

А. Е. ПОКАТИЛОВ, М. А. КИРКОР, В. И. ИЛЬЕНКОВ

Учебное образование

«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»

Могилев, Беларусь

Современные методы научного поиска позволяют резко расширить исследования в области биомеханики двигательных действий человека. Связано это с такими факторами как состояние вычислительной техники, программного обеспечения; развитие методов и технических средств биомеханических исследований, а также с полученными в настоящее время теоретическими моделями в области биомеханики.

Укажем, что одним из важнейших инструментов анализа является *компьютерное моделирование*. Именно эта технология исследования дает возможность всесторонне изучить движение человека. Результаты представляют интерес для сложно-координированных видов спорта, таких как спортивная и художественная гимнастики, акробатика, борьба и пр.

Отметим, что моделирование позволяет не только сделать некоторые выводы о поведении реальной системы, но и получить новую информацию об объекте исследования. При этом изучают не сам объект познания, а его модель, которая может быть математической или физической. Установлено, что использование методов и результатов моделирования в области биомеханики дает значительно больше информации, чем можно получить современными средствами измерения.

При исследовании движения спортсмена проблемы биомеханики могут быть разделены на две группы: первая из них относится к решению задач, получивших общее название как анализ движения биомеханических систем. В него входят исследования по структуре, кинематике и динамике биологических объектов.

Вторая группа задач связана с построением траектории движения биомеханических систем на основе математических моделей синтеза. Этот раздел относится к синтезу движения биомеханических систем. На современном этапе развития науки он вызывает особый интерес.

Методы анализа, независимо от области их применения, например, для технических или биологических объектов, развивались первыми, как наиболее простые и, на сегодняшний день именно они составляют основу в исследовании проблем биомеханики двигательных действий человека.

Модели синтеза позволяют разрабатывать технику спортивных упражнений с заранее заданными свойствами и характеристиками. Отметим, что модели синтеза движений включают в себя использование на

определенных этапах расчетных моделей анализа движений человека.

В настоящее время в ряде работ представлены исследования в области теории построения движений, в которых успешно применен метод имитационного моделирования движений спортсмена на ЭВМ. Тем не менее, эти исследования не затрагивают ряда серьезных факторов, оказывающих существенное влияние на движение спортсмена. К одним из них относится влияние упругих свойств опоры, каковой для спортсмена является спортивный снаряд во многих видах спорта.

В работах других исследователей предлагались модели опоры с учетом ее упругих свойств, но полученные уравнения являются упрощенными и не раскрывают полностью всю сложную и многообразную картину влияния спортивного снаряда на движение человека.

Таким образом, модели анализа и синтеза движения человека требуют дальнейшего развития путем учета факторов, отражающих влияние упругих свойств опоры на параметры движения биомеханических систем. Первым этапом исследований является создание моделей анализа с учетом влияния деформации упругой опоры на движение человека. Включение моделей деформации опоры составной частью в общую картину, при синтезе движений спортсмена, является следующим этапом работы.

Отметим, как один из существенных моментов, тормозящих развитие биомеханики спорта, отсутствие универсальных уравнений для расчета параметров кинематики и динамики движения биомеханической системы. Методы, разработанные в механике, оказываются неэффективными, так как предназначены для расчета одного звена. Это означает, что любое изменение исходных данных при классических методах приводит к постановке новой задачи и повторению ручного труда.

Весьма перспективным является подход, при котором любая модель строится по рекуррентному соотношению типа

$$f_i = f_{i-1} + u_i,$$

где f_i – уравнение, описывающее биомеханическое состояние i -го звена; f_{i-1} – уравнение, описывающее биомеханическое состояние $(i-1)$ -го звена; u_i – свободный параметр, определяемый масс-инерционными характеристиками i -го звена и наложенными кинематическими связями.

В этом случае опорно-двигательный аппарат человека моделируется разомкнутой кинематической цепью. Достаточно определить структуры f_{i-1} и u_i , а после этого, используя предложенное соотношение, 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.