

КОМПЬЮТЕРНЫЙ СИНТЕЗ ДВИЖЕНИЙ СПОРТСМЕНА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОИСКА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ

Д. А. Лавшук

(МГУ имени А. А. Кулешова, Могилев, Беларусь)

В статье обсуждается технология реализации компьютерного моделирования движений спортсменов. Приведены варианты использования синтеза движений в вычислительных экспериментах для поиска рациональных форм движений.

Развитие биомеханики, как и любой другой науки сегодняшнего дня – это развитие ее методов. Использование для регистрации движений современного оборудования – беспроводных датчиков, регистрирующих различные кинематические и динамические характеристики, которые мгновенно передаются на компьютер и могут оперативно быть интерпретированы, открывает перед тренером практически безграничные возможности по контролю за техническими действиями спортсмена. В этом сущность биомеханического анализа – изучение существующих способов реализации двигательных задач спортсменом. Это же определение подчеркивает и недостаток данного метода, ибо обосновать возможность реализации на практике новых движений биомеханический анализ не в состоянии. Если исследователя интересуют вопросы поиска новых способов решения двигательных задач, необходимо использовать биомеханический синтез – метод биомеханики, позволяющий «разрабатывать технику упражнений с заранее указанными качествами и требуемыми свойствами» [1, с. 5].

Каждый спортсмен осуществляет синтез движения на практике – в процессе овладения техникой изучаемого упражнения. Вместе с тем, наибольшую прогностическую ценность представляет теоретический синтез движений человека в вычислительном эксперименте на компьютере. В этом случае у тренера появляется возможность заранее, до организации процесса обучения определенному двигательному действию, обосновать принципиальную возможность решения двигательной задачи, с учетом индивидуальных ограничений на кинематические и динамические ресурсы исполнителя.

Теоретический синтез движений спортсмена на компьютере базируется на использовании математических моделей, которые представляют

собой систему дифференциальных уравнений, описывающих перемещение тела спортсмена. Решить эти уравнения – значит найти закон изменения положения тела спортсмена в пространстве с течением времени.

Рассмотрим математическую модель движения N-звенной неразветвленной биомеханической системы [1]:

$$\sum_{j=1}^N A_j \ddot{\varphi}_j \cos(\varphi_j - \varphi_i) - \sum_{j=1}^N A_j \dot{\varphi}_j^2 \sin(\varphi_j - \varphi_i) + Y_i \cos \varphi_i = M_i - M_{i+1} \quad (1)$$

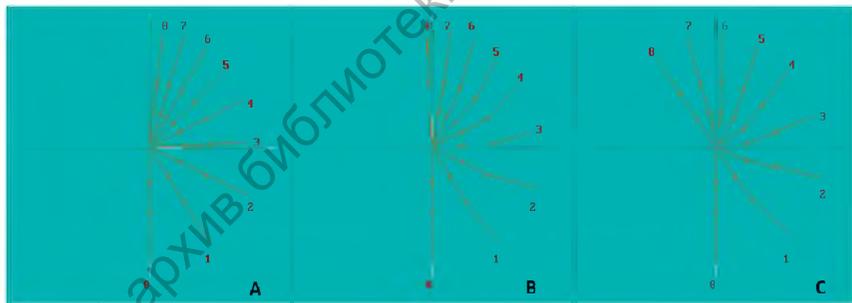
$i=1, \dots, N.$

Здесь N – количество звеньев моделируемой системы, φ – вектор обобщенных координат биомеханической системы, A_{ij} – матрица динамических характеристик, определяемая масс-инерционными характеристиками звеньев тела спортсмена, $\dot{\varphi}$, $\ddot{\varphi}$ – соответственно первая и вторая производные вектора обобщенных координат по времени, Y – вектор обобщенных сил, M – вектор управляющих моментов мышечных сил в суставах. Число уравнений совпадает с числом звеньев модели. Решение данного уравнения на компьютере есть процесс численного интегрирования системы дифференциальных уравнений, в процессе которого определяются значения обобщенных координат биомеханической системы на всей траектории моделируемого движения. Для организации вычислительного алгоритма необходимо задать параметры моделирования, в частности:

- антропометрические показатели сегментов тела;
- начальные условия движения – численные значения обобщенных координат, скоростей и ускорений;
- условия на окончание процесса моделирования – по времени, либо достижение определенного положения, либо любой другой формализованный показатель, по достижении которого процесс моделирования должен быть прекращен;
- программное управление – массив значений управляющих функций на всей траектории движения.

Программное управление в уравнениях движения биомеханической системы – то, что является причиной эволюции биомеханической системы, изменения ее положения в пространстве. Причины, по которым тела движутся, – силы и моменты сил, приводящих биомеханическую систему в движение. Задание управления в форме закона изменения моментов мышечных сил есть способ формирования программного управления на динамическом уровне. Однако и для спортсмена, и для тренера данный способ формирования управления не является приемлемым – ведь ни

тренер, ни атлет не знают реальные значения моментов сил, развиваемых спортсменом в каждом конкретном движении. Тренер может наблюдать внешнюю картину движения, например, суставные углы спортсмена на всей траектории движения. Именно значения суставных углов и являются наиболее приемлемой биомеханической характеристикой, которую целесообразно использовать в компьютерном моделировании движений на компьютере. Задавая различные значения управляющих функций, у педагога, проводящего вычислительный эксперимент на ЭВМ, появляется возможность на экране компьютера построить различные варианты исполнения моделируемых движений. Например, на рисунке представлены различные варианты синтеза гимнастического упражнения «большой оборот назад на перекладине» при движении прямым телом (А), при сгибательных действиях в тазобедренных суставах (В) и при сгибательных действиях в плечевых суставах (С). Начальное положение тела спортсмена – вис, начальная скорость движения – 6 рад/с. Условие на окончание процесса моделирования – время, $t_{\text{конечное}} = 0,6$ с. Сравнение трех различных вариантов синтеза позволяет дать четкий ответ, что сгибательные действия в плечевых суставах оказывают наибольший вклад в увеличение угла поворота тела спортсмена вокруг грифа перекладины.



Варианты синтеза моделируемого упражнения

Варьируя параметры синтеза – масс-инерционные характеристики, ограничения по кинематические и динамические характеристики, у тренера появляется возможность конструирования техники моделируемых упражнений с заранее заданными свойствами.

Литература

1. Загrevский, В.И. Формализм Лагранжа и Гамильтона в моделировании движений биомеханических систем: монография / В.И. Загrevский, О.И. Загrevский, Д.А. Лавшук. – Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова, 2018. – 296 с.