

Математические модели движений спортсменов

Д. А. Лавшук

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова

Уровень конкуренции на мировой спортивной арене постоянно растет. Как никогда важно уделять внимание всем аспектам подготовки спортсменов. Техническая подготовка — важнейший компонент роста спортивного мастерства, особенно в тех видах спорта, в которых техника упражнений является предметом соревновательной оценки, в частности, в гимнастике, акробатике, прыжках в воду и прочих сложнокоординационных видах. Традиционные методы технического совершенствования подчиняются следующей методологической цепочке: освоенное двигательное действие — биомеханический анализ упражнения — выводы и рекомендации по совершенствованию техники упражнений и методики обучения им. В настоящее время запросы практики спортивной деятельности требуют принципиально иного подхода в области теории построения движений: недостаточно ограничиваться анализом уже известных форм движений, а необходимо разрабатывать технику упражнений с заранее заданными качествами. Иначе говоря, весьма востребованы методы прогнозирования рациональной техники соревновательных упражнений для конкретного исполнителя. В этом направлении наиболее перспективным представляется использование методов математического моделирования движений человека на ЭВМ.

В качестве рабочей гипотезы данного исследования было выдвинуто предположение о том, что использование математических моделей движений спортсменов позволит интенсифицировать процесс технической подготовки атлетов. Цель исследования — создание математических моделей движений спортсмена и разработка методики их использования в учебно-тренировочном процессе. Для достижения поставленной цели использовались методы механико-математического моделирования динамических систем, для проведения вычислительных экспериментов с разработанными математическими моделями были созданы компьютерные программы в среде Visual Basic.

Один из возможных способов описания движений человека в механике — использование уравнений Лагранжа второго рода [1]:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_m} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_m} = F_m, \quad (1)$$

где T — кинетическая энергия; φ_m — обобщенные координаты ($m = 1, \dots, N$); $\dot{\varphi}_m$ — обобщенные скорости ($m = 1, \dots, N$); F_m — обобщенные силы; N — число степеней свободы. Учитывая, что число всевозможных перемещений тела человека велико, то создание универсальной модели движений человека представляется проблематичным. В своем исследовании ограничивалось создание моделей N -звенных неразветвленных биомеханических систем в условиях опоры. Тогда уравнение (1) можно представить в следующем виде [2]:

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

где 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 производная вектора обобщенных координат по времени; Y — вектор обобщенных сил; M — вектор управляющих моментов мышечных сил в суставах.

В зависимости от способа задания управляющих функций и моделирующего их алгоритма управления движением, базовая математическая модель движения биомеханической системы (2) трансформируется в подкласс конструктивных математических моделей синтеза целенаправленных движений человека. Управляющие воздействия биомеханической системы формируются на двух уровнях: кинематический уровень формирования программного управления (если управляющие функции заданы в форме кинематических характеристик) и динамический уровень формирования программного управления (при задании управляющих функций в форме управляющих моментов мышечных сил).

Однако реальное использование разработанных математических моделей в практике учебно-тренировочной работы будет сдерживаться тем, что тренерский состав не обладает достаточными знаниями в области имитационного моделирования. Вследствие этого разработаны прототипы компьютерных программ, с помощью которых возможно проведение вычислительных экспериментов по моделированию двигательных действий спортсменов даже специалистами, которые не обладают в достаточной степени знаниями по синтезу двигательных действий на ЭВМ. Такие программы, как некий «черный ящик», на входе в который задаются требуемые свойства моделируемого движения и индивидуальные ростовые и силовые ресурсы исполнителя, а на выходе синтезируется траектория движения спортсмена, заданная в форме изменения суставных углов в любой момент времени. Тогда конечным продуктом исследовательской деятельности должно быть создание программно-аппаратного комплекса, выполняющего следующие задачи:

- регистрация исходных, реально исполняющихся движений;
- определение координат суставов по материалам видеосъемки;
- вычисление биомеханических характеристик и их графическое представление;
- синтез произвольных траекторий движений спортсменов путем варьирования начальных условий и программного управления.

Имитационное моделирование двигательных действий спортсмена на ЭВМ — мощный инструмент прогнозирования индивидуальной рациональной техники. Однако для внедрения данного подхода в практическую подготовку спортсменов необходимо создание универсальных математических моделей синтеза движений, которые могут описывать произвольные двигательные действия вне зависимости от условий движения. Вместе с тем даже использование математических моделей, описывающих всего лишь некоторый подкласс реальных спортивных упражнений, совместно с разработкой современных программных комплексов по вычислительной поддержке имитационного моделирования на ЭВМ, способно существенно интенсифицировать учебно-тренировочный процесс.

Литература:

1. Кильчевский Н. А. Курс теоретической механики: в 2 т. Т. 2: Динамика системы, аналитическая механика, элементы теории потенциала, механики сплошной среды, специальной и общей теории относительности / Кильчевский Н. А. — М.: Наука, 1977. — 544 с.
2. Загrevский В. И. Построение оптимальной техники спортивных упражнений в вычислительном эксперименте на ПЭВМ / В. И. Загrevский, Д. А. Лавшук, О. И. Загrevский. — Могилев: Могилев. гос. ун-т им. А. А. Кулешова, 2000. — 190 с.