

Все это создает дополнительные трудности и для студента, которому и без того непросто адаптироваться к новым реалиям, и для преподавателя, задачами которого являются воспитание у студентов стойкой мотивации к овладению знаниями и формирование научного мировоззрения. Безусловно, фундаментальное математическое образование в техническом УВО имеет свою специфику по сравнению с классическим университетом. Материал несомненно должен иметь большую практическую направленность, однако без теоретических выкладок и логических обоснований и доказательств в математическом курсе не обойтись. Мы считаем важным сохранение количества часов, отводимых на изучение базовых разделов математики на уровне, необходимом для того, чтобы изложить материал последовательно и связно, не теряя логики предмета и не выхватывая из курса математики отдельные темы. В противном случае теряется смысл преподавания математики как дисциплины, изучение которой должно служить ядром всего общетехнического образования.

В заключение отметим, что математическое образование в техническом вузе является одной из важнейших составляющих подготовки высококвалифицированного специалиста. Оно не только призвано вооружить будущего специалиста соответствующим набором знаний, но и способствует развитию мыслительных навыков, формированию критического мышления и выступает краеугольным камнем, обеспечивающим логичное и последовательное изучение специальных дисциплин.

УДК 51-73; 531.3; 796.01

## **КИНЕМАТИКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ СПОРТСМЕНА**

*М. А. КИРКОР, А. Е. ПОКАТИЛОВ, А. М. ГАЛЬМАК*

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

При выполнении биомеханического анализа спортивных упражнений обнаружено, что даже движения спортсмена, которые исследуются как плоские, на самом деле являются пространственными, что сразу на порядки усложняет их изучение и моделирование [1].

На рисунке 1, б показана фаза подседа при выполнении рывка штанги в тяжелой атлетике. На рисунке 1, а представлено смещение правого локтевого сустава в процентах по отношению к длине правого плеча. Максимальное отклонение составляет 14 %.



Рисунок 1 – Рывок штанги. Перемещение локтевых суставов

Анализ техники рывка штанги показывает, что голень отклоняется до максимума в горизонтальном направлении, т. е. поворачивается во фронтальной плоскости в конечной фазе упражнения. Также хорошо виден сложный характер движения коленей на всей траектории движения во время выполнения рывка. Происходит смещение суставов влево-вправо, напоминающая гармонические колебания.

При анализе рисунка 1, а, в установлено, что для левого локтевого сустава по рисунку 1, в отклонение такое же как и для правого сустава. Смещение достигает 14 % в обе стороны от первоначального положения в стартовой фазе. Таким образом, по абсолютной величине смещение оказывается равным примерно 30 % с учетом смещения в обе стороны от первоначального положения сустава в начальной фазе рывка.

На самом деле картина движения локтевых суставов более сложная, чем коленных. Траектории коленных суставов, по сути, зеркальны по отношению друг к другу. Это отражает технику упражнения, здесь колени перемещаются синхронно, зеркально и одинаково.

На рисунке 1, а и в движение локтевых суставов до 35 кадра (фаза подседа), как и для колен, примерно зеркально, что означает одинаковое смещение локтей друг относительно друга. А вот при дальнейшем движении спортсмена при подъеме из подседа и фиксации смещение локтевых суставов происходит преимущественно в одну сторону, влево. Это означает перемещение самой штанги вместе с локтевыми суставами в горизонтальной плоскости и в одном направлении, без изменения расстояния между локтями.

Вычислительный эксперимент рывка штанги проводился в программе Mathcad 15.0 для трех случаев: рывка штанги весом 70, 100 и 140 кг. Именно эксперимент показал, что звенья биомеханической системы (БМС) совершают пространственное, а не плоское движение. Нами специально был отдельно проведен биомеханический анализ рывка штанги не только как пространственного движения, но и как плоского. Это необходимо для сравнительного анализа того, насколько реальные движения звеньев БМС отклоняются от движения в одной плоскости [2].

На рисунке 2 приведены угловые показатели движения бедра и предплечья, как наиболее отклоняющихся от плоского движения звеньев.

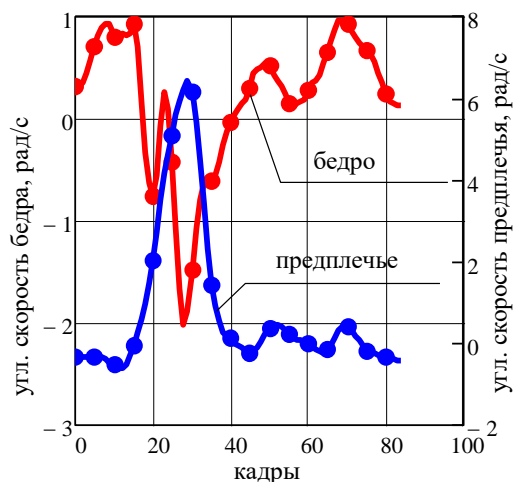


Рисунок 2 – Угловая кинематика бедра и предплечья БМС

На рисунке показано, что угловая скорость бедра в максимуме достигает величин в пределах  $(+1 \dots -2)$  рад/с. Предплечье поворачивается с гораздо большей угловой скоростью, которая изменяется в пределах  $(+6 \dots -2,5)$  рад/с.

На рисунке 3 показаны графики изменения угловой скорости и углового ускорения бедра при рывке штанги весом 140 кг. Здесь угловое ускорение изменяется в пределах  $(+13 \dots -15)$  рад/с<sup>2</sup>. На рисунке 4 даны графики для предплечья. В этом случае при рывке угловое ускорение рассматриваемого звена изменяется в пределах  $(+20 \dots -30)$  рад/с<sup>2</sup>.

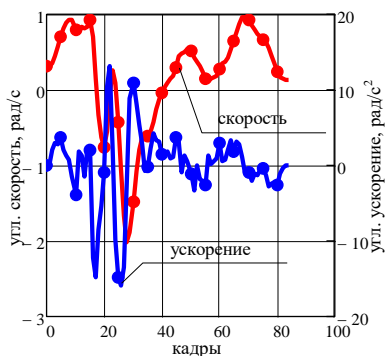


Рисунок 3 – Угловые скорость и ускорение бедра БМС

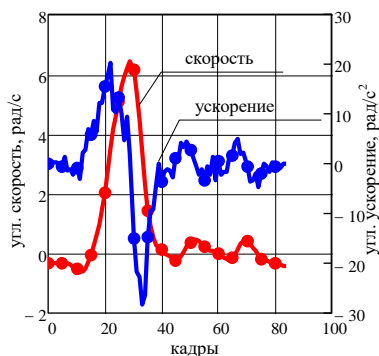


Рисунок 4 – Угловые скорость и ускорение предплечья БМС

На рисунке 5, *a–г* показаны кадры учебного фильма по правильной технике рывка штанги в исполнении мастера спорта международного класса Артема Леонидова, РФ. На рисунке 5, *a* представлен кадр видеосъемки спортивного упражнения в момент старта. Сопоставление правильной техники выполнения упражнения и графиков по рисункам 2–4 показывает изменение кинематических параметров звеньев синхронно фазам упражнения.

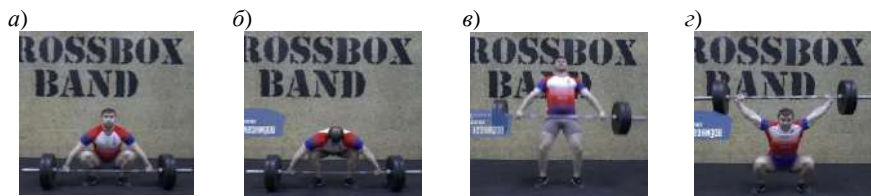


Рисунок 5 – Техника рывка. Фронтальная съемка

Таким образом, при видеосъемке упражнений в тяжелой атлетике одной видеокамерой в исследования вносятся значительные погрешности. С другой стороны, устранение этой ошибки приводит к тому, что появляется возможность при видеосъемке одной видеокамерой получить пространственную картину движения. Но при этом встает вопрос о методах разработки уравнений движения БМС и их расчетов.

Исходя из предварительного анализа и экспериментов, покажем отличие реальных параметров звеньев на примере бедра спортсмена от проекции звена в сагиттальной плоскости на рисунке 6.

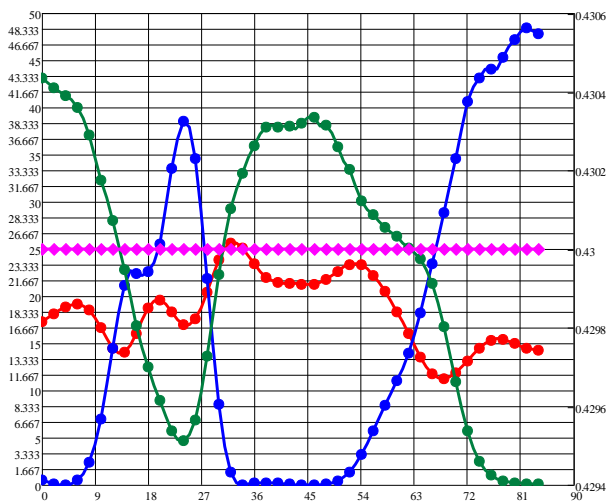


Рисунок 6 – Изменение проекций бедра (в %) в пространственной системе координат по отношению к действительному размеру звена БМС

Здесь бедро имеет длину 0,43 м, при этом его проекции в сагиттальной, горизонтальной и вертикальной плоскостях изменяются в пределах от 25 до 50 % от реальных размеров бедра. Соответственно этому и меняются все кинематические характеристики движения звена в этих плоскостях. Аналогично изменяются параметры и всех остальных звеньев биомеханической системы.

### Список литературы

- 1 **Бернштейн, Н. А.** О построении движений / Н. А. Бернштейн. – М. : Медгиз, 1947. – 255 с.
- 2 **Жеков, И. П.** Биомеханика тяжелоатлетических упражнений / И. П. Жеков. – М. : Физкультура и спорт, 1976. – 192 с.

УДК 51-73; 531.3; 796.01

## БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПОРТИВНЫХ УПРАЖНЕНИЙ

*М. А. КИРКОР, А. Е. ПОКАТИЛОВ, А. М. ГАЛЬМАК, А. А. ВАСИЛЕВСКИЙ*  
*Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, г. Могилев*

В рамках биомеханического анализа проводился вычислительный эксперимент. Расчеты выполнены в программе Mathcad 15.0 для трех случаев: рывка штанги весом 70, 100 и 140 кг. При этом исследования шли в двух направлениях:

1 Биомеханический анализ рывка по данным видеосъемки как плоского движения.

2 Биомеханический анализ рывка с учетом его пространственного характера.

Первый случай необходим в качестве базы, чтобы оценить погрешность вычислений по предложенному методу исследования пространственного движения спортсмена, а также, чтобы оценить насколько реальные результаты биомеханического анализа отличаются от базового варианта в абсолютных величинах [1].

На рисунке 1 показана реакция

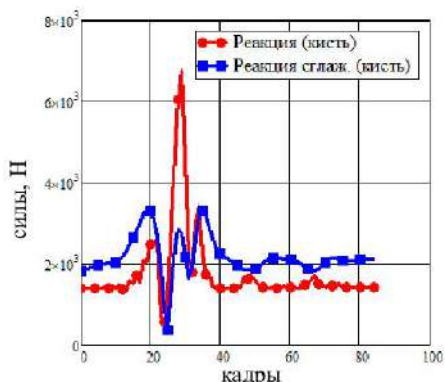


Рисунок 1 – Суставные реакции при плоском движении. Вес 140 кг