

УДК 531.3; 796.01

ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО
ДВИЖЕНИЯ СПОРТСМЕНА В УСЛОВИЯХ УПРУГОЙ ОПОРЫ

А.Е.ПОКАТИЛОВ, *В.И.ЗАГРЕВСКИЙ, *Д.А.ЛАВШУК
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»
*Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.А.Кулешова»
Могилев, Беларусь

В настоящее время в механике, педагогике и спорте высших достижений стоят задачи дальнейшего развития теории движения человека и ее практического применения. При этом современное состояние вычислительной техники позволяет в полной мере использовать компьютерное моделирование как для анализа и синтеза движения в постоянной практике специалистов, так и для получения новых знаний о закономерностях управляемого движения человека.

Новые задачи в биомеханике требуют и новых подходов к оценке биомеханического состояния человека. Разрабатываемые модели должны иметь универсальный характер, т.е. не зависеть от числа степеней свободы исследуемой биомеханической системы, и учитывать при этом влияние на нее внешней среды, например, упругой опоры. При этом на повестке дня в полной мере стоят задачи синтеза и оптимизации управляемого движения человека. Синтез позволяет проектировать необходимые движения в спорте и в работе. Оптимизация дает возможность делать это наилучшим образом исходя из задаваемых критериев.

Предлагаемые в последние десятилетия принципы исследования по механике управляемого тела в области движения человека позволяют создавать новые и эффективные методы биомеханического анализа и синтеза и являются основой для развития новых направлений.

Отметим, что способы вычисления кинематических и динамических характеристик спортивных упражнений в биомеханике, а также аналогичные методы, разработанные в теории механизмов и машин, в основном ориентируются на расчет отдельно взятого звена. Выполнить расчет для многосвязной биомеханической системы, каковой представляют опорно-двигательный аппарат человека, сложно, а с ростом числа степеней свободы биосистемы, когда есть необходимость рассмотреть все подвижные кости, это сделать практически невозможно. Тем более, создать на основе полученных моделей программы для вычислительного эксперимента на ЭВМ.

Рядом проведенных исследований показано, что на примере *трехзвенной модели* биомеханической системы можно вывести все

основные закономерности движения. Во-первых, при этом получают необходимые уравнения движения, описывающие многие конкретные случаи движения. Так, большинство оборотовых упражнений в гимнастике, выполняемых на перекладине, построено на выполнении сгибательно-разгибательных движений в плечевых и тазобедренных суставах и для их формализации достаточно применить трехзвенную модель опорно-двигательного аппарата человека.

Во-вторых, на основе трехзвенной модели можно получить уравнения в компактной форме для многозвенной системы с любым числом звеньев. В гимнастике существует широкий класс движений с использованием сгибательно-разгибательных движений помимо плечевых и тазобедренных суставов. Движения при выполнении ряда спортивных упражнений осуществляются в лучезапястных, локтевых, коленных, голеностопных суставах. В этом случае опорно-двигательный аппарат человека представляют многозвенной моделью.

Используем подход, реализованный в ряде работ для процесса формирования необходимых уравнений с помощью ЭВМ на уровне произвольного количества элементов биомеханической системы, т.е. для любой многозвенной биосистемы. Предлагаемые на его основе модели кинематики и динамики биомеханической системы одинаково применимы как в условиях жесткой, так и упругой опоры.

Любое искомое уравнение для i -го звена сводится к *рекуррентному соотношению*. Достаточно определить уравнение, описывающее биомеханическое состояние предыдущего звена и свободный параметр, определяемый масс-инерционными характеристиками текущего звена и наложенными кинематическими связями, а после этого выполнить в программе циклические вычисления по i , от $i=1$ до $i=N$. Таким образом, можно автоматизировать процедуру вывода необходимых уравнений для биомеханических систем с произвольным количеством звеньев.

В динамике удобно использовать метод кинетостатического анализа, позволяющий в отличие от широко используемого в биомеханических исследованиях уравнения Лагранжа второго рода проанализировать движение не только вне зависимости от вида связи, но и с учетом фрикционного характера опорной кинематической пары.

При выводе уравнений кинематики и динамики биомеханической системы широко используется прием разделения постоянных и переменных членов выражений. Это в конечном итоге позволяет создавать новые методики исследования и развивать в биомеханике новые и достаточно сложные направления.

Использование приема разделения постоянных и переменных членов уравнений в кинематике и динамике позволяет разделить две системы, в корне отличающиеся по своей природе: механическую, представленную спортивным снарядом, и биомеханическую, моделирующую опорно-двигательный аппарат человека, и исследовать их взаимодействие.