

УДК 004.942:612.76

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА

С. Я. Шемсетдинов, М. Ч. Курбансахатов

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Рассмотрены методы и подходы к компьютерному моделированию двигательных аппаратов человека. Основное внимание уделено разработке и применению математических моделей для анализа и симуляции биомеханических процессов, связанных с движением. Представлены результаты моделирования различных типов движений, включая ходьбу, бег и выполнение сложных координационных задач. Описаны алгоритмы и программные средства, используемые для создания моделей, а также методы верификации и валидации полученных данных. Отмечено применение компьютерного моделирования в медицине и реабилитации, что позволяет улучшить диагностику и лечение заболеваний опорно-двигательного аппарата. Обсуждены перспективы дальнейших исследований и возможные направления развития в данной области.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, биомеханика, двигательные аппараты, математические модели.

COMPUTER MODELING OF HUMAN MOTOR APPARATUS

S. Y. Shemsetdinov, M. Ch. Gurbansahedov

State Energy Institute of Turkmenistan, Mary

In this article methods and approaches to computer modeling of human motor apparatus are considered. The main attention is paid to the development and application of mathematical models for the analysis and simulation of biomechanical processes related to movement. The results of modeling various types of movements, including walking, running and performance of complex coordination tasks are presented. The algorithms and software tools used to create the models, as well as methods of verification and validation of the obtained data are described. Special attention is paid to the application of computer modeling in medicine and rehabilitation, which allows improving the diagnosis and treatment of musculoskeletal diseases. In conclusion, the prospects for further research and possible directions of development in this field are discussed.

Keywords: computer modeling, biomechanics, motor apparatus, mathematical models.

Компьютерное моделирование стало мощным инструментом для изучения сложной системы, которой является человеческий организм, особенно его двигательный аппарат. Благодаря развитию вычислительной техники и появлению специализированного программного обеспечения, ученые получили возможность создавать виртуальные модели, имитирующие движения человека и анализирующие нагрузки на кости, суставы и мышцы. Биомеханика двигательного аппарата человека является важной областью исследований, направленной на понимание механических аспектов движения. Компьютерное моделирование позволяет создавать точные и детализированные модели, которые помогают в изучении и анализе биомеханических процессов.

Основы компьютерного моделирования в биомеханике. Компьютерная модель – это упрощенное представление реального объекта или процесса. В случае с двигательным аппаратом модель представляет собой совокупность математических уравнений, описывающих движение сегментов тела, взаимодействие суставов и работу мышц.

Компьютерное моделирование в биомеханике – это мощный инструмент, позволяющий ученым создавать виртуальные копии человеческого тела или его частей для изучения движения, взаимодействия тканей и воздействия различных нагрузок. Это дает возможность глубже понять функционирование опорно-двигательного аппарата, разрабатывать новые методы лечения и протезирования, а также оптимизировать спортивные тренировки.

Этапы создания модели включают:

1. *Сбор данных*: для создания модели необходимы данные о геометрии тела (размеры костей, расположение суставов), свойствах материалов (костная ткань, хрящ, мышцы) и кинематике движений (траектории суставов во времени). Эти данные получают с помощью различных методов визуализации (МРТ, КТ) и биомеханических измерений.

2. *Создание геометрической модели*: на основе полученных данных создается трехмерная модель скелета, мышц и других тканей.

3. *Разработка математической модели*: разрабатываются уравнения, описывающие движение сегментов тела, взаимодействие суставов и работу мышц.

4. *Проведение симуляции*: модель запускается на компьютере, и ученые могут наблюдать за движением виртуального человека и анализировать результаты.

Применение компьютерного моделирования представляет собой:

- *Анализ движения*: модели позволяют анализировать различные движения человека (ходьба, бег, прыжки) и выявлять причины возникновения травм и заболеваний.

- *Проектирование ортезов и протезов*: компьютерное моделирование используется для разработки индивидуальных ортезов и протезов, оптимизирующих функциональность и комфорт пациента.

- *Оценку биомеханической совместимости имплантатов*: модели позволяют оценить, как имплантаты взаимодействуют с окружающими тканями и предсказать их долговечность.

- *Исследование заболеваний*: компьютерное моделирование помогает изучать механизмы развития различных заболеваний опорно-двигательного аппарата, таких как артрит, остеопороз.

- *Оптимизацию спортивной тренировки*: модели анализируют технику выполнения упражнений и разрабатывают индивидуальные программы тренировок.

Применение в биомеханике. В биомеханике компьютерное моделирование используется для изучения механических свойств биологических тканей и органов, анализа движений и разработки медицинских устройств. Программные пакеты, такие как ADAMS™ и ANSYS™, широко применяются для создания детализированных моделей и проведения вычислительных экспериментов:

- *медицинские устройства*: оптимизация дизайна протезов и ортезов.

- *спортивная наука*: анализ и улучшение спортивных техник.

- *реабилитация*: разработка программ реабилитации для пациентов с двигательными нарушениями.

К основным преимуществам компьютерного моделирования в биомеханике относятся:

- Повышенная точность и детальность, которые подразумевают:

- возможность создания детальных цифровых моделей органов, тканей и систем организма;

- изучение внутренних процессов, недоступных при прямых экспериментах;

- количественную оценку биомеханических параметров (напряжений, деформаций, скоростей).

- Экономичность и безопасность, которые включают:
 - сокращение числа дорогостоящих и трудоемких экспериментов на животных или людях;
 - изучение опасных и экстремальных условий, невозможных в реальной жизни;
 - минимизацию риска для пациентов при планировании хирургических вмешательств.
 - Гибкость и многократное использование моделей, которые подразумевают:
 - возможность быстрого изменения параметров модели и проведения множества симуляций;
 - изучение влияния различных факторов на биомеханические процессы;
 - оптимизацию конструкций медицинских изделий и спортивного инвентаря.
- К визуализации и интерпретации данных относятся:
- наглядное представление сложных биомеханических процессов;
 - упрощение интерпретации результатов моделирования;
 - возможность создания анимаций и видеороликов для обучения и презентации.

Современные тенденции. Современные исследования в области компьютерного моделирования двигательного аппарата человека направлены на следующее:

- *увеличение реалистичности моделей:* учет нелинейных свойств тканей, влияние температуры и влажности на их механические характеристики;
- *разработку многомасштабных моделей:* сочетание моделей на уровне тканей, органов и всего организма;
- *интеграцию с другими методами исследования:* комбинирование компьютерного моделирования с экспериментальными данными, полученными с помощью различных методов визуализации и измерения;
- *использование искусственного интеллекта:* применение методов машинного обучения для автоматизации анализа данных и создания адаптивных моделей.

Компьютерное моделирование открывает новые горизонты в изучении биомеханики человека. Оно позволяет более глубоко понять сложные механизмы движения, разрабатывать новые методы лечения заболеваний и создавать инновационные технологии для улучшения качества жизни людей. Компьютерное моделирование биомеханики двигательного аппарата человека является мощным инструментом для исследования и оптимизации различных биомеханических процессов. В будущем можно ожидать дальнейшего развития этого направления и его интеграции с другими областями науки и техники. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к значительным достижениям в медицине, спорте и других областях. Компьютерное моделирование играет все более важную роль в биомеханике, позволяя исследователям получать новые знания о функционировании живых организмов и разрабатывать инновационные решения в различных областях медицины и спорта.

УДК 517.3+004

НАГЛЯДНОСТЬ НА ЗАНЯТИЯХ МАТЕМАТИКИ

М. А. Гундина, Н. А. Кондратьева

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Рассмотрена реализация некоторых встроенных возможностей компьютерной системы Wolfram Mathematica для решения математических задач. Отмечено, что для студентов первого курса раздел «Поверхности второго порядка» является одним из важных