

Расчетно-графическая работа

Анализ динамограммы прыжка вверх с места

Основные понятия – физический механизм движения, импульс силы и импульс тела, общий центр масс тела.

Физические упражнения являются основным средством физического воспитания и спортивной тренировки. Поэтому знание того, как правильно их выполнять и применять в тренировочном процессе, является залогом успеха в достижении высоких спортивных результатов.

Данная работа раскрывает суть первых двух этапов метода биомеханического обоснования строения двигательных действий, который рассматривается в нескольких расчетно-графических работах на примере анализа техники выполнения прыжков вверх с места.

Выбор этих упражнений продиктован двумя обстоятельствами.

Во-первых, прыжковые упражнения широко используются в практике спорта как тренировочное средство и тестовое задание для оценки двигательных возможностей спортсменов.

Во-вторых, эти упражнения достаточно хорошо изучены с биомеханической точки зрения, что поможет лучше понять суть рассматриваемого метода и то, какие физические механизмы и биомеханизмы лежат в их основе.

Напомним, что под физическим механизмом движений понимается процесс изменения движений в результате приложенных сил, обусловленный действием законов механики.

В структуре прыжка вверх с места, представленной на рисунке 1, можно выделить три основных периода: период опоры, период полета и период приземления.

В периоде опоры различают две фазы: фаза подседания и фаза отталкивания. Подседание представляет собой приближение ОЦМ тела человека к опоре из положения стоя. Фазу подседания разделяют на подфазу

разгона и подфазу торможения. Период полета включает в себя фазу взлета и фазу опускания к опоре. Период приземления состоит из фаз удара, амортизации и принятия положения равновесия.

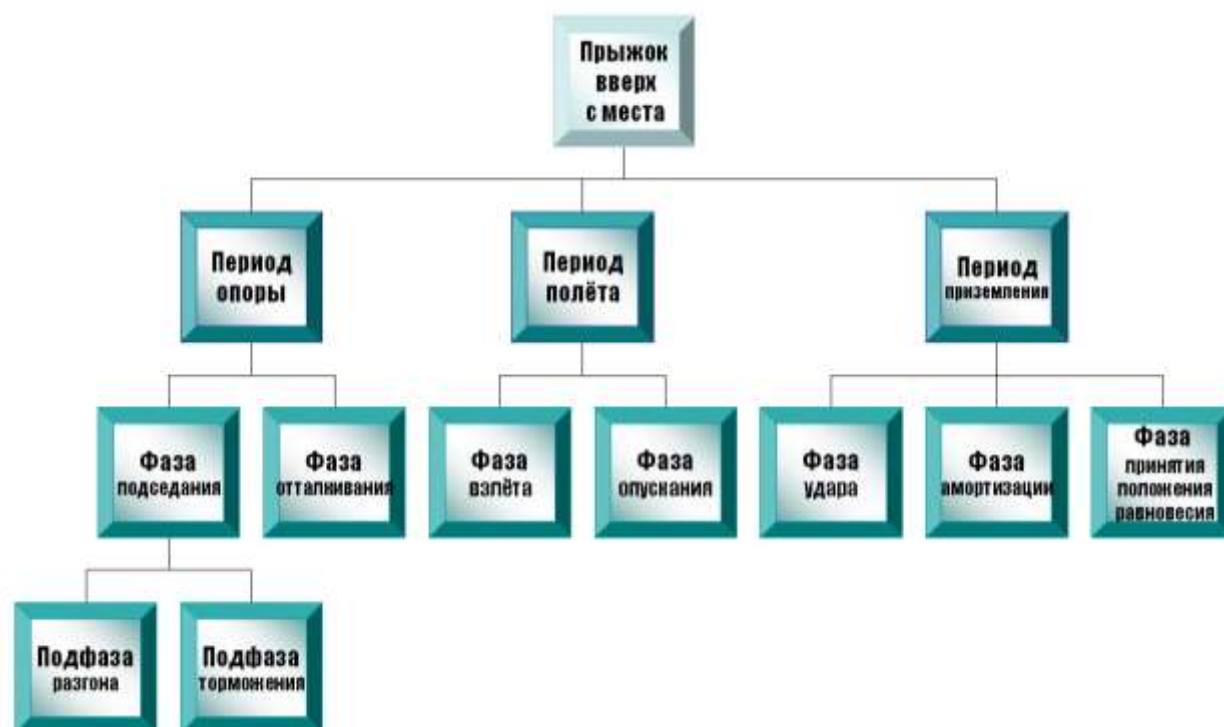


Рисунок 1 - Фазовый состав прыжков вверх с места с подседанием

При выполнении прыжковых упражнений с места на тело человека действуют две внешние силы. Сила тяжести, вызванная притяжением земли, и сила реакции опоры. Силой сопротивления воздуха можно пренебречь, поскольку скорость тела незначительная.

С точки зрения механики, высота прыжка вверх с места зависит от начальной скорости ОЦМ тела в момент отрыва от опоры, а она, в свою очередь, зависит от импульса внешней силы, действующей на тело человека в направлении отталкивания. Поскольку речь идет о прыжке вверх, а не в длину, то важна лишь вертикальная составляющая скорости вылета ОЦМ тела, которая определяется импульсом вертикальной составляющей силы реакции опоры. Важно подчеркнуть, что вертикальная скорость зависит от той части силы реакции опоры, которая превышает вес тела.

Таким образом, основным физическим механизмом при отталкивании от опоры является второй закон динамики, который связывает между собой импульс вертикальной составляющей силы реакции опоры и импульс тела, который определяется произведением массы тела на скорость его ОЦМ. Отсюда можно записать уравнение движения ОЦМ тела:

$$\int (F_{\text{с}}(t)dt - Mg = M\Delta V = MV_{\text{к}} - MV_{\text{н}} \quad (1)$$

где $F_{\text{с}}$ – вертикальная составляющая силы реакции опоры, M – масса тела, g – ускорение свободного падения, $V_{\text{н}}$ и $V_{\text{к}}$ – вертикальная составляющая скорости ОЦМ тела, соответственно в начале и в конце отталкивания.

Импульс силы рассчитывается ее интегрированием по времени за все время отталкивания.

Разделив импульс силы на массу тела, мы найдем изменение скорости ОЦМ. Важно отметить, что импульс силы определяет не импульс тела, а его изменение. Поэтому, чтобы определить скорость вылета ОЦМ тела, нужно знать его начальную скорость, либо создать такие условия, при которых начальная скорость ОЦМ тела была равна нулю.

Зная скорость вылета ОЦМ тела в момент отрыва от опоры, можно рассчитать высоту прыжка (H):

$$H = (V_{\text{к}})^2 / (2g) \quad (2)$$

Высота прыжка в данном случае равна разности высоты ОЦМ тела в наивысшей точке траектории ОЦМ во время полета и высотой ОЦМ тела в начале отталкивания.

Цель работы. Определить кинематику движения ОЦМ тела по вертикальной составляющей силы реакции опоры в различных прыжках вверх с места.

Исходные данные и аппаратура. Аппаратно-программный динамометрический комплекс АМТІ. Динамограмма вертикальной составляющей силы реакции опоры. Съёмка проводилась с частотой 50 Гц.

Ход работы. Необходимо выполнить два задания, по результатам которых определить начальную скорость ОЦМ тела и высоту прыжка.

Задание № 1. Испытуемый на динамометрической платформе выполняет прыжок вверх с места из приседа без маха руками.

Исходное положение (присед, угол в коленном суставе – 90° , стопы на удобном расстоянии друг от друга, руки на поясе) испытуемый принимает по команде «присесть!». Отталкивание без предварительного подседания начинается по команде «хоп!» через 3–4 с после принятия исходного положения. Прыжки с предварительным подседанием забраковываются.

Установка для испытуемого – достичь максимальной высоты прыжка.

Задание № 2. Испытуемый на динамометрической платформе выполняет прыжок вверх с места с подседанием и махом руками.

Исходное положение – основная стойка.

Установка для испытуемого – достичь максимальной высоты прыжка.

Требуется рассчитать следующие показатели:

1. Импульс силы реакции опоры, $\text{Н} \cdot \text{с}$
2. Масса испытуемого, кг
3. Скорость вылета (ОЦМ тела в момент отрыва стоп от опоры), м/с.
4. Высота прыжка, м.
5. Время отталкивания, с

Расчёт высоты прыжка вверх с места из приседа без маха руками

1. Постройте график данных с динамометрической платформы.

Выделите столбец «В» → Вставка → График

2. Определите вес испытуемого.

Определите по графику набор ячеек, где содержатся данные об относительно постоянных значениях силы давления на опору. Рассчитайте среднее арифметическое значение этих ячеек и запишите в ячейку C2.

В ячейке D2 укажите массу тела испытуемого, выполнившего данный прыжок. Для этого надо вес разделить на ускорение свободного падения g .

Внимание! Вес и, следовательно, масса испытуемого в разных прыжках может быть в Вашем варианте не быть одинаковыми!

3. Определите момент начала отталкивания.

На графике в этот момент кривая начинает идти вверх и значения в столбце В превышают вес испытуемого. Посмотрите, какой строке таблицы соответствует этот момент на графике и обозначьте ячейку зелёной заливкой и в примечании (клик правой кнопкой мыши на ячейке → Добавить примечание) в этой строке напишите «Т0 – Начало отталкивания».

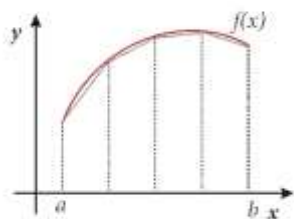
4. Определите момент завершения отталкивания

Далее найдите ячейку, соответствующую завершению отталкивания. Значение силы давления на опору в этой ячейке становится меньше веса испытуемого. Обозначьте её зелёной заливкой и в примечании к этой строке напишите «Т1 – Конец отталкивания».

5. Определите величину импульса силы реакции опоры методом трапеций.

Импульс силы – это мера воздействия силы на тело за данный промежуток времени (в поступательном движении). За конечный промежуток времени он равен определённому интегралу от элементарного импульса силы, где пределами интегрирования являются моменты начала и конца промежутка времени действия силы.

Метод трапеций



Геометрически интеграл равен площади криволинейной трапеции, ограниченной осью Ox , графиком функции и прямыми $x = a$ и $x = b$. Отрезок интегрирования разбивается на несколько промежуточных отрезков, и график подынтегральной функции приближается ломаной линией. Таким образом, интересующая нас площадь приближённо определяется суммой площадей прямоугольных трапеций.

Площадь каждой из этих трапеций определяется по формуле

$$S = (a+b) \cdot h/2 ,$$

где a – разность между измеренной силой реакции опоры и весом испытуемого в один момент времени при отталкивании;

b – разность между измеренной силой реакции опоры и весом испытуемого в следующий момент времени при отталкивании;

h – время между измерениями, проведёнными с частотой 50 раз/с.

5.1. В столбце E («Разность») рассчитайте разность между измеренной силой реакции опоры и весом испытуемого в каждый момент от T_0 до T_1 – запрограммируйте соответствующие формулы.

5.2. В столбце F («S трапец») запрограммируйте формулы трапеций с учётом разностей, рассчитанных в столбце E, и времени между измерениями.

5.3. В ячейке G2 рассчитайте сумму площадей трапеций, определяющих импульс силы [Н·с].

5.4. В ячейке H2 рассчитайте скорость вылета [м/с] как отношение импульса силы к массе тела.

5.5. В ячейке I2 рассчитайте по формуле (2) высоту прыжка [м] с точностью до 0,01 м.

5.6. В ячейке J2 рассчитайте время отталкивания как разность между моментом времени T1 и T0.

Расчёт высоты прыжка вверх с места с подседанием и махом руками

1. Постройте график данных с динамометрической платформы.

Выделите столбец «К» → Вставка → График.

2. Определите вес испытуемого.

Определите по графику набор ячеек, где содержатся данные об относительно постоянных значениях силы давления на опору. Рассчитайте среднее арифметическое значение этих ячеек и запишите в ячейку L2.

В ячейке M2 укажите массу тела испытуемого, выполнившего данный прыжок. Для этого надо вес разделить на ускорение свободного падения g .

3. Определите момент начала подседания.

На графике в этот момент кривая начинает идти вниз и значения в столбце К становятся меньше веса испытуемого. Посмотрите, какой строке таблицы соответствует этот момент на графике и обозначьте ячейку зелёной заливкой и в примечании (клик правой кнопкой мыши на ячейке → Добавить примечание) в этой строке напишите «Т0 – Начало подседания».

4. Определите момент завершения отталкивания.

Далее найдите ячейку, соответствующую завершению отталкивания. Значение силы давления на опору в этой ячейке становится меньше веса испытуемого. Обозначьте её зелёной заливкой и в примечании к этой ячейке напишите «Т3 – Конец отталкивания».

5. Определите момент превышения силы реакции опоры значений веса испытуемого.

Далее найдите ячейку, в которой сила реакции опоры становится снова больше веса испытуемого. Обозначьте её зелёной заливкой и в примечании к этой строке напишите «Т1 – Момент превышения».

6. Определите площадь фигуры над графиком силы реакции опоры от момента T0 до момента T1.

Площадь каждой из этих трапеций определяется по формуле

$$S = (a+b) \cdot h / 2 ,$$

где **a** – **разность между весом испытуемого и измеренной силой** реакции опоры в один момент времени при отталкивании;

b – **разность между весом испытуемого и измеренной силой** реакции опоры в следующий момент времени при отталкивании;

h – время между измерениями, равное 0,02 с.

6.1. В столбце N («Разность») рассчитайте разность между измеренной силой реакции опоры и весом испытуемого в каждый момент от T0 до T1 – запрограммируйте соответствующие формулы.

6.2. В столбце O («S трапец») запрограммируйте формулы трапеций с учётом разностей, рассчитанных в столбце N, и времени между измерениями.

6.3. Рассчитайте сумму площадей трапеций от момента T0 до момента T1.

7. Определите величину импульса силы реакции опоры методом трапеций от момента T1 до момента T3.

Площадь каждой из этих трапеций определяется по формуле

$$S = (a+b) \cdot h / 2 ,$$

где **a** – **разность между измеренной силой реакции опоры и весом** испытуемого в один момент времени при отталкивании;

b – **разность между измеренной силой реакции опоры и весом** испытуемого в следующий момент времени при отталкивании;

h – время между измерениями, проведёнными с частотой 50 раз/с.

7.1. В столбце N («Разность») рассчитайте разность между измеренной силой реакции опоры и весом испытуемого в каждый момент от T1 до T3 – запрограммируйте соответствующие формулы.

7.2. В столбце О («S трапец») запрограммируйте формулы трапеций с учётом разностей, рассчитанных в столбце N, и временем между измерениями.

7.3. Рассчитайте площади трапеций от момента T1 до момента T3.

8. Определите момент времени, когда завершилось подседание.

Найдите строку, в которой сумма площадей трапеций от момента T0 до момента T1 становится равной (или больше) сумме площадей трапеций в интервале от момента T1 до момента T3. Эта строка находится между строками T1 и T3. **Под этой строкой** выделите ячейку в столбце K, обозначьте её зелёной заливкой и в примечании к этой ячейке напишите «T2 – Нижняя точка подседания».

9. В ячейке P2 рассчитайте сумму площадей трапеций, определяющих импульс силы [Н·с] от момента T2 до момента T3.

10. В ячейке Q2 рассчитайте скорость вылета [м/с] как отношение импульса силы к массе тела (см. ячейку M2).

11. В ячейке R2 рассчитайте по формуле (2) высоту прыжка [м] с точностью до 0,01 м.

12. В ячейке S2 рассчитайте время отталкивания как разность между моментом времени T2 и T3.