

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЙ СПОРТСМЕНОВ НА ОСНОВЕ ДИНАМОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Теребиленко Д.Ю., Елец Н.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Давыдова Н.С. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ИКТ

Аннотация. Проведён анализ технических составляющих вертикального прыжка. Представлены результаты обработки данных динамометрической платформы, описывающие динамические характеристики вертикального прыжка. В система *MATLAB* построены графики, демонстрирующие зависимость исследуемых динамических характеристик от времени (фазы прыжка).

Ключевые слова: динамометрическая платформа, динамические характеристики движений

Введение. Динамометрические платформы имеют широкий спектр применений, включая автомобильные краш-тесты, клинический анализ походки и анализ спортивной техники. Платформа представляет собой прямоугольную металлическую пластину, обычно размером около 0,4 x 0,6 м, с пьезоэлектрическими или тензометрическими датчиками, прикрепленными к каждому углу, для получения электрического выходного сигнала, пропорционального силе, действующей на пластину [1, 2].

Динамометрическая платформа может использоваться для анализа динамических характеристик движений спортсменов. К ним относятся ускорение, скорость, перемещение общего центра масс и др.

Для расчёта этих параметров используется специальное программное обеспечение для регистрации и визуализации вертикальной составляющей силы реакции опоры и смещения общего центра масс прыгуна. Дальнейший анализ данных дает эффективную иллюстрацию отношений между силами, действующими на тело спортсмена, и результирующими ускорением, скоростью и перемещением тела.

Основная часть. Рассмотрим типы вертикальных прыжков. На рис. 1 показаны технические элементы движений, участвующие в «*countermovement jump*» и «*square jump*».

В прыжке «*countermovement jump*» прыгун стартует из вертикального положения стоя, совершает предварительное движение вниз, сгибая колени и бедра, затем резко и энергично разгибает их, чтобы подпрыгнуть вертикально вверх от земли (рисунок 1, а).

Прыжок «*countermovement jump*» является примером движения, которое выигрывает от «цикла растяжения-сокращения». Многие человеческие движения, такие как бег, прыжки и метание, включают мышечные действия, в которых желаемому движению предшествует движение в противоположном направлении. Говорят, что мышцы «предварительно растягиваются» перед сокращением в желаемом направлении. Эксперименты показали, что предварительная растяжка увеличивает производство силы и работу мышц в последующем движении [3].

В прыжке «*square jump*» прыгун начинает движение из неподвижного положения полуприседа, затем энергично разгибает колени и бедра, чтобы прыгнуть вертикально вверх (рисунок 1, б).

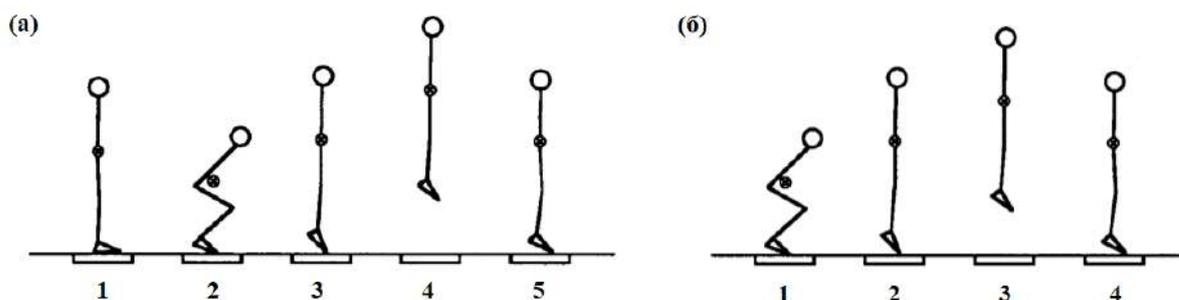


Рисунок 1 – Последовательность движений при прыжке «countermovement jump» (а) и прыжке «square jump» (б)

Во время вертикального прыжка прыгун должен преодолеть собственную массу тела, а равнодействующая сила, действующая на общий центр масс прыгуна (о.ц.м.), рассчитывается по формуле 1:

$$F = F_{CPO} - mg, \quad (1)$$

где F_{CPO} – сила реакции опоры, действующая на прыгуна, Н;

m – масса прыгуна, кг;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

Графики ускорение-время, скорость-время, перемещение-время и сила-перемещение рассчитываются на основании зарегистрированной с помощью силовой платформы вертикальной составляющей силы реакции опоры спортсмена (рисунок 2).

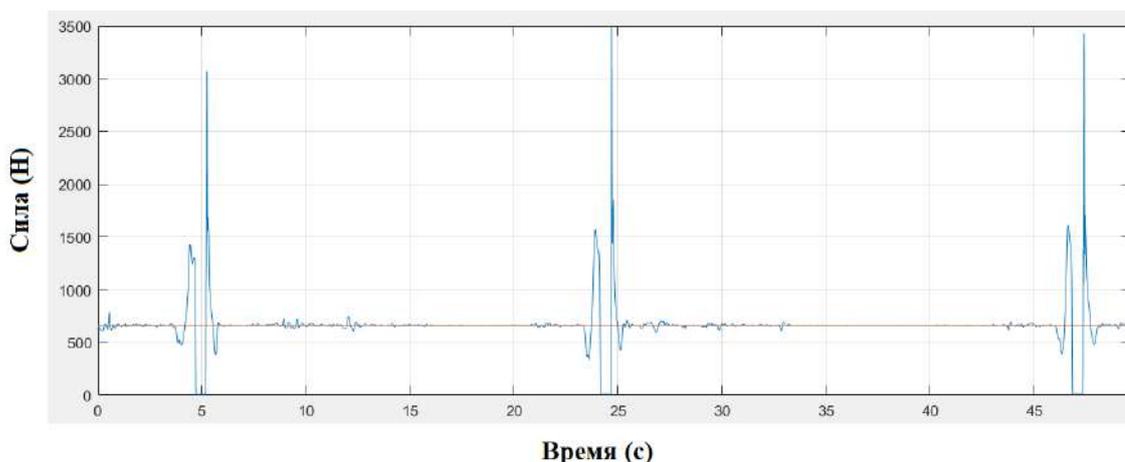


Рисунок 2 – Зависимость силы реакции опоры от времени при прыжке «countermovement jump»

Сила, полученная в результате вычитания силы реакции опоры и силы тяжести, называется результирующей силой – именно ее величина и вектор определяет динамические характеристики спортсмена во время вертикального прыжка.

График зависимости ускорения от времени получается путем деления результирующей зависимости силы от времени на массу тела прыгуна (рисунок 3).

График зависимости скорости от времени получается путем численного интегрирования ускорения по времени с использованием правила трапеций (рисунок 4).

График зависимости перемещения о.ц.м. от времени (рисунок 5) получается путем численного интегрирования скорости по времени, опять же с использованием правила трапеций. Процедуры интегрирования более высокого порядка, такие как правило Симпсона, не приводят к значительному улучшению точности вычисляемых параметров [4].

После нахождения зависимостей сила-время и перемещение-время можно построить зависимость вертикальной силы от перемещения о.ц.м. (рисунок 6).

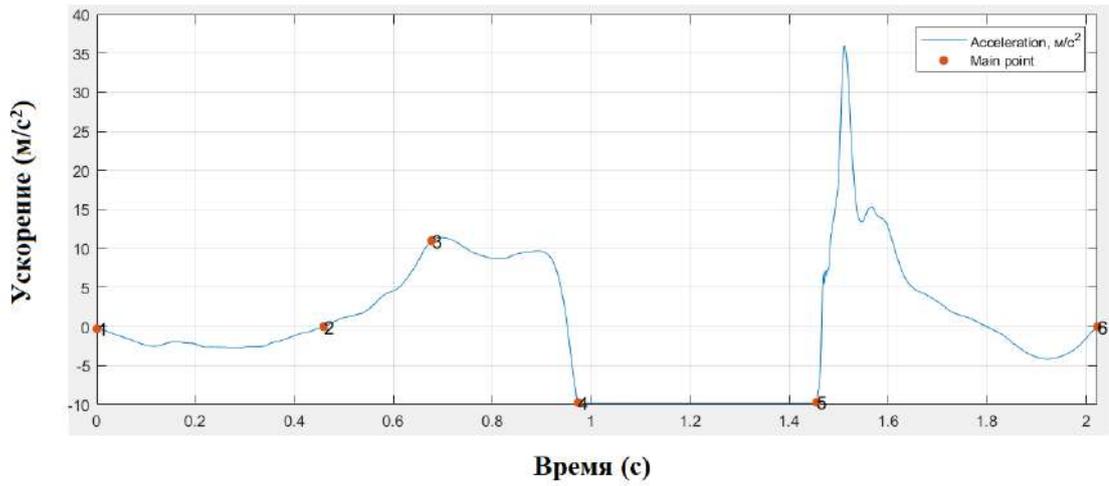


Рисунок 3 – Зависимость ускорения от времени при прыжке «*countermovement jump*»

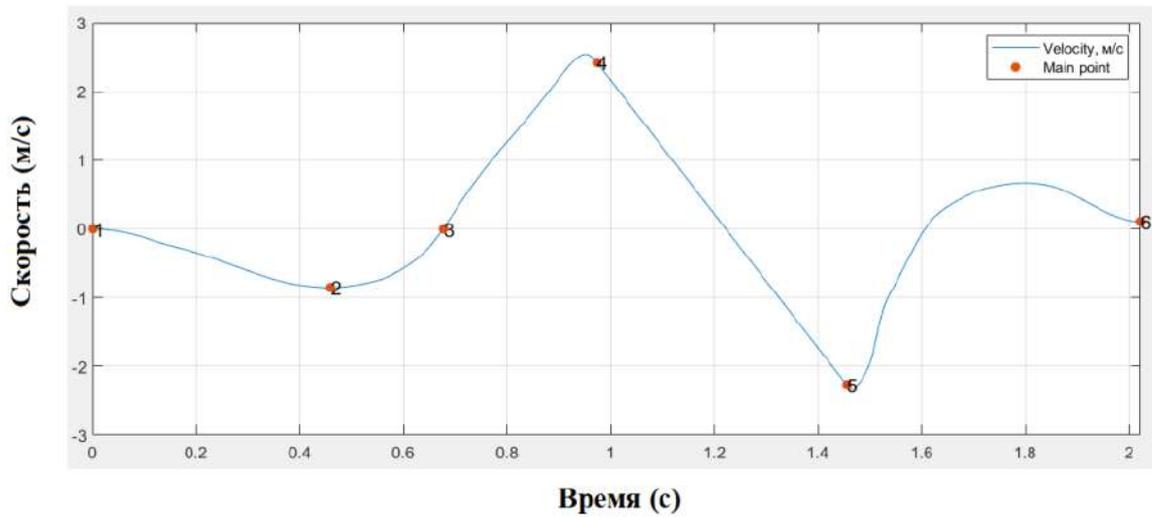


Рисунок 4 – Зависимость скорости от времени при прыжке «*countermovement jump*»

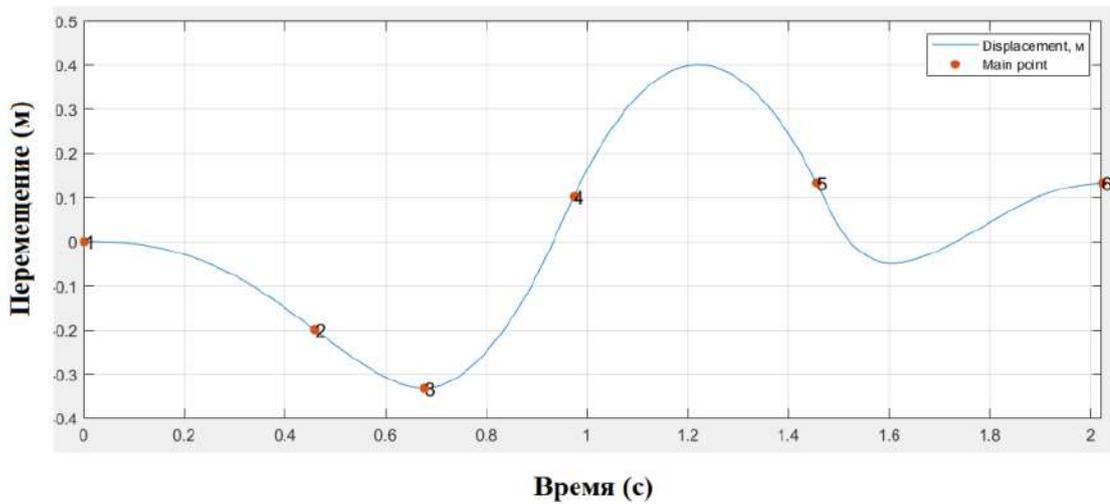


Рисунок 5 – Зависимость перемещения от времени при прыжке «*countermovement jump*»

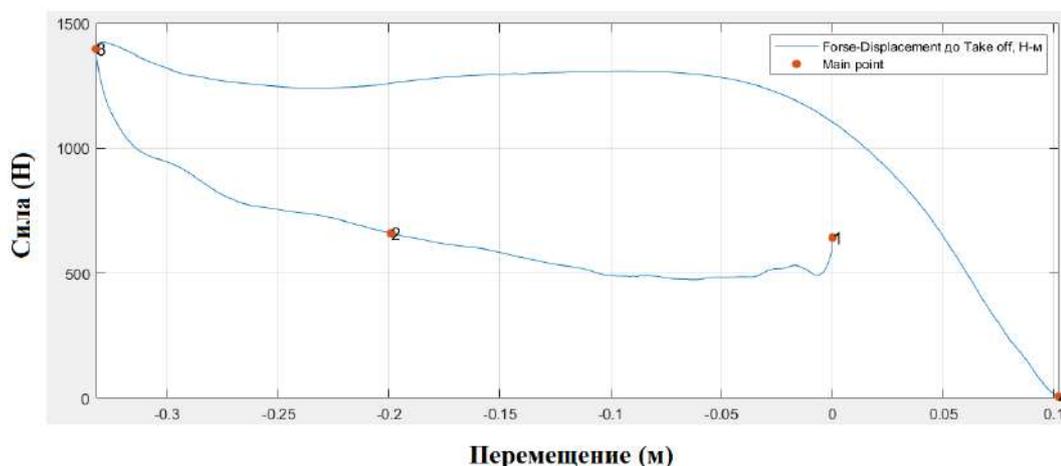


Рисунок 6 – Зависимость силы от перемещения при прыжке «countermovement jump»

Заключение. Разработанные в ходе научной работы подходы могут быть использованы для оценки мастерства спортсменов и в мониторинге результатов спортивной тренировки.

Список литературы

1. R. Cross, "Standing, walking, running, and jumping on a force plate" *Am. J. Phys.* 67(4), 304–309 (1998).
2. J. A. Major, W. A. Sands, J. R. McNeal, D. D. Paine, and R. Kipp, "Design, construction, and validation of a portable one-dimensional forceplatform" *J. Strength Conditioning Res.* 12(1), 37–41 (1998).
3. P. V. Komi, "Stretch-shortening cycle," in *Strength and Power in Sport*, edited by P. V. Komi (Blackwell Science, Oxford, 1992), pp. 169–179.
4. A. Kibele, "Possibilities and limitations in the biomechanical analysis of countermovement jumps: A methodological study," *J. Appl. Biomech.* 14 (1), 105–117 (1998).
5. M. F. Bobbert, K. G. M. Gerritsen, M. C. A. Litjens, and A. J. van Soest, "Why is countermovement jump height greater than squat jump height," *Med. Sci. Sports Exercise* 28(11), 1402–1412 (1996).

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

ANALYSIS OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF ATHLETES' MOVEMENTS ON THE BASIS OF THE DYNAMOMETRIC PLATFORM

Terebilenko D.Y., Yelets N.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Davydova N.S. – PhD, assistant professor, associate professor of the department of ICT

Annotation. The analysis of the technical components of the vertical jump was carried out. The results of data processing of the dynamometric platform are presented, which describe the dynamic characteristics of a vertical jump. Graphs were built in the MATLAB system that demonstrate the dependence of the studied dynamic characteristics on time (jump phase).

Keywords: force platform, dynamic characteristics