равных аппликат границы юбки и крайних точек швов имеет место, однако погрешность этого рассогласования по отношению к длине юбки не превышает 2 %.

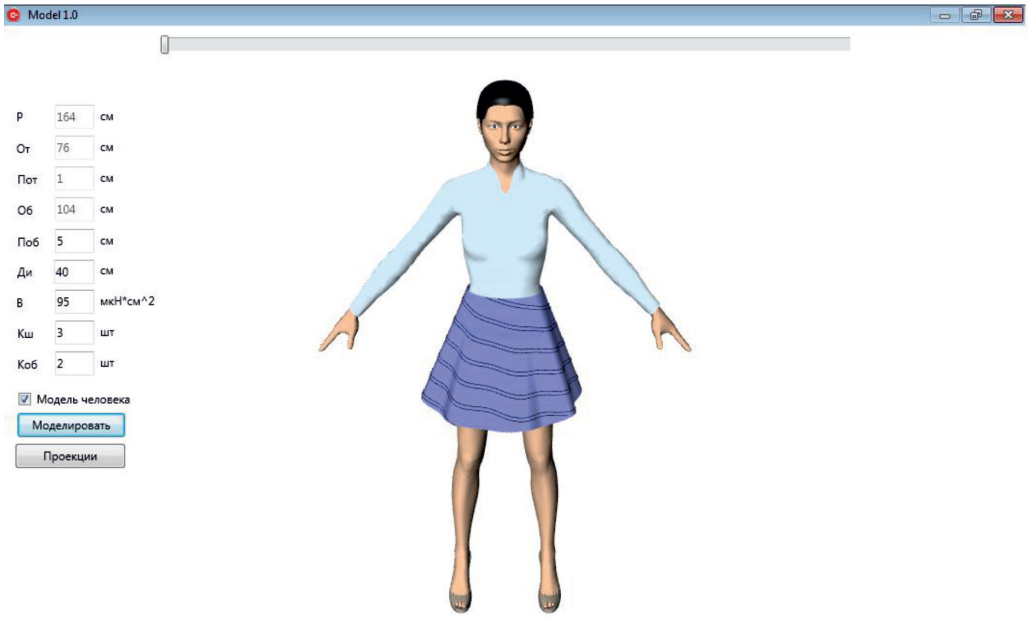


Рис. 2. Главное окно программы с 3D моделью для типовой женской фигуры, где Р = 164 см – рост манекена; От = 79 см – обхват талии; Пот = 1 см – прибавка к обхвату талии; Об = 104 см – обхват бедер; Поб = 5 см – прибавка к обхвату бедер; Ди = 40 см – длина изделия; $B = 95\frac{мкН}{см^2}$ *– жесткость ткани на изгиб; Кш = 3 – количество швов в изделии; Коб = 2 – количество оборотов швов вокруг вертикальной оси юбки*

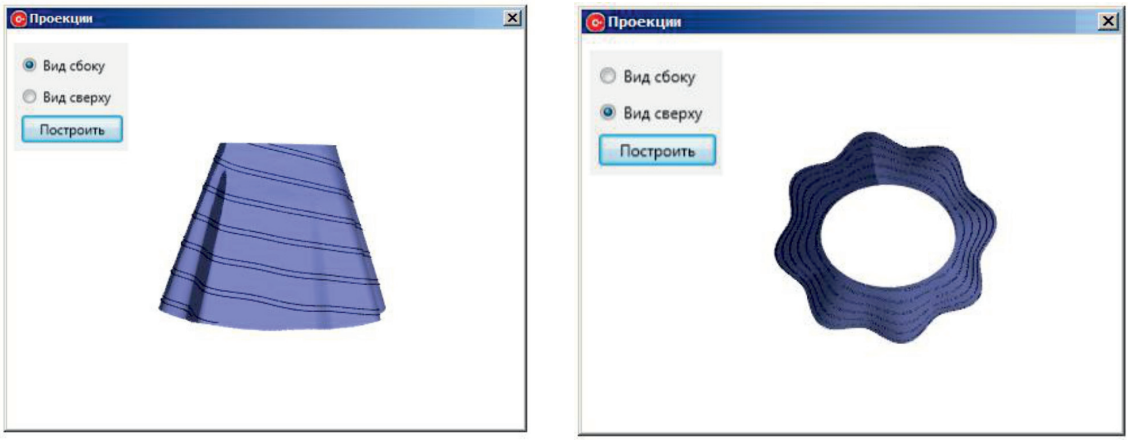
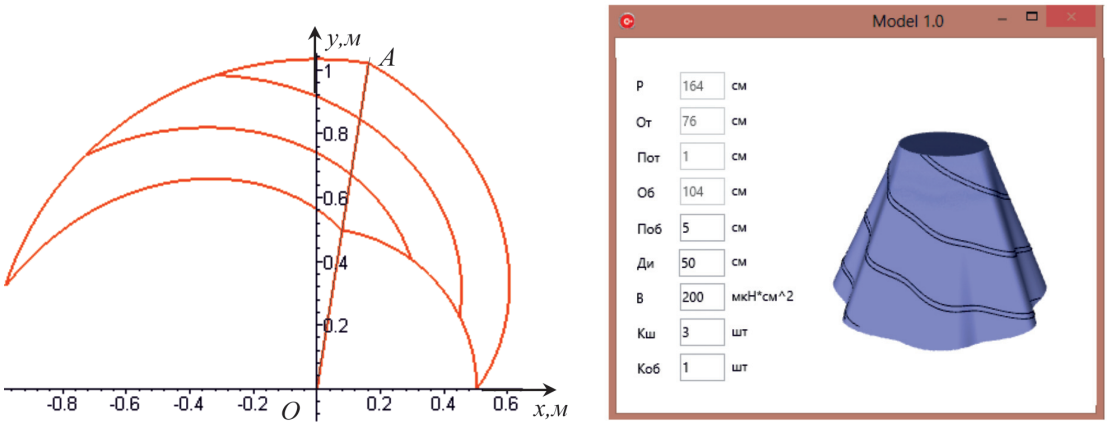


Рис. 3. Построение фронтальной и горизонтальной проекций юбки

Форма отображения проекций юбки вызывается в качестве модальной, то есть основная программа не доступна, пока открыта модальная. Алгоритмы расчета построения 3d модели юбки и формы проекций юбки подобны. Для получения проекций юбки использовано свойство Rotation Angle. На рис. 3 показана форма юбки при отображении ее фронтальной и вертикальной проекций. Переключение между режимами отображения проекций юбки происходит при помощи двух объектов класса TCheckBox, построение происходит при нажатии кнопки «Построить».

На рис. 4 представлен модельный пример спиральной развертки конической юбки с тремя швами и количеством оборотов швов $p = 1$ на женскую фигуру типового телосложения 164–96–104 (а) и визуализация пространственной формы изделия (б).



а) *б)*

Рис. 4. Спиральная развертка (а) и пространственная форма (б) конической однослойной юбки

Следует отметить, что на конической развертке юбки в случае числа оборотов швов $p = 1$ крайняя точка развертки верхней границы (рис. 4 (а)) и правая крайняя точка нижней границы юбки лежат на одной образующей *OA*, что означает их расположение на изделии в одной вертикальной плоскости. Поскольку число швов – три, то любая вертикальная плоскость при $p = 1$ пересекает ровно три шва.

Обозначения входных параметров изделия на рис. 4 (б) те же, что и для рис. 2. На рис. 4 (б) выбрана большая жесткость изделия, чем на рис. 2, что приводит к образованию меньшего числа складок (вместо восьми складок – шесть) и уменьшению глубины их залегания. Выбрано меньшее число оборотов швов вокруг вертикальной оси изделия, что приводит к уменьшению числа швов в вертикальном сечении, при этом жесткость изделия на изгиб за счет швов несколько уменьшается.

Выводы

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 построить 3D изделие с 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.

Визуализация пространственной формы изделия позволяет сопоставить результаты теоретических расчетов со значениями экспериментальных исследований, выявить взаимосвязь между геометрией изделия и свойствами материалов.

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. Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе студентами и аспирантами, занимающимися исследованиями по направлениям «технология изделий легкой промышленности» и «конструирование изделий легкой промышленности».

Список литературы

1. Стебельский М.В. Макетно-модельный метод проектирования одежды / М.В. Стебельский. – М.: Легкая индустрия, 1979. – 160 с.

2. Киселева М.В. Разработка параметрического метода 3D моделирования женских поясных изделий : дис….канд. техн. наук: 05.19.04. – М., 2011. – 232 с.

3. Фроловский В.Д. Моделирование поведения ткани на поверхности компьютерного манекена / В.Д. Фроловский // Известия вузов, технология текстильной промышленности. – 2006. – № 4. – С. 68–71.

4. Раздомахин Н.Н. Аналитическое описание разверток объемных поверхностей манекена и одежды / Н.Н. Раздомахин // Швейная промышленность. – 1997. – № 6. – С. 35.

5. Бырдина М.В. Проектирование эксклюзивных моделей одежды с использованием аналитического способа развертки / М.В. Бырдина // Швейная промышленность. – 2014. – № 3. – С. 40–41.

6. Официальный сайт Embarcadero RAD Studio [Электронный ресурс]. – URL: https://www.embarcadero.com/products/rad-studio (дата обращения: 04.04.2017.)

7. Бекмурзаев Л.А. Исследование и моделирование формообразования тонкой оболочки / Л.А. Бекмурзаев, М.В. Бырдина, Е.В. Назаренко // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4 – С. 58–64.