

## О СТРУКТУРЕ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ В БИОМЕХАНИКЕ СПОРТА

Покатилов А.Е., Киркор М.А., Гальмак А.М.

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий  
г. Могилев, Беларусь

Во многих видах спорта важным фактором достижения высоких результатов являются скоростно-силовые параметры мышечной системы. Для их оценки разработаны специальные тренажеры и соответствующие им методы измерения и методики расчета динамических характеристик движения. Общим для всех этих методов является тот факт, что они носят специальный характер и требуют отдельных от соревновательной и тренировочной практики исследований [1].

Наряду с этим в биомеханике спорта для изучения техники спортивных упражнений используют биомеханический анализ, в результате которого получают огромный массив данных по движению спортсмена. Исследование скоростно-силовых характеристик движения спортсмена сюда не входит.

В данной работе предлагается оценить скоростно-силовые характеристики движения спортсмена с помощью математического анализа динамических уравнений движения биомеханической системы, записанных для моментов управляющих сил мышечной системы. Введем понятие динамической скорости  $V_{M_{i,i-1}}$  по управляющему моменту  $M_{i,i-1}$  относительно сустава  $O_i$  биомеханической системы. С точки зрения математики это первая производная по времени от управляющего момента относительно каждого сустава. В общем виде имеем

$$V_{M_{i,i-1}} = \frac{dM_{i,i-1}}{dt} \text{ (Н}\cdot\text{м/с)}.$$

Отметим, что размерность динамической скорости по управляющему моменту совпадает с мощностью, но это только совпадение. В теории подобия известно, что у различных физических характеристик размерности могут совпадать [2].

Биомеханический анализ большого оборота назад на перекладине в спортивной гимнастике и рывка штанги в тяжелой атлетике показал несовпадение мощности и динамической скорости при совпадении размерности. Это разные по своей физической природе характеристики движения.



Рисунок 1 – Большой оборот назад

На рисунке 1 даны графики изменения мощности при движении спортсмена относительно грифа перекладины при выполнении большого оборота назад и динамической скорости момента управляющих сил мышечной системы относительно той же перекладины. Анализ показывает, что, во-первых, формы графиков не совпадают друг с другом, а, во-вторых, и значения этих исследуемых характеристик существенно различаются.

Запишем уравнение динамической

скорости через структуры, от которых она зависит:

$$V_{M_{i,i-1}} = \frac{dM_{G_j}^\Sigma}{dt} - \frac{dM_{\Gamma_j}^\Sigma}{dt} + \frac{dM_{B_j}^\Sigma}{dt} + \frac{dM_{\dot{Q}_j}^\Sigma}{dt} + \frac{dM_{a_j^n}^\Sigma}{dt} =$$

$$= V_{M_{G_j}^\Sigma} - V_{M_{\Gamma_j}^\Sigma} + V_{M_{B_j}^\Sigma} + V_{M_{\dot{Q}_j}^\Sigma} + V_{M_{a_j^n}^\Sigma} . \quad (1)$$

Уравнение (1) показывает структуру динамической скорости для самого общего случая, с учетом деформации спортивного снаряда, например, грифа перекладины. Полная динамическая скорость является алгебраической суммой 5 скоростей, зависящих от соответствующих силовых факторов. Здесь  $V_{M_{G_j}^\Sigma}$  – динамическая скорость, зависящая от сил тяжести;  $V_{M_{\Gamma_j}^\Sigma}$  и  $V_{M_{B_j}^\Sigma}$  – динамические скорости, зависящие от деформации спортивного снаряда в горизонтальном и вертикальном направлениях;  $V_{M_{\dot{Q}_j}^\Sigma}$  и  $V_{M_{a_j^n}^\Sigma}$  – динамические скорости, зависящие от инерционной нагрузки в касательном и нормальном направлениях соответственно.

Для тяжелой атлетики уравнение динамической скорости содержит только 3 группы членов:

$$V_{M_{i,i-1}} = V_{M_{G_j}^\Sigma} + V_{M_{\dot{Q}_j}^\Sigma} + V_{M_{a_j^n}^\Sigma} . \quad (2)$$

В уравнениях (1) и (2) полная динамическая скорость представлена как алгебраическая сумма соответствующих членов, принадлежащих различным силовым факторам.

Также запишем динамические скорости в общем виде через соответствующие скорости в сферической системе координат в случае пространственного движения:

$$\bar{V}_{M_{\varphi_i}} = \bar{V}_{M_{\varphi_i}^{\varepsilon}} + \bar{V}_{M_{\varphi_i}^n} + \bar{V}_{M_{\varphi_i}^{\tau}} , \quad (3)$$

$$\bar{V}_{M_{\theta_i}} = \bar{V}_{M_{\theta_i}^g} + \bar{V}_{M_{\theta_i}^{\varepsilon}} + \bar{V}_{M_{\theta_i}^n} + \bar{V}_{M_{\theta_i}^{\tau}} . \quad (4)$$

В уравнениях (3) и (4) показаны динамические скорости в полярной и аксиальной плоскостях. Отметим, что данные выражения являются векторными суммами определенных динамических параметров. При этом в полярной плоскости выражение (3) имеет три структуры, зависящие от различных динамических параметров, а в уравнении (4) число таких структур уже равно четырем.

#### Список использованных источников

1 Скоростно-силовые качества [Электронный ресурс] / Спорт-вики – википедия научного бодибилдинга. – 2011. – Режим доступа: <http://sportwiki.to>. – Дата доступа: 05.11.2018.

2 Гухман, А.А. Теория подобия, анализ размерностей, характеристические масштабы / А.А. Гухман, А.А. Зайцев. – Москва : Изд-во МГОУ, 1993. – 73 с.