

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СПОРТСМЕНОМ И СНАРЯДОМ В ДВИЖЕНИИ

А.Р. Мамий

Адыгейский государственный университет, г. Майкоп

Статья посвящена проблеме измерения сил, проявляющихся между спортсменом и снарядом при выполнении упражнения. В статье приведена методика, позволяющая с помощью оптической регистрации измерять эти силы.

Измерение физических характеристик в биомеханике, таких как сила, ускорение вызывает определенные затруднения. В частности, если требуется найти силу, которую генерирует человек во время выполнения какого либо упражнения, то возникает вопрос, о какой силе идет речь, и какую силу измерять. Можно определить силу, которую проявляет спортсмен, как одно целое тело, либо силу, которую проявляют различные сегменты тела. Такая же проблема стоит и при измерении ускорения. Можно измерить ускорение какой либо точки тела, либо найти ускорение центра тяжести тела или его фрагментов, частей тела. Выбор соответствующего параметра зависит от поставленной задачи. Теоретически измерение этих физических величин выполняется без особого труда [5]. Существуют различные датчики ускорения, тензометрические датчики, датчики, измеряющие давление, датчики силы, датчики скорости и перемещения, с помощью которых непосредственно прямым измерением можно получить требуемую характеристику или величину. Однако возникают ситуации, когда измерение силы с помощью таких датчиков затруднительно. Например, при напряжении мышц сгибателей и разгибателей какого либо сустава в статическом режиме обе мышцы могут быть напряжены их силы уравновешены, движение конечности отсутствует. Однако измерить силы этих мышц внешними датчиками невозможно [1]. Единственная возможность заключается в том, чтобы, каким либо образом включить в разрыв между мышцей и местом, куда она прикрепляется требуемый датчик, и получить величину силы, которую развивает эта мышца в данном упражнении. Но при проведении натуральных экспериментов во время соревнований и тем более, если объектом исследования является человек и его движения такой метод недопустим.

Для получения динамических характеристик тела, например, спортивного снаряда, можно использовать метод оптической регистрации. С помощью этого метода можно определить перемещение, скорость, ускорение тела, а затем и силу, которая воздействует на это тело.

Цель исследования заключалась в изучении сил взаимодействия между спортсменом и снарядом возникающих в процессе выполнения движения, а именно, спортивного упражнения прыжок вверх с места с отягощением, то есть, со штангой на плечах. Это упражнение является специальным спортивным упражнением и используется спортсменами в специальной скоростно-силовой подготовке во многих видах спорта [4]. Для достижения поставленной цели был организован эксперимент, в процессе которого спортсмен выполнял прыжок вверх с места со штангой весом 25 кг. При этом с помощью тензометрической платформы, на которой выполнялось упражнение, фиксировалась вертикальная составляющая силы, которую развивал спортсмен. Датчиком перемещения измерялось расстояние от пола до грифа штанги [3]. Оптическое изображение процесса выполнения прыжка фиксировалось каждые 40 миллисекунд с помощью видеокамеры. За время выполнения прыжка удавалось записать до 50 кадров. С целью уменьшения погрешности видеозапись производилась таким образом, чтобы диапазон изменения положения грифа штанги занимал максимальную площадь кадра. Полученные от видеокамеры изображения обрабатывались, и в результате получалась зависимость перемещения грифа штанги от времени. Дублирование информации о перемещении, полученной непосредственно от датчика перемещения и от видеокамеры позволило синхронизировать во времени всю получаемую информацию.

График перемещения грифа штанги во времени при выполнении прыжка вверх с места изображен на рис. 1.

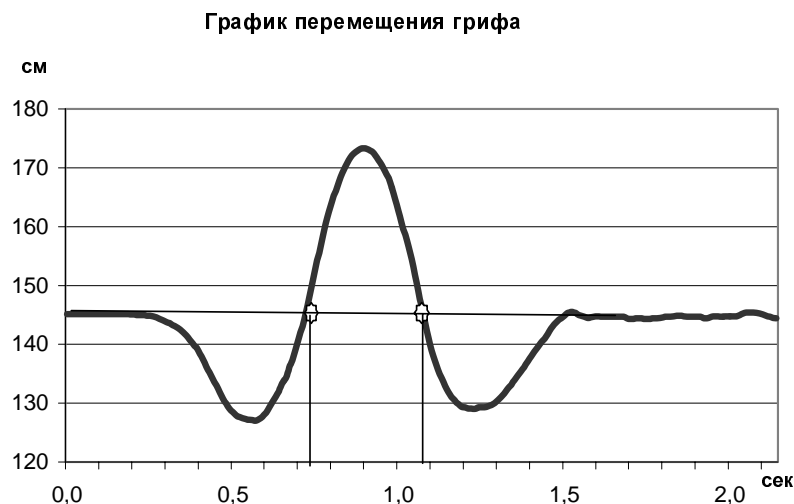


Рис. 1. График перемещения грифа штанги во времени при выполнении прыжка вверх с места

Из графика видно, что в исходном положении перед началом выполнения упражнения гриф штанги расположен на уровне 146 см от уровня пола. Далее в течение 0,5 – 0,6 сек. спортсмен выполняет полуприсед, опуская гриф штанги до высоты 127 см (величина полуприседа равна 19 см). Затем происходит выталкивание, отрыв от пола и сам прыжок. Через 0,9 сек. от начала движения гриф штанги достигает высоты 174 см. Далее наступает приземление (1,1 сек) и процесс амортизации, соответствующий второму минимуму на данном графике. На графике отмечены точки, соответствующие началу и окончанию полета во время прыжка. Можно видеть на графике, что высота прыжка соответствует 28 см, а время прыжка 0,35 сек.

График вертикальной составляющей силы, которую развивал спортсмен, при выполнении прыжка показан на рис. 2. Из графика (рис. 2) видно, что масса спортсмена и масса штанги в сумме составляет 105 кг. Из них масса штанги 25 кг, а испытуемого 80 кг. Также можно найти, что максимальная сила отталкивания при выполнении прыжка соответствует 250 кг, а при приземлении ударная нагрузка составляет 310 кг.

Имея эмпирические данные перемещения можно произвести численное дифференцирование и получить график скорости. Так как значения функции перемещения заданы как результаты измерений и требуется исследование поведения производной, то перед дифференцированием требуется численное сглаживание.

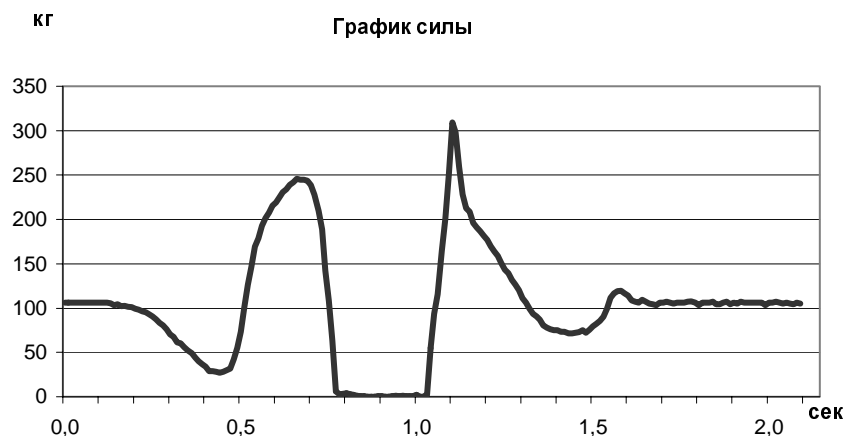


Рис. 2. График вертикальной составляющей силы, при выполнении прыжка вверх с места

Линейное сглаживание производилось по трем ординатам с помощью следующих формул:

$$\begin{aligned} \tilde{y}_0 &= (5y_0 + 2y_1 - y_2)/6, & \text{при } i=0 \\ \tilde{y}_i &= (y_{i-1} + y_1 + y_{i+1})/3, & \text{при } 1 \leq i \leq N-1 \\ \tilde{y}_N &= (5y_N + 2y_{N-1} - y_{N-2})/6, & \text{при } i=N. \end{aligned}$$

Для численного дифференцирования заданной функции заменим ее интерполяционным полиномом, аналитическое выражение для производной которой нетрудно найти [2]. Учитывая, что нас производная интересует только в узлах интерполяции ($p=0$), то формула численного дифференцирования для пяти ординат:

$$y'(x_0) = (y_{-2} - 8y_{-1} + 8y_{+1} - y_{+2})/12h, \text{ где } h = \Delta x = const.$$

В результате этих преобразований получим скорость перемещения грифа штанги при выполнении прыжка вверх с места (рис. 3).

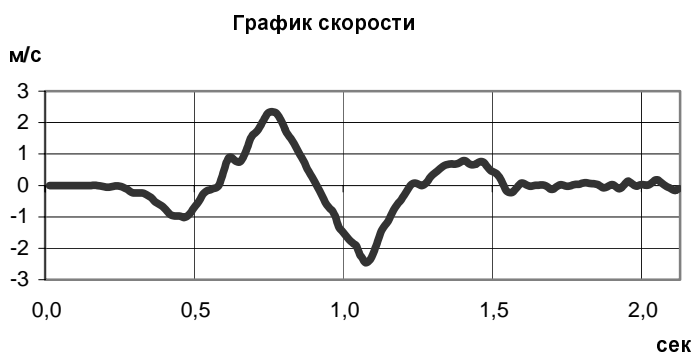


Рис. 3. График скорости перемещения грифа при выполнении прыжка вверх с места со штангой на плечах.

Из графика можно увидеть, что максимальная скорость, которую спортсмен имеет в момент отрыва и с обратным знаком в момент приземления равна 2,3 м/с.

Проделав аналогичную процедуру со скоростью перемещения грифа, можно получить данные, характеризующие ускорение грифа штанги во время выполнения прыжка (рис.4).

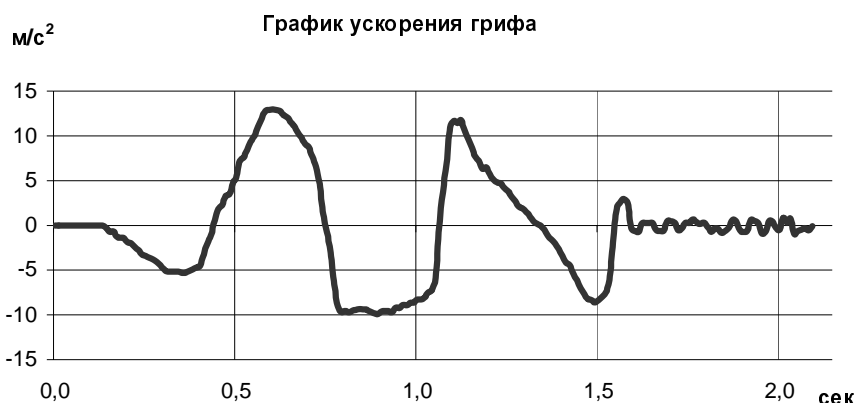


Рис. 4. График ускорения грифа при выполнении прыжка вверх с места со штангой на плечах

Сравнивая график силы, действующей на гриф штанги со стороны спортсмена (рис.5) и график вертикальной составляющей силы, при выполнении прыжка вверх с места, то есть силы взаимодействия спортсмена с опорой (рис. 2) можно увидеть одинаковый характер поведения этих сил (рис.6).

График силы, прикладываемой к грифу штанги

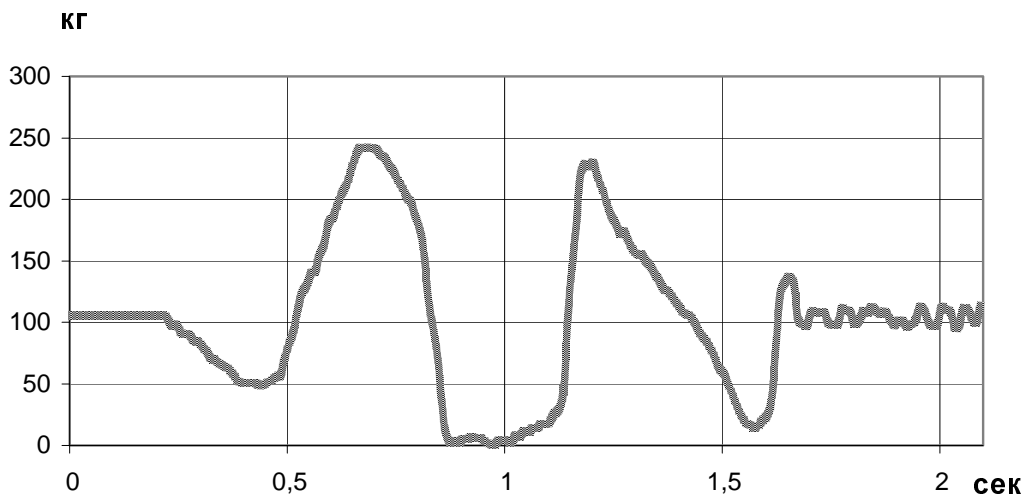


Рис. 5. График силы, действующей на гриф штанги со стороны спортсмена при выполнении прыжка вверх с места

Графики силы реакции опоры и силы, прикладываемой к грифу штанги

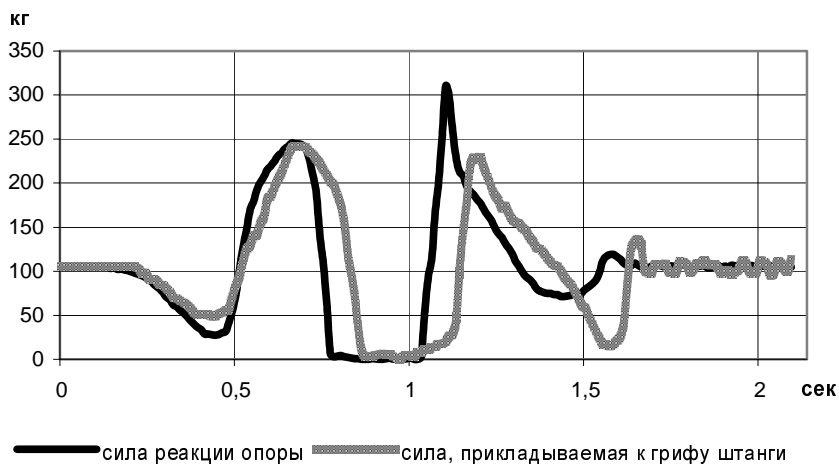


Рис. 6. Различия графика силы, действующей на гриф штанги со стороны спортсмена и графика вертикальной составляющей силы реакции опоры, при выполнении прыжка вверх с места

График силы, действующей на гриф штанги со стороны спортсмена, изображен исходя из допущения, что весь вес спортсмена сосредоточен в штанге. Спортсмен, участвующий в эксперименте применительно к физической модели, это тело, имеющее нулевую массу и способное генерировать

силу, которая с одной стороны воздействует на опору (тензоплатформу), с другой стороны на штангу. Различия в графиках силы (рис.6), объясняются тем, что сила к снаряду прикладывается через тело, которое является вязко-упругим. Упругие свойства тела обеспечивают накопление силы, его интегрирование. В связи с этим, график силы, воздействующей на гриф штанги со стороны спортсмена, имеет более пологие участки и некоторую задержку. Вязкие свойства тела проявляются в том, что максимальные выбросы сил становятся меньше.

Таким образом, сила, регистрируемая на тензометрической платформе и сила, прикладываемая к снаряду со стороны спортсмена разные, так как спортсмен это тело не абсолютно твердое, а вязко-упругое. Для нахождения силы прикладываемой к снаряду со стороны спортсмена необходимо использовать метод оптической регистрации.

Л и т е р а т у р а

1. *Александр Р.* Биомеханика. М., 1970.
2. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984. - 832 с.
3. *Фураев А.Н.* Оперативное регулирование тренировочного процесса тяжелоатлетов с использованием автоматизированной системы контроля биомеханических параметров: Автореф. дисс. ...канд. пед. наук.- Малаховка, 1988.- 24 с.
4. *Черкесов Ю.Т.* Управление становлением двигательных умений тяжелоатлетов при использовании методических приемов, основанных на применении технических средств: Дис. ... канд. пед. наук. - М. -1979. - 166 с.
5. *Яворский Б.М., Селезнев Ю.А.* Справочное руководство по физике. - М., 1979.

Definition of the interaction forces between the athlete and the device

A.R. Mamij

The paper is devoted to measurements of the forces emerging between the athlete performing the exercise and the device. The technique of measuring these forces with the help of optical registration is given in the paper.