

УДК 004.925.8

В.М. Тонконогий, д-р техн. наук, проф.,**Е.В. Савельева**, канд. техн. наук, доц.,**В.М. Рязанцев**, канд. экон. наук,**А.В. Бец**, студент,

Одес. нац. политехн. ун-т

ПРИМЕНЕНИЕ САД/САМ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ

В.М. Тонконогий, О.В. Савельева, В.М. Рязанцев, А.В. Бец. Застосування САД / САМ технологій в медицині. Сучасні інформаційні технології дозволяють проектувати ортопедичне взуття та устілки для дітей та дорослих, що враховують їх анатомічні особливості, моделювати кістковий скелет людини, окремі суглоби і елементи, ендопротези та знімні протези кінцівок.

Ключові слова: ортопедичні устілки та взуття; тривимірне проектування протезів; імітаційна модель суглоба людини.

В.М. Тонконогий, Е.В. Савельева, В.М. Рязанцев, А.В. Бец. Применение САД/САМ технологий в медицине. Современные информационные технологии позволяют проектировать ортопедическую обувь и стельки для детей и взрослых, учитывающие их различные анатомические особенности, моделировать костный скелет человека и отдельные его суставы и элементы, проектировать эндопротезы и съемные протезы конечностей.

Ключевые слова: ортопедические стельки и обувь; трехмерное проектирование протезов; имитационная модель сустава человека.

В.М. Tonkonogiy, O.V. Savielieva, V.M. Ryazancev, A.V. Betz. The use of CAD/CAM technologies are in medicine. Modern information technologies allow designing orthopaedic shoes and insoles for children and adults, taking into account their different anatomical features, simulate bone human skeleton and its individual joints and elements to design implants and removable prosthetic limbs.

Keywords: orthotic insoles and footwear; three-dimensional design of prostheses; simulation model of human joints.

Уровень развития медицины — это уровень развития общества. Мы всячески пытаемся продлить и улучшить свою жизнь. В этом нам помогают различные опыты, исследования, открытия и, конечно, современные информационные технологии, которые дают возможность быстро и качественно выводить общий уровень медицины на новый, более высокий.

В современных условиях жизни травмы и утраты нижних конечностей часто случаются на производстве, в быту, в ходе военных конфликтов. Велика частота поражений коленных и голеностопных суставов у населения, особенно старших возрастных групп. Успешное протезирование утерянных или невосстановимо пострадавших конечностей может значительно улучшить качество жизни таких людей [1].

Существует также менее глобальная, но касающаяся практически каждого человека, насущная необходимость в использовании ортопедических стелек. Ортопедические стельки рекомендуются докторами-ортопедами для профилактики и лечения плоскостопия у детей и взрослых для уменьшения дискомфорта и усталости при ходьбе.

Современные методы диагностики позволяют неинвазивно исследовать организм человека при помощи физических методов с целью получения изображения внутренних структур состояния и патологий костной системы и мягких тканей. Например, полученные при спиральной компьютерной томографии поперечные и продольные срезы любого участка тела человека с шагом исследования до 1 мм, позволяют судить о топографии органов, локализации, характере и протяженности очага заболевания, их взаимосвязи с окружающими тканями и дают возможность иметь трёхмерную ориентацию патологического процесса [2].

Дальнейшая компьютерная обработка данных, полученных с томографа, позволяет

создавать трехмерные имитационные модели как отдельных органов и систем, так и организма человека в целом, что позволяет использовать эти модели в клинической практике.

Среди различных компаний, представляющих на рынок CAD/CAM системы, лидером является английская компания Delcam plc. В ассортименте предлагаемых ею продуктов есть как CAD/CAM системы широкого спектра возможностей, так и специализированные узконаправленные системы [4].

Одним из таких узконаправленных программных продуктов, является Orthotic Insoles предназначенный для проектирования и изготовления ортопедических стелек, который включает в себя следующие модули [5]:

— iQube. Модуль обеспечивает получение 3D-изображения стопы или пресс-формы на трехмерном лазерном сканере, на основе которой строится модель стельки в OrthoModel. Сканеры iQube существуют различных модификаций, одна из последних моделей – это портативный сканер iQube mini;

— OrthoModel. Простой, но мощный программный инструмент для разработки любого типа и сложности корректирующих ортопедических стелек, предназначенных для детей и взрослых, учитывающий различные анатомические особенности пациентов.

— OrthoMill. Модуль подготовки управляющих программ обработки ортопедических стелек для станков с ЧПУ на основе трехмерной модели полученной в модуле OrthoModel.

Еще одним пакетом программ связанным с ортопедией, является система Crispin Footwear Solutions — для моделирования и изготовления обуви, как ортопедической, так и обычной [6].

В основе всех специализированных CAD-систем лежит система Delcam PowerSHAPE — мощный гибридный моделировщик сочетающий в себе широкий набор инструментов каркасного, твердотельного и поверхностного моделирования, работу с триангулированными моделями и текстурами, а также дополненный возможностями обратного инжиниринга. Использование данной системы позволяет спроектировать объект любой сложности и решать сложные геометрические задачи [7].

Как и специализированные узконаправленные программы, так и система PowerSHAPE используются для нужд современной медицины: проектирование ортопедической обуви и стелек для детей и взрослых, учитывающих их различные анатомические особенности, моделирование костного скелета человека и отдельных его суставов, костей и элементов, проектирование протезов (эндопротезы и съемные протезы конечностей).

Проектирование имитационной модели протеза нижней конечности человека. Протез нижней конечности состоит из следующих деталей: гильзы, адаптера, коленного механизма, моделирующей части, адаптера стопы и самой стопы. Приведем пример использования системы PowerSHAPE для создания стопы, коленного механизма и протеза в сборе.

Создание трехмерной модели стопы человека состоит из нескольких этапов: сканирование самой стопы либо ее слепка на трехмерном сканере, обработка полученных данных, получение трехмерной модели, улучшение этой модели при необходимости, анализа полученной модели на прочность, создания пресс-формы для изготовления стопы.

Самым современным и простым вариантом получения трехмерной модели стопы человека — является использование лазерного сканера iQube. Но в условиях нашей лаборатории была возможность использовать сканирующую головку 3D принтера Roland MODELA MDX-20, позволяющий получить 3D-модель, путем построения поверхности на основе полученных точек путем сканирования гипсового слепка стопы (рис. 1).

Размеры рабочей плоскости сканера не позволяли отсканировать слепок целиком, поэтому слепок был разделен на элементы и отсканирован поэтапно.

Полученные в результате сканирования поверхности были импортированы в PowerSHAPE, для построения полноценной 3D-модели стопы.

Некоторые элементы пришлось прорисовывать вручную. Сам процесс создания поверхностей состоял из нанесения базовых точек на сеть треугольников. Если

проанализировать качество поверхностей, из которых состоит модель, то многие из них неидеальны, это объясняется тем, что при проектировании такой сложной фигуры с помощью мелких поверхностей, теряется ее общая концепция. Каждая отдельно построенная поверхность не несет ответственности за другие. После того, как все поверхности были исправлены и сшиты, была получена точная модель стопы человека. Преобразовав поверхность в твердое тело, которое можно будет использовать для создания пресс-формы (рис. 2).



Рис. 1. Процесс сканирования на принтере Roland MODELA MDX-20

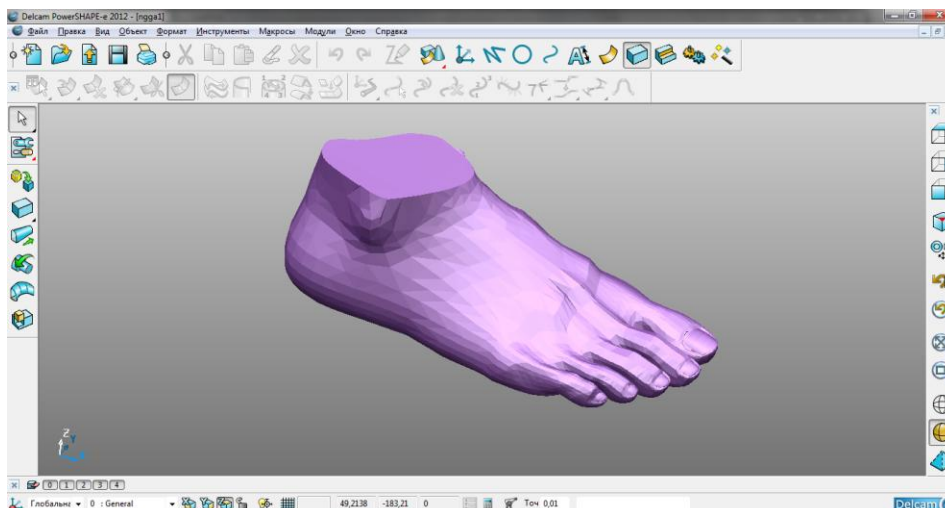


Рис. 2. Трехмерная модель стопы

Проведя исследование различных вариантов протезов нижних конечностей, особенно коленных механизмов, была разработана универсальная модель коленного механизма, отвечающая всем поставленным задачам (экономичность, практичность, функциональность). За основу была взята модель коленного механизма, изобретенного студентом Стэнфордского университета Джоэлом Садлером под названием JaipurKnee [3].

Преимущество разработанного коленного механизма в том, что он состоит из 5 деталей из пластика и 4-х металлических осей. Он имитирует биологическую модель коленного сустава человека при помощи полицентрического механизма. Значительно снижает себестоимость механизма использование пластика с усиленной геометрией, вместо традиционного титанового сплава.

Система PowerSHAPE включает в себя модуль для создания фотореалистичных изображений для проработки внешнего вида изделий. Модуль позволяет формировать сцену, располагать источники света, искать цветовые комбинации.

Используя данный модуль, была создана фотореалистичная трехмерная модель протеза нижней конечности (рис. 3). Данная модель является также имитационной моделью будущего протеза и может использоваться при исследованиях врачами-ортопедами для симуляции различных положений протеза и его влияния при движении на человека.

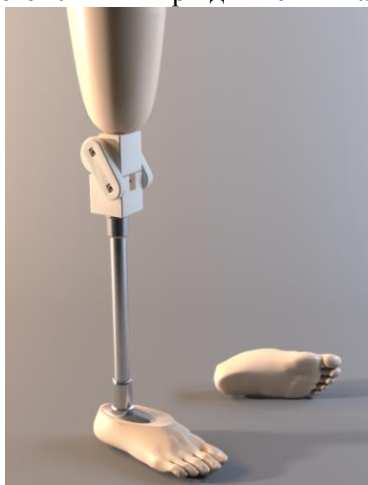


Рис. 3. Визуализация собранного протеза

Проектирование имитационной модели плечевого сустава человека. Еще одним примером использования системы PowerSHAPE для медицинских целей является создание имитационной модели плечевого сустава с возможностью позиционирования костей относительно друг друга для дальнейшей возможности использования полученной модели при проведении операции по устранению повторяющегося вывиха плеча.

Создание трехмерных моделей костей (плечевой кости, лопатки и ключицы) было сделано по снимкам магнитно-резонансной томографии.

Для чего снимки магнитно-резонансной томографии в формате DICOM были обработаны вначале в программе Mimics 8.1 — The next generation фирмы Materialise, которая позволила получить трехмерную модель в виде облака точек.

После экспорта облака точек из среды Mimics 8.1 можно импортировать его в среду Delcam PowerSHAPE. Импортированное облако точек преобразуется в среде PowerSHAPE в трехмерную модель. После обработки каждого элемента можно создать полную трехмерную модель плечевого сустава (рис. 4).



Рис. 4. Плечевой сустав

Система PowerSHAPE позволяет произвести позиционирование элементов плечевого сустава — позиционирование плечевой кости относительно лопатки. Данная процедура необходима для того чтобы совместить две, определенные хирургом точки, на плечевом суставе и отростке лопатки. После совмещения этих точек, через них пройдет шуруп, который зафиксирует одну кость относительно другой.

Для демонстрации данного процесса выбирается локальная система координат в центре плечевого сустава, далее выбирается функция «Повернуть объекты», после этого поочередно выбирается необходимая ось вращения и вводятся необходимые градусы поворота, например 30° (рис. 5).

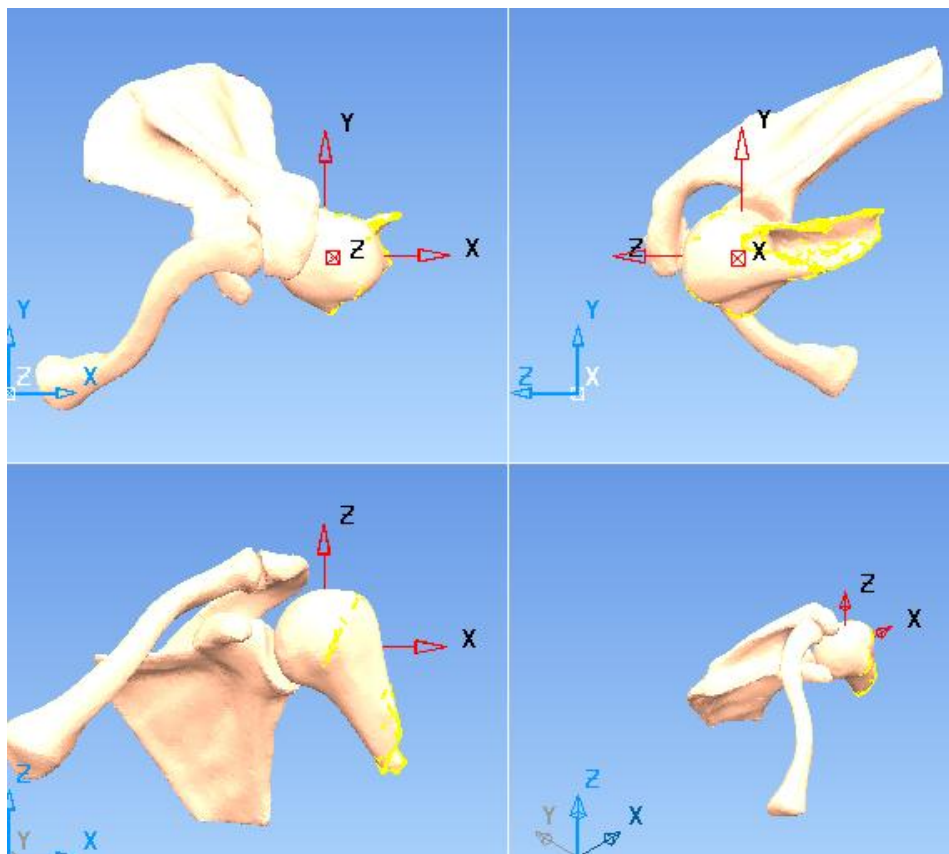


Рис. 5. Поворот плечевого сустава на 30° вокруг оси Z

В данной статье были описаны современные системы проектирования, используемые для различных медицинских целей. Как наглядные примеры использования современных компьютерных технологий описаны проектирование трехмерных имитационных моделей протеза нижней конечности и плечевого сустава.

Имитационные модели протезов позволяют еще на стадии проектирования выявить все недостатки будущего изделия, устранить их, провести анализ на прочность и напряжения в полученных моделях, и как следствие, качественно улучшить будущее изделие.

Разработанная трёхмерная имитационная модель плечевого сустава в системе PowerSHAPE позволяет с высокой точностью определить оптимальное взаимное положение подвижных элементов реального сустава индивидуально для каждого конкретного пациента. Данная модель разрабатывалась для того чтобы была возможность прецизионно выполнить малоинвазивную хирургическую операцию, что позволит многократно снизить операционный риск и вероятность послеоперационных осложнений, эффективно устранить повторяющиеся вывихи плеча и значительно улучшить качество последующей жизни пациентов любого возраста.

Литература

1. Баумгартнер, Р. Ампутация и протезирование нижних конечностей / Р. Баумгартнер, П. Ботта. — М.: Медицина, 2002. — 510 с.
2. Наттерер, Ф. Математические аспекты компьютерной томографии / Ф. Наттерер. — М.: Мир, 1990. — 288 с.
3. Bhagwan Mahaveer Viklang Sahayata Samiti [Electronic resource] / Jaipur Foot. — Access mode: <http://www.jaipurfoot.org>. — 15.12.12.

4. CAD CAM Software Solutions – Delcam [Electronic resource]. — <http://www.delcam.com>. — 20.12.12.
5. Custom Orthotic Insole CAD/CAM Solutions [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.orthotics-cadcam.com>. — 23.12.12.
6. Orthopaedic Footwear CAD/CAM Software Solution [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.orthopaedic-cadcam.com>. — 11.12.12.
7. PowerSHAPE [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.powershape.com>. — 20.12.12.

References

1. Baumgartner, R. Amputacija i proteziranje donjih ekstremiteta [Amputation and prosthetics of pelvic limbs] / R. Baumgartner, P. Botta // Moscow, 2002 — 510 p.
2. Natterer, F. Matematicheskie aspekty komp'juternoj tomografii [Mathematical aspects of computer tomography] / F. Natterer — Moscow, 1990. — 288 p.
3. Bhagwan Mahaveer Viklang Sahayata Samiti [Electronic resource] / Jaipur Foot. — Access mode: <http://www.jaipurfoot.org>. — 15.12.12.
4. CAD CAM Software Solutions – Delcam [Electronic resource]. — <http://www.delcam.com>. — 20.12.12.
5. Custom Orthotic Insole CAD/CAM Solutions [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.orthotics-cadcam.com>. — 23.12.12.
6. Orthopaedic Footwear CAD/CAM Software Solution [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.orthopaedic-cadcam.com>. — 11.12.12.
7. PowerSHAPE [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.powershape.com>. — 20.12.12.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Костенко В.Л.

Поступила в редакцию 24 декабря 2012 г.