

На правах рукописи

СКАЗКИН АЛЕКСАНДР ВАЛЕРЬЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВНУТ-
РЕННЕЙ ФОРМЫ ОБУВИ НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ВИ-
ЗУАЛИЗАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ СТОПЫ**

Специальность 05.19.05 “Технология кожи, меха, обувных и
кожевенно-галантерейных изделий”

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2010

Работа выполнена в Московском государственном университете дизайна и технологии

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Фукин Виталий Александрович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент
Соколов Владимир Николаевич

кандидат технических наук
Французова Наталья Викторовна

Ведущая организация: ЗАО МОФ «Парижская коммуна»

Защита состоится « 22 » декабря 2010 г. В 10:00 час. на заседании диссертационного совета Д 212.144.01 в Московском государственном университете дизайна и технологии по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33

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

Автореферат разослан « 20 » ноября 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Лаврис Е.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Легкую промышленность характеризует большой ассортимент продукции, выпускаемой с применением разнообразных процессов производства. Следует отметить, что в условиях быстрого совершенствования промышленных изделий их моральный износ постоянно ускоряется. Поэтому темпы проектирования – важный показатель развития научно-технического прогресса в промышленности.

Представление и обработка графической информации проектной деятельности в настоящее время связаны с системами автоматизированного проектирования (САПР), которые стали важным звеном современной технологии производства сложных изделий, создания новых объектов, разработки технологических процессов.

Наиболее эффективным является 3D-проектирование, позволяющее без дополнительных построений просмотреть виртуальный прототип изделия со всех требуемых положений в пространстве. 3D-модель имеет реалистичный вид изделия, а это важно, так как графика – это наиболее эффективный способ представления информации. К тому же, при модификации определенных моделей можно создать несколько вариантов и выбрать наиболее подходящий с точки зрения модных инноваций. А возможность хранения виртуальных прототипов изделий и отработанных для них конструктивных решений позволяет возвращаться к любому этапу создания модели или копировать отдельные иллюстративные элементы для их доработки.

Современные САПР должны обеспечивать пользователю работу в интерактивном режиме, оперативный доступ к графической информации и эффективные средства ее обработки. Цель автоматизации проектирования – повышение качества, снижение материальных затрат, сокращение сроков проектирования и повышение производительности труда инженерно-технических работников, занятых проектированием.

Наилучшая форма организации процесса проектирования достигается при применении САПР – комплекса средств автоматизации проектирования. В комплекс средств автоматизации проектирования наряду с

техническим, математическим и другими видами обеспечения входит программное обеспечение.

В настоящее время существует огромное количество разнообразных САПР, в том числе и САПР обуви. Но, тем не менее, большинство из них так и не решают задачи перехода от форморазмеров стопы к форморазмерам колодки. Поэтому создание такой методики и системы автоматизированного проектирования продолжает оставаться актуальным и по сей день.

Целью работы является разработка методики проектирования внутренней формы обуви на основе виртуальной визуализации поверхности стопы.

Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие задачи:

- анализ существующих методов обмера стоп и разработка современного способа получения трехмерных антропометрических данных стопы;
- разработка методики создания трехмерной модели каркасной поверхности стопы с использованием 3D-сканера (Pedus 3D Footscanner);
- анализ существующих способов проектирования колодок и разработка новых методик проектирования колодок;
- разработка методики и программы для реализации процессов проектирования обуви на основе виртуальной визуализации поверхности стопы;

Методы исследования и технические средства решения задач. В работе использованы общенаучные методы и приемы исследований:

- анализ существующих методов обмера стопы и проектирования обуви;
- методики антропометрических исследований стоп;
- математические модели преобразования формы и размеров стопы в параметры колодки;
- теории алгоритмизации и программирования;
- методы антропометрии, биомеханики и конструирования изделий из кожи;

Для решения поставленных задач использовались следующие технические средства:

- трехмерный лазерный сканер «Pedus 3D Footscanner», дигитайзеры, графопостроители;
- язык программирования C++Builder 6.0;
- программные продукты сторонних разработчиков.

Научная новизна работы заключается в:

- разработке новых технологических решений процесса проектирования колодок;
- создании метода отображения пространственных данных о стопе в виде каркасной системы с использованием 3D-сканера (Pedus 3D Footscanner);
- разработке метода и алгоритма позволяющего осуществить переход от пространственных данных о стопе к пространственным данным о колодке;
- создании программного комплекса для проектирования колодок и обуви с использованием современных программных комплексов;

Практическую значимость работы составляют:

- методика получения антропометрических данных о стопах для автоматизированного проектирования обувных колодок;
- технология получения трехмерных данных о стопе и колодке;
- методика проектирования внутренней формы обуви на основе данных, полученных с помощью 3D-сканера (Pedus 3D Footscanner);
- новая методика проектирования колодок;
- программное обеспечение для реализации процессов проектирования обуви на основе виртуальной визуализации поверхности стопы;

Реализация результатов. Созданное современное программное обеспечение может использоваться на предприятиях индивидуального изготовления обуви и ортопедических фабриках, а также для массового производства.

Апробация результатов работы. Основные положения диссертации и результаты работы доложены на конференциях и заседаниях кафедры «Художественное моделирование, конструирование и технология изделий

из кожи» Московского государственного университета дизайна и технологии. Полученные результаты апробированы и внедрены в учебный процесс на кафедре «Художественное моделирование, конструирование и технология изделий из кожи» МГУДТ и на ЗАО МОФ «Парижская коммуна».

Публикации. Основные положения проведенных исследований отражены в 6 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, выводов по главам и по работе в целом, списка литературы. Работа изложена на 145 страницах машинного текста, включая 61 рисунок, 5 таблиц, список литературы из 115 наименований литературных и электронных источников.

На защиту выносятся:

- Методика и алгоритм выделения сечений стопы и колодки из трехмерной модели, полученной с помощью 3D-сканера (Pedus 3D Footscanner);
- Методика, позволяющая осуществить переход от пространственных данных о стопе к пространственным данным о колодке;
- Разработанный программный комплекс для преобразования параметров стопы в параметры внутренней формы обуви.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе проведен анализ бесконтактных способов получения антропометрических данных стопы. Для изучения формы и размеров стопы большое практическое значение имеют бесконтактные способы исследования пространственно-сложных тел, заключающиеся в том, что отображение поверхности объекта получают с помощью световых лучей оптических электронных устройств. Анализ показал преимущества трехмерного лазерного сканирования перед другими методами съемки при работе с геометрически сложными объектами.

Основными достоинствами трехмерных бесконтактных сканеров являются:

- 1) возможность получения полной информации о форме и размерах стоп, которая достаточна для автоматизированного проектирования технологической оснастки обувного производства;
- 2) совместимость процессов обмера стопы и ввода данных в компьютер для дальнейшего проектирования колодки;
- 3) высокая скорость измерений при низкой погрешности замеров, что обеспечивает удобство для исследуемых и пользователей.

Технология бесконтактного трехмерного сканирования является одним из самых перспективных направлений развития автоматизации обмера стопы. Потребность в данном виде обмера возникает тогда, когда надо решить две задачи: во-первых, получить максимально полную информацию об объектах со сложной геометрией, во-вторых, обеспечить высокую скорость предоставления данных.

Известны три основных направления, по которым развивалась технология трехмерного сканирования: сканирование по точкам, по зонам и по полосам. Наилучшие результаты показала технология сканирования по полосам. Трехмерные устройства сканирования для обмера стопы разрабатываются на основе использования последней, сущность которой заключается в том, что на поверхность стопы проецируется световая полоса (часто лазерные лучи) или сетка и ее положение записывается внешними видеокамерами. Постепенно по мере сканирования модели от одного края до другого выстраивается точный образ ее поверхности и записывается трехмерная текстура.

Одним из самых точных и быстрых способов получения трехмерных моделей реальных предметов является оптическая лазерная триангуляция. Метод оптической лазерной триангуляции основан на освещении объекта лазерным лучом и регистрации отраженного от объекта излучения. Зная информацию о взаимном расположении источника лазерного излучения и регистрирующей видеокамеры, возможно вычисление реальных трехмерных координат точек поверхности сканируемого объекта путем обработки изображений, поступающих с видеокамеры. Полная модель сканируемого

объекта получается путем смещения лазерной линии вдоль всей его поверхности.

Точка падения лазера на поверхности объекта и регистрирующая видеокамера образуют в пространстве треугольник, зная параметры которого можно вычислить расстояние до облучаемого лазером участка поверхности сканируемого объекта, поэтому данный метод назван триангуляцией (от латинского «triangulum» - треугольник). С появлением лазеров метод оптической триангуляции получил качественный скачок. Узкий спектр и малое расхождение лазерного пучка позволили значительно повысить точность, а так же расширить диапазон измеряемых расстояний в триангуляционных измерениях.

Использованный в данной работе комплекс «PEDUS 3D Footscanner» для сканирования стопы человека оснащен тремя ПЗС-камерами и тремя лазерами, с помощью которых можно сканировать стопу за время меньше 10 с и воспроизводить ее трехмерное изображение на экране компьютера. Координаты точек поверхности стопы измеряются методом оптической триангуляции с опорным лазерным лучом.

Наш выбор обусловлен тем, что фирма VITRONIC хорошо известна своими техническими разработками в области сканирования человеческого тела, и в частности стопы. На основании измерений сканера Vitus smart осуществляется проектирование одежды. Поэтому нами было решено, на основании полученных с помощью сканера «PEDUS 3D Footscanner» антропометрических данных стопы, осуществить проектирование внутренней формы обуви.

Во второй главе проведен анализ двух основных методов моделирования промышленных изделий: сплайнового и полигонального моделирования. Сплайновое моделирование - это моделирование математически гладкими линиями - сплайнами. Полигональное моделирование - это расстановка углов, вершин многоугольников в трехмерном пространстве.

На основании этого анализа сделан вывод, что если при изготовлении промышленного изделия необходимо получить гарантированно пред-

сказуемый гладкий и точный результат, то моделирование поверхностей должно вестись сплайнами. Также следует, учитывать, что при выборе метода создания конкретного объекта нужно учитывать несколько факторов. Сплайны хорошо подходят для моделирования объектов, которые можно строить путем стыковки друг с другом гладких фрагментов поверхности (в нашем случае это удобно при стыковке носочной части колодки с ее базовой частью). Также очень удобно использовать сплайны для построения серийно выпускаемых промышленных изделий, в том числе обувных колодок, которые одновременно характеризуются точностью исполнения и обтекаемыми формами.

В разработанной нами методике одну из ключевых ролей играет процесс выделения сечений стопы из ее трехмерной модели, полученной на этапе сканирования, так как для представления поверхности колодки, по нашему мнению, более приемлемыми являются каркасы, образованные набором поперечно-вертикальных сечений и рядом пространственных контуров. Комплекс «Pedus 3D Footscanner» позволяет получить антропометрические данные о стопе, но в том виде, в котором они хранятся в прилагаемом к сканеру программном обеспечении они не применимы для дальнейшего проектирования колодок. Поэтому нами предложен способ выделения сечений стопы из пространственных данных, полученных с помощью этого 3D-сканера. Выделение поперечно-вертикальных сечений стопы осуществляется разработанной нами программой **“Sort”**, блок-схема которой представлена на рис.1.

Полученный текстовый файл с отфильтрованными и отсортированными точками используется в трехмерном комплексе “Maya”. Контурные сечения, по координатам считываемые из созданного файла, проектируются с помощью разработанной нами подпрограммы **“Vertical cross section”** (рис. 2).

Необходимо отметить, что программа **“Sort”** позволяет получать не только сечения стопы, но и сечения колодки. Только для этого нужно выбрать необходимую колодку, получить ее трехмерную модель с помощью 3D сканера и провести аналогичные действия действиям, которые выполнялись для выделения сечений стопы.

Шаблоны сечений колодки в разработанном программном модуле можно получить следующими способами:

1. Сканированием готовых сечений на дигитайзере;
2. Выделением сечений из трехмерной модели колодки, полученной на комплексе «Pedus 3D Footscanner»;
3. Автоматическим построением этих сечений в программе «Maya».

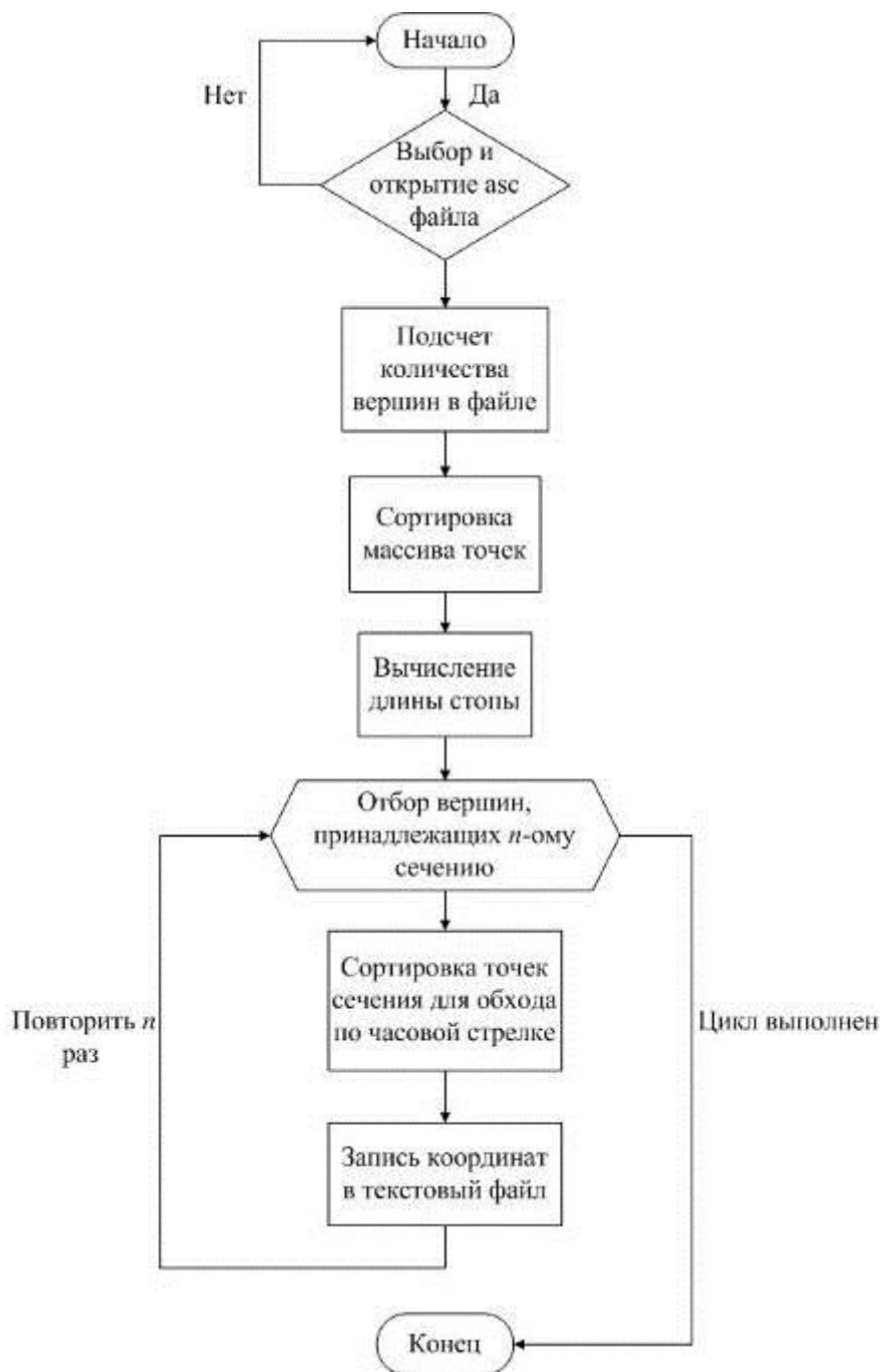


Рис. 1. Блок-схема программы выделения поперечно-вертикальных сечений стопы и колодки

В третьей главе представляется технология конструирования каркаса обувных колодок по данным о сечениях стоп. Проектирование обувной колодки является сложным процессом, который подчиняется функциональным, конструктивно-технологическим и эстетическим требованиям и связан с решением задачи преобразования антропометрических и биомеханических данных о стопе в аналитические и геометрические параметры внутренней формы обуви.

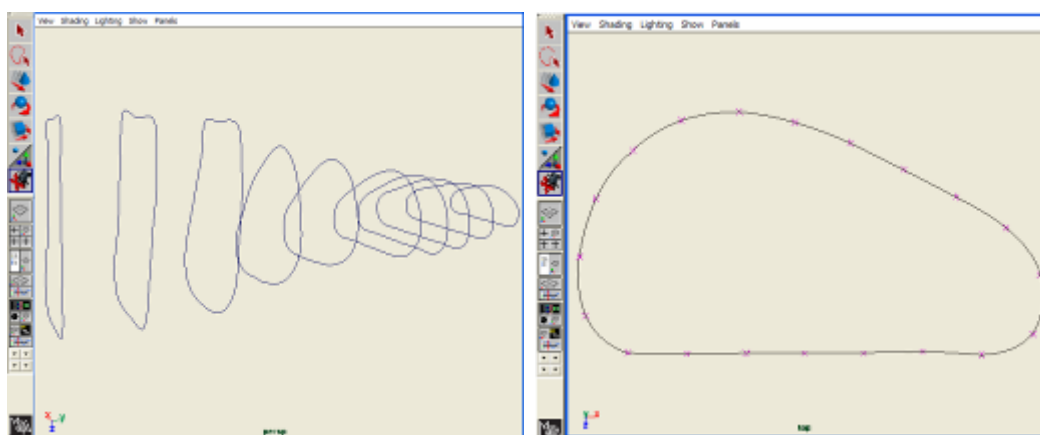


Рис. 2. Полученные поперечно-вертикальные сечения

Обычно этот процесс осуществляется в два этапа:

- определение параметров перехода от форморазмеров стопы к параметрам внутренней формы обуви;

- создание геометрического образа обувной колодки, т.е. конструктивного каркаса ее поверхности, который соответствовал бы геометрическим параметрам стопы и требованиям технологического процесса изготовления обуви.

Известны два независимых направления исследований по переходу от параметров стопы к параметрам колодки.

В основу одного из этих направлений положены накопление, совершенствование и преемственность эмпирических и эвристических приемов корректировки элементов формы уже существующих колодок, а также методов макетирования их эталонов. Они применимы в тех исследованиях, где требуется немедленная проверка каких-либо научных положений в отношении внутренней формы обуви, и представляют собой пока единственный путь в мелкосерийном производстве обуви, а также при ее изготовлении по индивидуальным заказам.

Второе направление включает в себя один из вариантов разработки эталонов колодок проектно-конструкторскими и моделирующими организациями. Это направление объединяет аналитические методы расчета параметров обувной колодки для комфортной внутренней формы обуви. Преобразование форморазмеров стоп в геометрические параметры обувной колодки отвечает современному уровню обувного производства. Возрастающие потребности населения в разнообразной обуви, частая смена и расширение ее ассортимента предполагают необходимость совершенствования формы и расширения ассортимента обувных колодок. Внедрение автоматизированных систем проектирования призвано помочь современным интенсивным методам проектирования и изготовления колодок.

Нами разработана методика, в сущность которой состоит в корректировке сечений стандартной колодки-прототипа в интерактивном режиме с учетом полученных при помощи 3D-сканера, сечений стопы.

При установлении взаимосвязи между формой и размерами сечений стопы и колодки нами предлагается в качестве основных условий выбрать обеспечение требуемых соотношений между:

- габаритными размерами сечений стопы и колодки;
- периметрами контуров сечений стопы и колодки;
- высотными и широтными размерами сечений стопы и колодки.

Нами рекомендуется следующий алгоритм работы при проектировании колодок по предлагаемой технологии (рис. 3).

Начальным этапом в разработанной технологии всегда будет сканирование стопы. Так как основной исходной информацией, используемой при проектировании внутренней формы обуви, являются трехмерные антропометрические данные стопы. Это могут быть как параметры условной среднетипичной стопы, установленные в результате проведения антропометрических исследований, или параметры стопы любого человека, нуждающегося в изготовлении обуви по индивидуальной колодке.

На втором и третьем этапах необходимо построить сечения стопы и колодки в трехмерном комплексе “MaYa”, выбранным в качестве базовой программы, в которой нами создано ряд необходимых подпрограмм для построения сечений стопы и колодки, их корректировке и создания карка-

са колодки. Построение сечений предваряет выделение их из трехмерной модели, полученной на этапе сканирования.



Рис. 3. Алгоритм технологии конструирования каркаса обувной колодки по данным о сечениях стоп

Четвертый этап – это процесс сравнения одноименных контуров сечений стопы и колодки. Для удобства в рабочей области программы остается по одному одноименному сечению стопы и колодки, которые отображены разными цветами.

По результатам оценки контуров сечений стопы и колодки, с целью придания им соответствующей формы и требуемых значений периметров

сечений, при необходимости производится коррекция контуров поперечно-вертикальных сечений колодки.

Таким образом, пятым этапом является процесс корректировки сечений колодки.

На рис.4 показаны контуры сечения 0.68Д колодки и стопы. Опуская конкретные геометрические параметры, из этого рисунка видно, что на определенном участке контур сечения стопы выступает за пределы контура сечения колодки. Это означает, что данное сечение колодки требует корректировки на этом участке, для обеспечения необходимого кровотока в больших и малых артериальных и венозных стволах, в капиллярах и артериолах.

На шестом этапе кроме визуальной коррекции, предлагается использование установленных в ходе анализа коэффициентов и зависимостей.

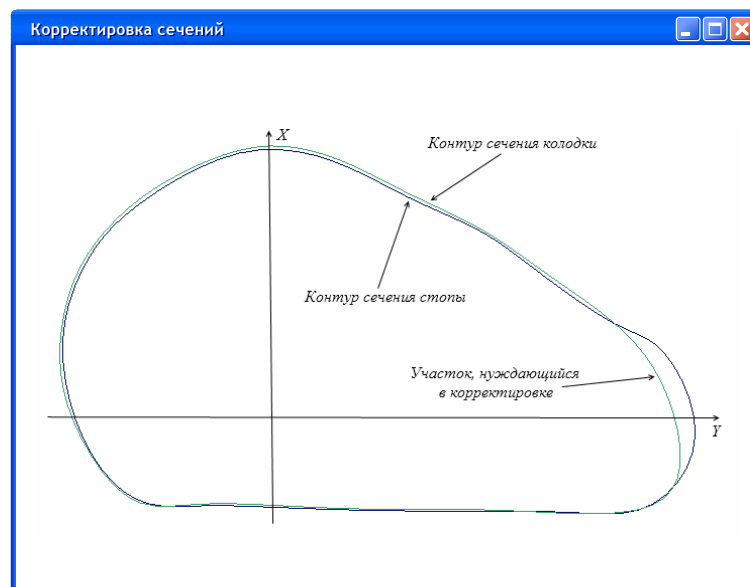


Рис. 4. Одноименные контуры сечения стопы и колодки

На седьмом этапе строится каркас колодки, с учетом проведенных корректировок. По нашему мнению для представления поверхности колодки наиболее приемлемыми являются каркасы, образованные набором поперечно-вертикальных сечений, линиями ребра следа колодки, габарита и ребра установочной площадки.

Технологическая разработка каркасной модели включает:

- создание плоских контуров поперечно-вертикальных сечений построенных по одноимённым сечениям стопы;

- использование плоских контуров в виде образующих линий;
- построение каркасной модели колодки.

Подобный метод построения каркаса один из наиболее распространенных методов моделирования объектов, позволяющий моделировать поверхности на базе построенных кривых. Объекты строятся путем формирования оболочки по опорным сечениям, расставляемым вдоль некоторой заданной траектории, — оболочка как бы натягивается на сечения вдоль указанного пути. В качестве основной направляющей использовано продольно-осевое сечение. В качестве дополнительных служат линии, проведенные через одноименные характерные точки поперечно-вертикальных сечений. Каждое предыдущее сечение графически связано с последующим, при обязательном плавном переходе линий. При не соблюдении условия гладкости линии корректируются. Построение выполняется от сечения $0.07D$ до сечения $0.9D$.

Задание поверхности представленным способом вызывает трудности при проектировании формы в носочной и пяточной частях.

Пяточная часть колодки имеет унифицированную форму и не подвержена изменениям. Поэтому отработанная форма пяточной части может многократно использоваться при проектировании. Форма носочной части значительно зависит от моды, а, следовательно, этот участок колодки требует постоянных корректировок при смене или расширении ассортимента.

Фасон колодки определяется формой ее носочной части по контуру следа и продольному профилю, и поэтому колодки разных фасонов для одинакового положения стопы должны отличаться только в носочной части. Таким образом, можно разделить поверхность колодки на две части: базисную или стабильную, и носочную, которая подвержена влиянию моды. Принимая сечение $0,9D$ за начало отсчета продольной координаты носка, можно без изменения геометрии каркаса колодки формировать ее переднюю часть различной длины и конфигурации без каких-либо отрицательных последствий для внутренней формы обуви. ГОСТ на обувные колодки не регламентирует формы и размеров носочной части колодки. Говорится только, что минимальная высота носочной части колодки определяется по высоте ногтевой фаланги первого пальца, которая составляет в

сечении $0,9Д - 0,11 \cdot O_{0,68/0,73}$, а в сечении $1Д - 0,08 \cdot O_{0,68/0,73}$. Таким образом, главным критерием рациональности носочной части колодки является свободное положение пальцев в обуви.

Резюмируя, можно считать, что при проектировании моделей колодок для производства обуви, носочная часть является единственной областью свободной формы, допускающей произвольное проектирование с учетом требований для сопряжения носочной части и основного каркаса колодки.

Данная методика проектирования колодки является очень гибкой. Достаточно быстро можно преобразовать форму колодки в случае различной высоты приподнятости пяточной части, изменив координаты "направляющих" линий.

Заключительным этапом в проектировании колодки в разработанном программном комплексе является создание ее "твердотельной" модели, визуализации.

"Твердотельная" визуализация является самым совершенным и достоверным методом создания копии реального объекта.

Очевидное достоинство "твердотельной" визуализации — это создание точной трехмерной компьютерной модели проектируемого изделия. Графические возможности современных настольных компьютеров позволяют отображать эти модели с высокой реалистичностью.

Известно, что в трехмерных моделях содержится намного больше инженерной информации, чем в двумерных чертежах, это предоставляет возможность использования "твердотельной" визуализации на последующих стадиях, например в приложениях для инженерных расчетов или при генерации программ станков с ЧПУ.

Предлагаемый алгоритм проектирования колодок позволяет отслеживать ошибки проектирования и при необходимости вносить коррективы в контуры сечений. Возможность видеть контуры сечений с разных проекций и совершать с ними интерактивные движения (вращение, изменение масштаба) значительно упрощают работу модельера. Предложенная технология позволяет использовать весь имеющийся эмпирический опыт проектирования каркаса колодки.

На этапах проектирования сечений колодки программой поддерживается диалоговый режим общения пользователя с программным комплексом. В то же время, положенный в основу алгоритма математический аппарат, позволяет получить однозначное решение задачи проектирования.

Предложенный алгоритм предоставляет возможность проектирования колодок по параметрам стоп для различных половозрастных групп, типов обуви.

В четвертой главе представляется программа для автоматизированного проектирования внутренней формы обуви на основе виртуальной визуализации поверхности стопы.

Кратко рассмотрены некоторые программные продукты, используемые для САПР обуви. По итогам обзора сделан вывод о том, что большинство из существующих CAD/CAM систем не обеспечивают возможность проектирования колодки непосредственно по данным стопы. Они используют в качестве исходной информации данные оцифровки поверхности готовой колодки-прототипа. Поэтому разработанная нами методика проектирования обувной колодки является актуальной, не смотря на достижения систем автоматизированного проектирования обуви.

Также необходимо отметить, что современный рынок автоматизированных систем характеризуется возросшими возможностями компьютерной техники и достижениями в области трехмерного моделирования и машинной графики. Накоплен большой опыт создания CAD/CAM систем, который был учтен при разработке нашего программного комплекса проектирования обувной колодки.

Описана поочередность действий в программе для проектирования внутренней формы обуви по разработанной технологии. Для удобства построения контуров сечений стопы и колодки создано окно под названием "Choose number of section" (рис. 5).

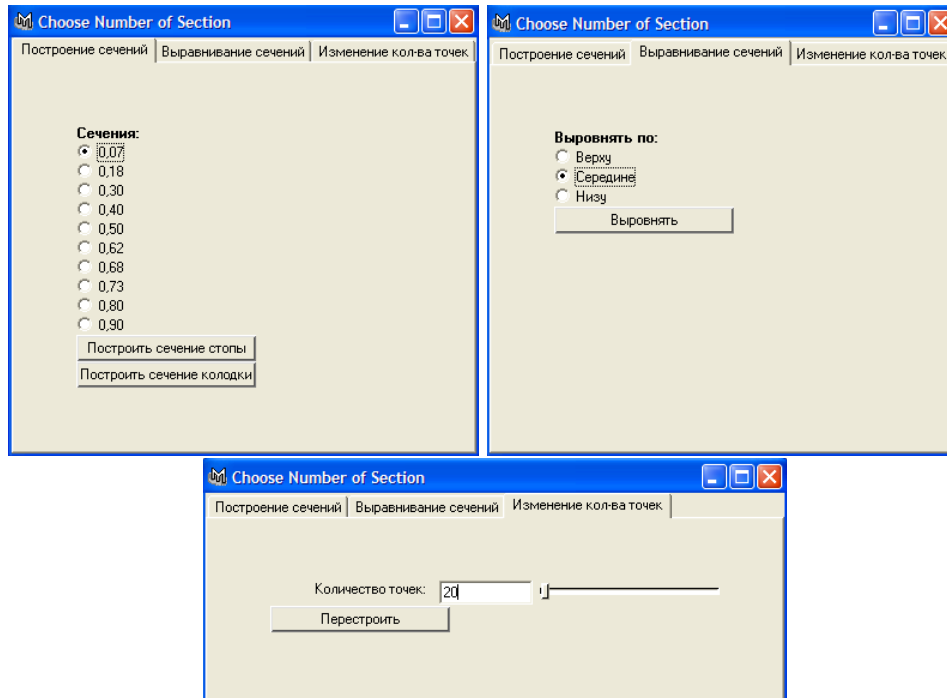


Рис. 5. Окно для построения контуров сечений стопы и колодки

В этом окне три вкладки: построение сечений, выравнивание сечений и изменение количества точек (для изменения количества точек в сечениях). С помощью этого окна производятся практически все необходимые действия по предлагаемой технологии.

Созданы следующие подпрограммы для обеспечения требуемых операций в процессе проектирования колодки:

- window – открытие основного окна программы (рис. 5)
- foot – считывание точек из текстового файла с отсортированными и отфильтрованными точками контуров сечений стопы. Текстовый файл создается с помощью программы “Sort”, описанной во второй главе;
- last – автоматическое построение контуров сечений колодки с помощью радиусографического метода;
- rebuild – перестраивание контура сечения с нужным числом точек;
- align – автоматическое выравнивание контуров сечений;
- unvis – подпрограмма для поочередной работы с одноименными сечениями стопы и колодки;
- perimeter – вычисление обхватов сечений стопы и колодки;

- area – вычисление площадных характеристик сечений стопы и колодки;
- distance – вычисление длины и ширины сечений стопы и колодки;
- frame – автоматическое построение каркаса колодки.

Заключительным этапом в проектировании колодки в разработанном программном комплексе является создание ее визуализированной модели (рис. 6).

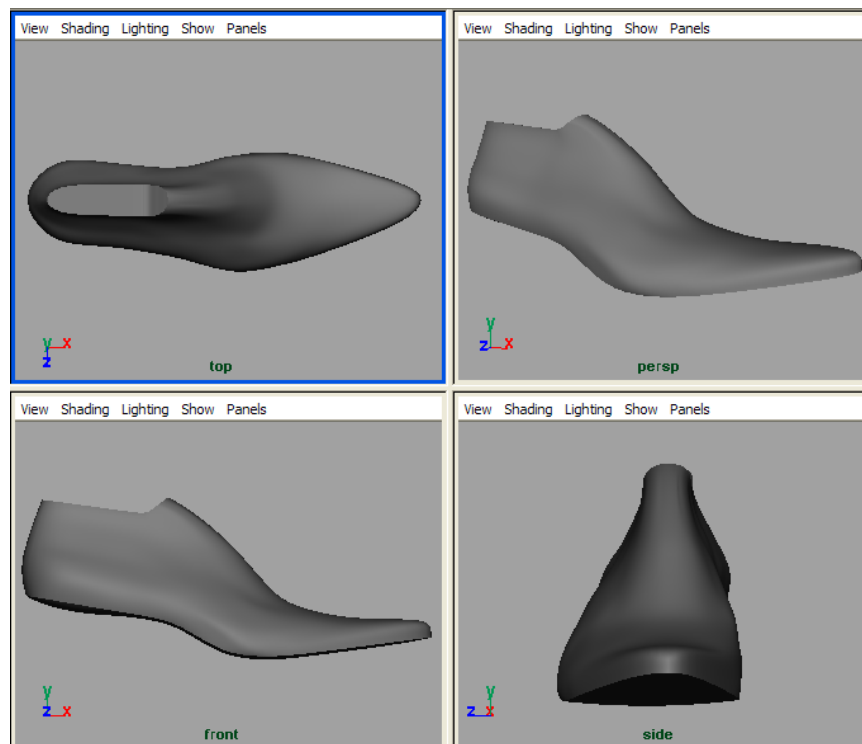


Рис.6. Визуализированная модель колодки

Таким образом, применяя разработанную нами программу, можно проектировать рациональную внутреннюю форму обуви на основе трехмерной визуализации поверхности среднетипичной или индивидуальной стопы. При этом возможно:

- 1) Видеть 3D изображение колодки на экране компьютере. Это позволяет быстро, удобно корректировать сечения, сократить время проектирования колодки.
- 2) Изменение носочной части колодки для получения новых моделей обувных колодок.
- 3) Многократное использование базовой колодки для проектирования колодок с разной приподнятостью пяточной части и формой но-

сочной части.

4) Использование модели поверхности в приложениях для инженерных расчетов или при генерации программ станков с ЧПУ.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Проведенный анализ систем автоматизированного проектирования обуви показал, что большинство систем не имеет в своем арсенале возможности проектирования колодки непосредственно по данным стопы. Это говорит о том, что разработка методики проектирования обувной колодки с возможностью перехода от параметров стопы к параметрам колодки является актуальной и насущной задачей конструирования изделий из кожи.

2. Проведенный анализ бесконтактных способов обмера стоп, позволил определить преимущества бесконтактных трехмерных лазерных сканеров по сравнению с другими приборами бесконтактного обмера. Поэтому использование 3D-сканера в данной работе носит важный характер и позволяет добиться необходимых результатов, а именно быстрого и точного измерения стоп и получения антропометрических данных.

3. Комплекс «Pedus 3D Footscanner» позволяет получить антропометрические данные о стопе, однако в том виде, в котором они хранятся в прилагаемом к сканеру программном обеспечении не могут быть использованы непосредственно для каркасного проектирования колодок. Поэтому нами предложен способ выделения сечений стопы из пространственных данных, полученных с помощью этого 3D-сканера.

4. Разработан алгоритм методики обработки антропометрических данных, включающий программу для выделения стандартных поперечно-вертикальных сечений стопы из массива точек (облака точек), полученного при сканировании стопы на 3D-сканере.

5. Проведен анализ сплайнового и полигонального моделирования. Обосновано, что для обеспечения гладкости, обтекаемости форм и точности исполнения при проектировании обувных колодок необходимо использование моделирования на основе сплайнов.

6. С использованием опыта многих поколений модельеров-колодочников по разработке обувных колодок, разработана методика перехода от контуров сечений стопы к контурам сечений колодок.

7. Для контроля над процессом корректировки предложено использовать основные зависимости и коэффициенты, отражающие зависимость между размерами сечения по обхвату, высотой и шириной.

8. Разработана методика получения пространственных данных стоп для автоматизированного проектирования обувных колодок.

9. Разработан программный комплекс для визуального сравнения одноименных контуров сечений стопы и колодки и последующей коррекции контуров сечений колодки. После проведения коррекции программный комплекс позволяет построить каркас колодки в автоматическом режиме. Построенные каркасы колодок и их визуализированные модели сохраняются в файле, который можно использовать в других CAD/CAM системах.

10. Разработанная методика и программный комплекс прошли опытную апробацию на ЗАО МОФ «Парижская коммуна».

В ходе опытной апробации было установлено, что методика и программное обеспечение

- отвечают требованиям технологии производства обувных колодок и применяемому оборудованию;
- заметно сокращают сроки на получение трехмерных данных о стопе и последующему переходу к проектированию колодок;
- сокращают трудоемкие операции и расходы за счет рационального использования оборудования.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Фукин В.А., Сказкин А.В., Буй В.Х. Информационный метод проектирования обуви на базе 3D-биометрии. Сообщение 2. Перспективы проектирования конструкций обуви. // Дизайн и технологии. – М.: МГУДТ, 2008. – № 9 (51). – 0,65 п.л. (из перечня ВАК) (лично автором – 0,25 п.л.).

2. Фукин В.А., Сказкин А.В. Построение сечений стопы по данным, полученным с помощью 3D-сканера (Pedus 3D Footscanner) // Дизайн и технологии. – М.:МГУДТ, 2010. – № 16 (58). – 0,2 п.л. (из перечня ВАК) (лично автором – 0,12 п.л.).

3. Фукин В.А., Сказкин А.В. Методика проектирования обувной колодки на основе технологии трехмерного сканирования // Дизайн и технологии. – М.:МГУДТ, 2010. № 17 (59). – 0,2 п.л. (из перечня ВАК) (лично автором – 0,08 п.л.).

4. Фукин В.А., Сказкин А.В. Разработка методики проектирования обуви на основе виртуальной визуализации поверхности стопы. // Сборник докладов конференции «Молодая наука» IV Фестиваля науки. – М.: ИИЦ МГУДТ. – 2009. – 0,12 п.л. (лично автором – 0,05 п.л.).

5. Фукин В.А., Сказкин А.В. Разработка модуля выделения стандартных сечений из трехмерной модели, полученной с помощью 3D-сканера. // Тезисы докладов 62 научной конференции студентов и аспирантов «Молодые ученые – XXI веку», посвященной 80-летию университета. – М.: ИИЦ МГУДТ. – 2010. – 0,1 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.).

6. Фукин В.А., Сказкин А.В. Технология получения форморазмеров обувной колодки на основе 3D-модели стопы. // Сборник докладов всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Молодая наука» V Фестиваля науки. – М.: ИИЦ МГУДТ. – 2010. – 0,15 п.л. (лично автором – 0,07 п.л.).

Сказкин Александр Валерьевич

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВНУТРЕН-
НЕЙ ФОРМЫ ОБУВИ НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗА-
ЦИИ ПОВЕРХНОСТИ СТОПЫ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 80 экз. Заказ № 167-10

Информационно-издательский центр МГУДТ

117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33

Отпечатано в ИИЦ МГУДТ