

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

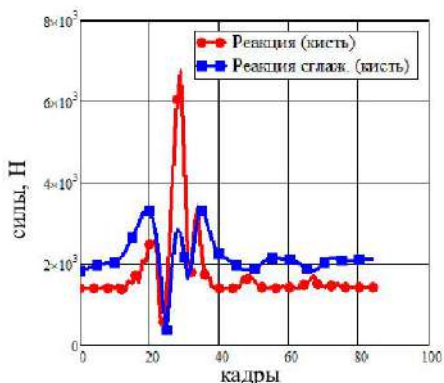


Рисунок 1 – Суставные реакции при плоском движении. Вес 140 кг

в кисти спортсмена при рывке штанги весом 140 кг. Здесь приведены сглаженные данные и данные, полученные в ходе вычислительного эксперимента до их обработки специальными функциями Mathcad 15.0 – функциями сглаживания.

На рисунках 2 и 3 приведены годографы реакции в кисти в вертикальной плоскости при рывке штанги 140 кг. Здесь для сравнения на рисунке 2 дана кривая до сглаживания, а на рисунке 3 – после сглаживания данных вычислительного эксперимента. Отметим важный факт – сглаживание данных является обязательной процедурой при биомеханическом анализе. Также укажем, что определение суставных реакций спортсмена в вычислительном эксперименте – на сегодняшний день это единственный метод их нахождения.

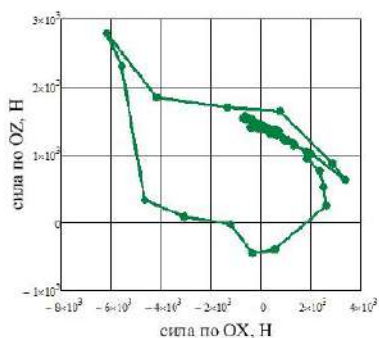


Рисунок 2 – Суставные реакции при плоском движении. Вес штанги 140 кг

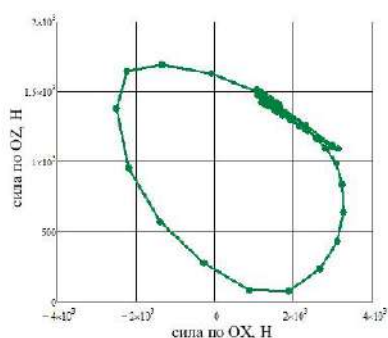


Рисунок 3 – Годограф реакции в кисти по сглаженным данным. Вес штанги 140 кг

На следующем этапе в эксперименте определялись опорные реакции спортсмена. По его результатам выявлены закономерности изменения опорной реакции спортсмена в контакте «стопа – помост» (рисунки 4 и 5).

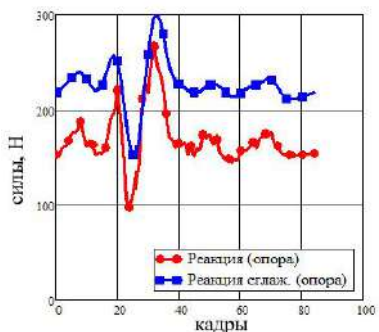


Рисунок 4 – Опорная реакция стопы. Вес штанги 140 кг

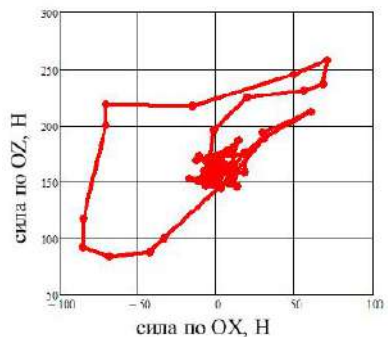


Рисунок 5 – Годограф опорной реакции (данные не сглажены)

На рисунке 4 показаны результаты расчета опорной реакции спортсмена в двух вариантах – до сглаживания данных и после. А на рисунке 5 показан годограф несглаженной опорной реакции спортсмена при весе штанги в 140 кг.

На рисунке 6 приведен годограф опорной реакции спортсмена для случая, когда принимаются данные видеосъемки одной камерой, как фиксация плоского движения [2]. Необходимо отметить сложный характер изменения реакции в начале и в завершении упражнения.

Также отметим, что величина опорной реакции достигает значений до 300 кг в вертикальном направлении, при этом значительно уменьшаясь в фазе подрыва до 150 кг. Горизонтальная составляющая меняется в диапазоне 90 – 190 кг, достигая значительных величин, при этом годограф является плавной кривой.

На рисунках 7–9 показаны кривые изменения опорных реакций при рывке штанги в 140 кг из расчета того факта, что несмотря на видеосъемку одной камерой движения спортсмена в сагиттальной плоскости, это движение является пространственным. Кривые получены в вычислительном эксперименте.

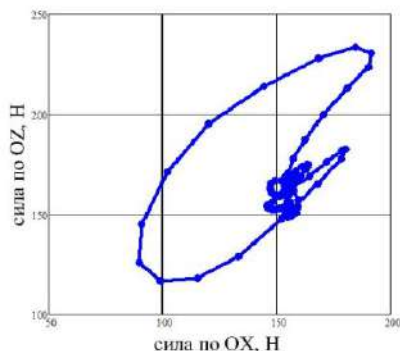


Рисунок 6 – Годограф опорной реакции

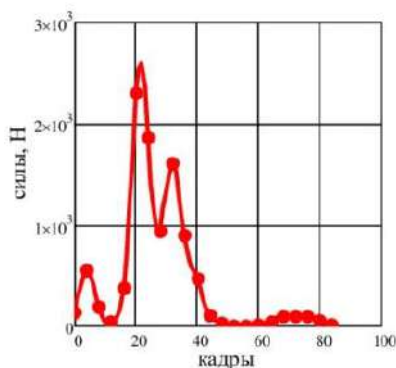


Рисунок 7 – Опорная реакция в сагиттальной плоскости

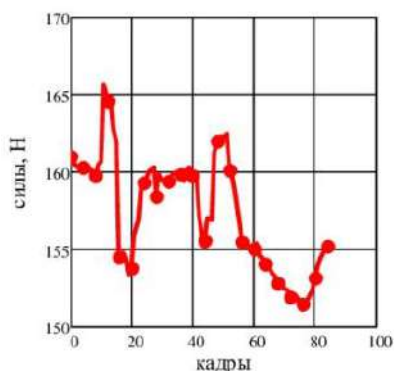


Рисунок 8 – Опорная реакция в горизонтальной плоскости

На рисунке 7 даны изменения опорной реакции в сагиттальной плоскости.

На рисунке 8 приведена кривая изменения опорной реакции в горизонтальной плоскости во всех фазах упражнения. На рисунке 9 показаны изменения опорной реакции в вертикальной (фронтальной) плоскости. Данные получены в вычислительном эксперименте по разработанным нами моделям.

Анализ изменения опорной реакции показывает, что в вертикальной и сагиттальной плоскостях составляющие опорной реакции имеют один порядок. Зато в горизонтальном направлении эта составляющая как раз на один порядок меньше, в максимуме достигая 165 Н (16,5 кгс).

На рисунке 10 приведена опорная реакция, рассчитанная в эксперименте двумя методами, как для плоского движения и как для пространственного. В обоих случаях результаты расчетов являются значимыми и позволяют показать пространственный характер рывка штанги.

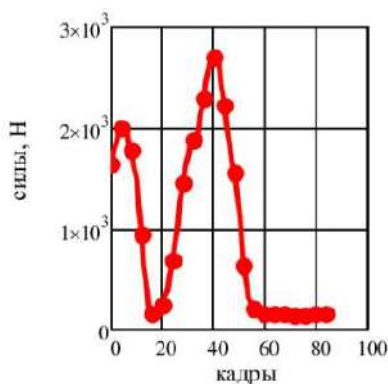


Рисунок 9 – Опорная реакция в вертикальной плоскости

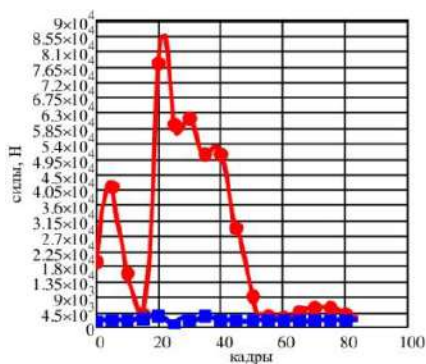


Рисунок 10 – Изменение опорной силы

Анализ показал перспективность расчета рывка штанги как пространственного движения.

### Список литературы

- 1 Петров, В. А. Механика спортивных движений / В. А. Петров, Ю. А. Гагин. – Тбилиси : Ганатлеба, 1983. – 276 с.
- 2 Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики : учеб. для втузов / С. М. Тарг. – 20-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2010. – 416 с.: ил.