

УДК 681.3

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

¹Серёдкин А.Н., ²Виноградова Г.Л., ¹Филиппенко В.О.

¹ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет»,
Пенза, e-mail: rector@penzgtu.ru;

²ФГБОУ ВПО «Костромской государственный технологический университет»,
Кострома, e-mail: rector@kstu.edu.ru

В статье рассматриваются различные подходы к автоматизированному проектированию объектов сложной геометрической формы: с использованием 3D-сканера, специализированных и универсальных САД-систем. Анализируются достоинства и недостатки рассмотренных подходов. Предложена методика автоматизированного проектирования объектов сложной геометрической формы с использованием универсальной САД-системы на примере изделий обувной промышленности. В основу методики положен традиционный подход проектирования обуви в промышленности с использованием колодки. Применение методики позволяет снижать затраты и трудоемкость производства промышленных изделий. Дана формальная модель алгоритма проектирования обуви с использованием универсальной САД-системы. Приведены практические результаты использования предложенной методики для автоматизированного проектирования моделей женской обуви, применение которой позволяет в кратчайшие сроки получать модель изделия требуемого под заказ размера и цвета.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, формальная модель, сложная геометрическая форма, обувь

FOR COMPUTER AIDED DESIGN OBJECTS COMPLEX GEOMETRIC SHAPES

¹Seredkin A.N., ²Vinogradova G.L., ¹Filippenko V.O.

¹Penza State Technological University, Penza, e-mail: rector@penzgtu.ru;

²Kostroma State Technological University, Kostroma, e-mail: rector@kstu.edu.ru

The article discusses various approaches to computer-aided design of complex geometric shapes of objects: using 3D-scanner, specialized and CAD-systems. Analyzes the strengths and weaknesses of the considered approaches. A method of automated design of complex geometric shapes of objects using universal CAD-systems on the example of products footwear industry. The methodology laid traditional approach of designing footwear industry using pads. Application of the method allows to reduce the costs and complexity of industrial goods. Given the formal model of the algorithm design shoes using universal CAD-systems. The practical results of using the proposed method for the automated design of models of women's shoes, the use of which allows you to quickly receive the product model of the desired custom size and color.

Keywords: computer-aided design, formal model, of complex geometric shapes, shoes

В современных условиях повышение эффективности подготовки производства невозможно без применения информационных технологий. Среди ключевых автоматизированных систем, применяемых при подготовке производства, являются САД-системы.

Существуют различные подходы автоматизированного проектирования объектов сложной геометрической формы. В настоящей статье рассматривается методика проектирования таких объектов на примере изделий обувной промышленности. Варианты автоматизированного проектирования обуви являются следующие: использование 3D-сканера для формирования модели ноги (колодки) и передача в САД-систему с последующим проектированием фасона обуви [1].

Трёхмерное сканирование – это процесс перевода физической формы реаль-

ного объекта в цифровую форму, то есть получение трехмерной компьютерной модели объекта. На выходе с 3D-сканера формируется полигональная модель объекта, по которой можно моделировать точную математическую модель поверхности объекта. Трёхмерное сканирование осуществляется в несколько этапов.

Первый этап – сканирование отдельных фрагментов объекта, когда объект устанавливается перед сканером на некотором расстоянии. Это расстояние варьируется в зависимости от габаритов объекта и требуемой точности и плотности результирующей модели. Затем запускается процесс сканирования. Проектор подсвечивает объект набором специальных кадров, причем для каждого кадра проектора с камер поступает пара снимков с подсвеченным объектом. После обработки снимков рассчитываются трехмерные координаты точек

поверхности – облако точек, и строится триангулированная модель поверхности. Для того чтобы получить всю поверхность объекта, его необходимо отсканировать с разных ракурсов.

Следующий этап – предварительная обработка фрагментов, включающая удаление «шума» и ложной геометрии на фрагментах. Далее реализуется этап объединения фрагментов в единую модель, операция производится вручную либо, при наличии в системе сканирования поворотного стола, автоматически. На следующем этапе происходит постобработка модели, предполагающая удаление дефектов и сглаживание модели. Заключительным этапом является экспорт модели изделия в формате STL-файла. Формат STL (Stereolithography) является наиболее распространенным форматом передачи 3D-моделей в CAD/CAM систем.

Достоинствами метода являются:

- возможность получения полной информации о форме и размерах колодок, которая достаточна для автоматизированного проектирования технологической оснастки обувного производства;

- совместимость процессов обмера стопы и ввода данных в ЭВМ для дальнейшего проектирования колодки;

- высокая скорость измерений и малая погрешность замеров, что обеспечивает удобство для исследуемых и пользователей.

К недостаткам метода относятся:

- оптические трехмерные системы до сих пор довольно дорогие;

- сканированные модели объектов сложны и тяжеловесны;

- возможные проблемы с отражающими поверхностями.

Следующим вариантом является использование специализированного программного обеспечения, содержащего готовые базы моделей колодок, позволяющих разрабатывать различные модели обуви. Методика проектирования обуви с использованием специализированных обувных САПР, как правило, включает в себя несколько этапов.

Первый этап – получение 3D-модели колодки путём оцифровки физического прототипа или импорта уже существующей модели. Затем осуществляется дизайн новой модели обуви, включающий в себя проектирование верха обуви и подошвы, на основе полученной ранее модели колодки. Затем строится развёртка 3D-модели на плоскость для постройки выкройки всех элементов верха обуви для всего размерного ряда и размещение шаблонов деталей

на заготовке и подготовка информации для раскройных станков с ЧПУ.

Достоинствами метода являются: быстрое и точное проектирование и изготовление колодок, сокращение длительности производственного цикла и времени выхода продукта на рынок, повышенная точность и последовательность выполнения операций.

Как правило, это зарубежные системы, которые очень сложны в изучении и понимании. Оба варианта являются дорогостоящими, что для условий мелких и средних предприятий не всегда приемлемо.

Вариант применения универсальных САД-систем является доступным для большинства предприятий малого бизнеса в силу относительно низкой стоимости, наличия возможности параметризации моделей обуви, построения разверток поверхности для получения выкройки изделий [2]. Этот подход отличается от рассмотренных выше тем, что универсальные САД-системы не имеют возможностей специализированных САПР, таких как: автоматическое формирование 3D-модели колодки, удобные средства моделирования обуви и автоматического подбора размерного ряда для колодки. Поэтому ряд операций проектировщику придётся выполнять вручную, например такие, как построение параметрической 3D-модели колодки, моделирование верха и подошвы непосредственно на модели колодки.

К достоинствам метода относятся: относительно небольшая стоимость, возможность параметризации 3D-моделей, достаточность функционала для решения поставленных задач. Недостатками являются: низкая точность при построении модели, большие трудозатраты, несовместимость с 3D-сканером.

Настоящая статья посвящена разработке методики трёхмерного моделирования объектов сложной геометрической формы на примере обуви, которая может использоваться специалистами специализированных предприятий, как в маркетинговых целях (размещение моделей обуви в интернет-магазинах), так и в производственных при подготовке производства.

При создании методики автоматизированного проектирования обуви с использованием стандартных САД-систем разработано её формализованное представление. На основе анализа геометрической формы обуви установлено, что оптимальным способом проектирования является использование функции проектирования по сечениям, наличие которой есть в большинстве универсальных САПР.

Качество трёхмерной модели является функцией количества плоскостей с сечением в плоскостях

$$K_k = f(P_p, S_k), \quad (1)$$

где K_k – качество модели объекта; S_k – сечение в плоскости; P_p – множество плоскостей проектирования.

Качество модели является высоким при условии большого количества созданных плоскостей при проектировании, то есть

$$\begin{cases} K_k \rightarrow \max; \\ P_p \rightarrow \infty. \end{cases} \quad (2)$$

Следующим элементом, влияющим на качество модели объекта, являются сечения, построенные в каждой из плоскостей и содержащие n -е количество точек

$$S_k = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}, \quad (3)$$

где T_n – точки сечения; n – количество точек, необходимых для построения качественного сечения (например, с использованием инструмента – сплайн);

$$n = L_s / 1,5, \quad (4)$$

где L_s – длина сплайна в сечении; 1,5 – оптимальное расстояние между точками (мм), обеспечивающее качество сечения (установлено опытным путём).

Количество плоскостей проектирования, обеспечивающих высокое качество модели при относительно небольшой трудоёмкости проектирования, определяется по формуле

$$P_p = \text{Ш}_{cc} / 2, \quad (5)$$

где Ш_{cc} – ширина следа в сечении (мм); 2 – рациональное расстояние (мм) между плоскостями при построении модели (установлено опытным путём).

На базе предложенной математической модели с использованием инструментов моделирования трёхмерных объектов отечественной САПР T-flex, таких как булевы операции, оболочка, выталкивание, трубопровод, массив разработан алгоритм автоматизированного проектирования объектов сложной геометрической формы на примере изделий обувной промышленности, представленный на рис. 1.

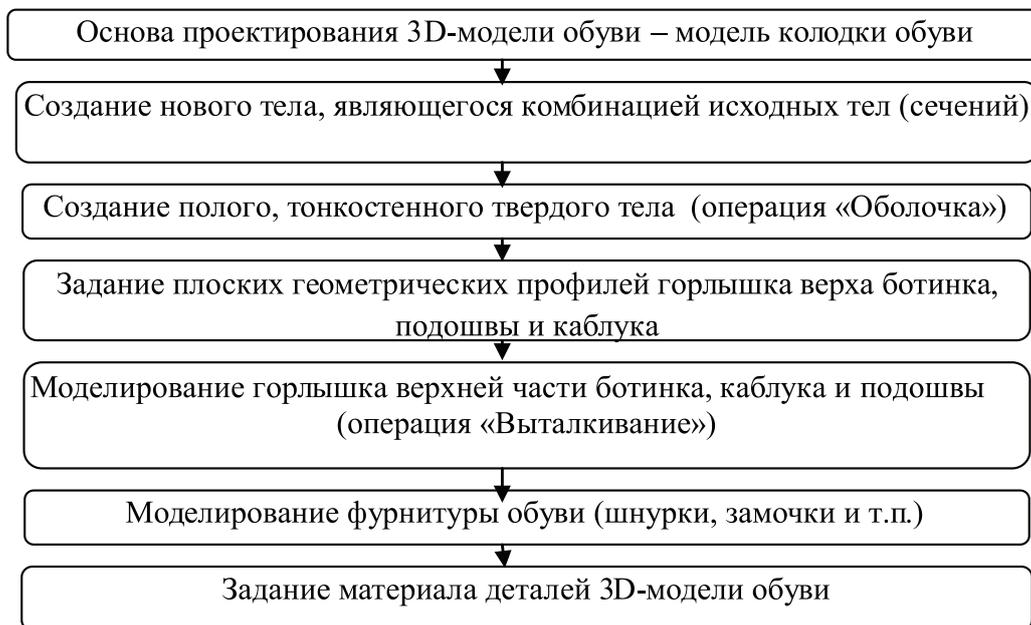


Рис. 1. Алгоритм проектирования обуви в системе T-FLEX-CAD

На рис. 2, 3 представленные итоговые модели обуви различных фасонов, спроектированные по предложенной методике. Количество сечений при проектировании представленных моделей незначительно (для снижения трудоёмкости), поэтому качество

моделей невысокое (наличие ребристости на поверхности моделей), что не является принципиальным при разработке методики. Однако при разработке модели на производстве количество плоскостей проектирования определит качество выпускаемой продукции.

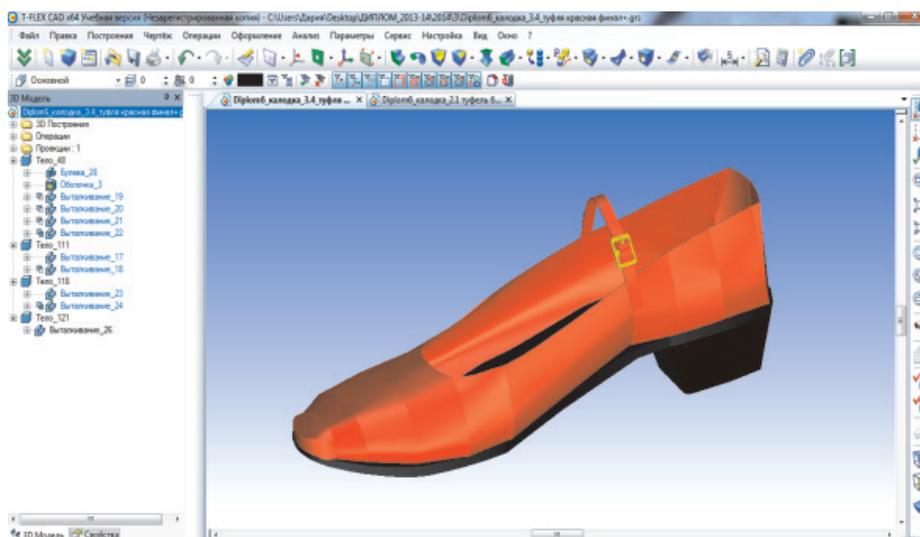


Рис. 2. 3D-модель женской обуви

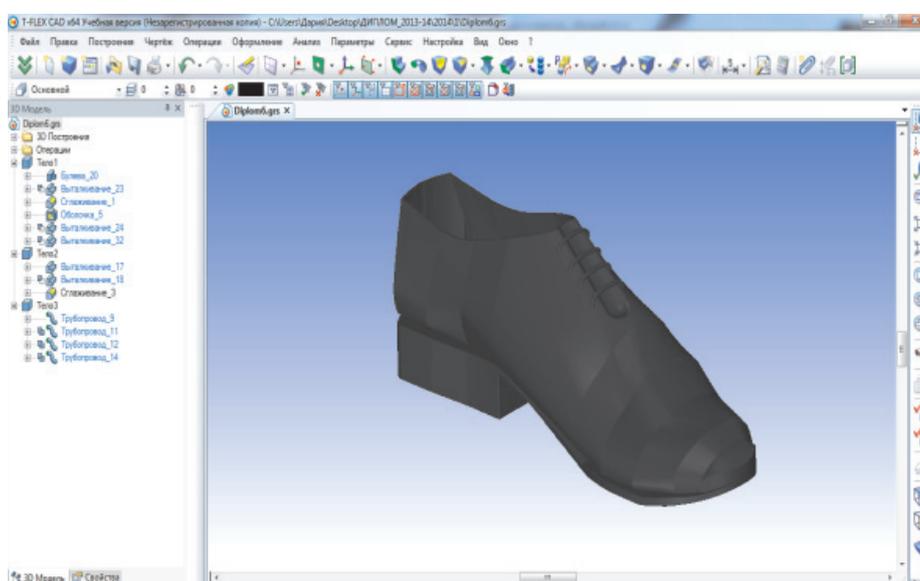


Рис. 3. 3D-модель мужской обуви

Таким образом, предложена методика и алгоритм автоматизированного проектирования 3D-моделей объектов сложной геометрической формы на примере обуви с использованием инструментария универсальной САД-системы, позволяющая сократить трудозатраты и время проектирования объектов.

Список литературы

1. Макарова В.С. Моделирование обуви и колодок. – М.: Информ-Знание, 2003. – С. 36–42.
2. Поверхностное моделирование [электронный ресурс]. Режим доступа: vselektii.ru/index.php/Poverxnostnoe-modelirovanie.html (дата обращения 1.05.2014).
3. Программа для конструкторской подготовки и 3D-моделирования T-FLEX CAD 3D [электронный ресурс]. Режим доступа: tflex.ru/products/konstruktor/cad3d/ (дата обращения 20.05.2014).
4. Топ Системы Разработчик российского программного комплекса T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM [электронный ресурс]. Режим доступа: tflex.ru (дата обращения 20.04.2014).
5. Фукин В.А. Теоретические основы проектирования внутренней формы обуви. – М.: МГУДТ, 2000. – 192 с.

References

1. Makarova V.S. Modelirovanie obuvi i kolodok. Moskva.: Inform-Znanie, 2003, pp. 36–42.
2. Poverxnostnoe modelirovanie [elektronnyj resurs]. rezhim dostupa: vselektii.ru/index.php/poverxnostnoe-modelirovanie.html (data obrashheniya 1.05.2014).
3. Programma dlya konstruktorskoj podgotovki i 3d-modelirovaniya T-FLEX CAD 3D [elektronnyj resurs]. rezhim dostupa tflex.ru/products/konstruktor/cad3d/ (data obrashheniya 20.05.2014).
4. Top-sistemy razrabotchik rossijskogo programmno kompleksa T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM [elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: tflex.ru (data obrashheniya 20.05.2014).
5. Fukin V.A. Teoreticheskie osnovy proektirovaniya vnutrennej formy obuvi. M.: MGUDT, 2000. 192 p.

Рецензенты:

Шведенко В.Н., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Костромской государственный технологический университет», г. Кострома;

Староверов Б.А., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Костромской государственный технологический университет», г. Кострома.

Работа поступила в редакцию 30.10.2014.