

## ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕХНИКИ ОТТАЛКИВАНИЯ В ПРЫЖКЕ С ШЕСТОМ УЧАСТНИКОВ ЛЕГКОАТЛЕТИЧЕСКОГО МАТЧА ЕВРОПА – США

**Ворон А.В.**

канд. пед. наук, доцент,  
Белорусский  
государственный  
университет  
физической культуры

**Седнева А.В.**

Белорусский  
национальный  
технический  
университет

**Жданович А.А.**

Военная академия  
Республики Беларусь

Осуществлен биомеханический анализ пространственных параметров техники отталкивания в прыжке с шестом участников и участниц легкоатлетического матча Европа – США (Минск, 9–10.09.2019). В частности, рассчитаны угловые значения звеньев нижних конечностей атлетов в момент постановки толчковой ноги на опору и ее отделения от опоры, а также значения амплитуд движений голени маховой ноги по отношению к бедру и толчковой ноги на протяжении всей фазы отталкивания. На основе результатов проведенного исследования сформулированы методические рекомендации для спортсменов и тренеров.

**Ключевые слова:** техника отталкивания; прыжок с шестом; матч Европа – США; параметры техники; пространственные параметры.

### **SPATIAL PARAMETERS OF REPULSION TECHNIQUE IN POLE VAULT OF THE MALE PARTICIPANTS OF THE MATCH EUROPE V USA**

Biomechanical analysis of the spatial parameters of the repulsion technique in the pole vault of the male and female participants of the athletic Match Europe v USA (Minsk, 9–10.09.2019) has been carried out. In particular, the angular values of the links of the lower extremities of athletes at the time of putting the take-off foot on the support and its separation from the support have been calculated, as well as the values of the movements amplitudes of the crus of the swing leg in relation to the hip and the take-off leg throughout the repulsion phase. Based on the results of the study, guidelines for athletes and coaches have been formulated.

**Keywords:** repulsion technique; pole vault; Match Europe v USA; technique parameters; spatial parameters.

### ВВЕДЕНИЕ

Прыжок с шестом по праву может быть охарактеризован как наиболее сложная в техническом отношении легкоатлетическая дисциплина. Ведь в состав компонентов прыжка входят как циклические движения (разбег), так и ациклические (отталкивание и движения на подвижной опоре – спортивном шесте). Обучение движениям прыжка с шестом и совершенствование техники прыжка представляет сложную педагогическую задачу. В связи с этим представляется актуальным биомеханический анализ прыжка с шестом, особенно его основного компонента – отталкивания.

Обучению технике и совершенствованию технического мастерства прыгунов с шестом посвящено значительное количество работ [1–10 и другие]. Наиболее важной частью техники прыжка с шестом, ее основным звеном техники, считается фаза отталкивания или фаза перехода от отталкивания к вису [6, 7]. Именно в этой части прыжка с шестом «за-

кладывается» главным образом «энергетика» всего легкоатлетического упражнения, а значит – движения отталкивания (перехода от отталкивания к вису на шесте) будут существенным образом определять спортивный результат в прыжке с шестом.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Известно, что основным звеном техники в легкоатлетических прыжках является фаза отталкивания. В связи с этим как наиболее важный элемент техники фаза отталкивание и техника ее исполнения явились объектом настоящего исследования. Исследованию подверглись технические действия участников и участниц легкоатлетического матча Европа – США – десяти сильнейших в мире прыгунов с шестом. Исследование проводилось на основе снятых материалов скоростной видеосъемки лучших попыток в прыжке с шестом 5 мужчин и 5 женщин. (Минск,

ул. Кирова, 8, Национальный олимпийский стадион «Динамо», 09.09.2019 г. и 10.09.2019 г.).

Предметом исследования явились пространственные параметры звеньев нижних конечностей спортсменов в момент начала и окончания отталкивания в прыжке с шестом. Расчету подлежали: угловые значения в момент постановки толчковой ноги на опору (начало отталкивания), угловые значения в момент отделения толчковой ноги от опоры (окончание отталкивания). При этом определялась амплиту-

да движения (сгибания-разгибания) голени маховой ноги в коленном суставе по отношению к бедру и амплитуда движения толчковой ноги на протяжении всего отталкивания.

Методы исследования. Для получения данных о пространственных параметрах отталкивания в прыжках с шестом использована инструментальная методика – скоростная видеосъемка при посредстве цифровой фотокамеры Canon PowerShot SX510 HS. Скорость произведенной видеосъемки –

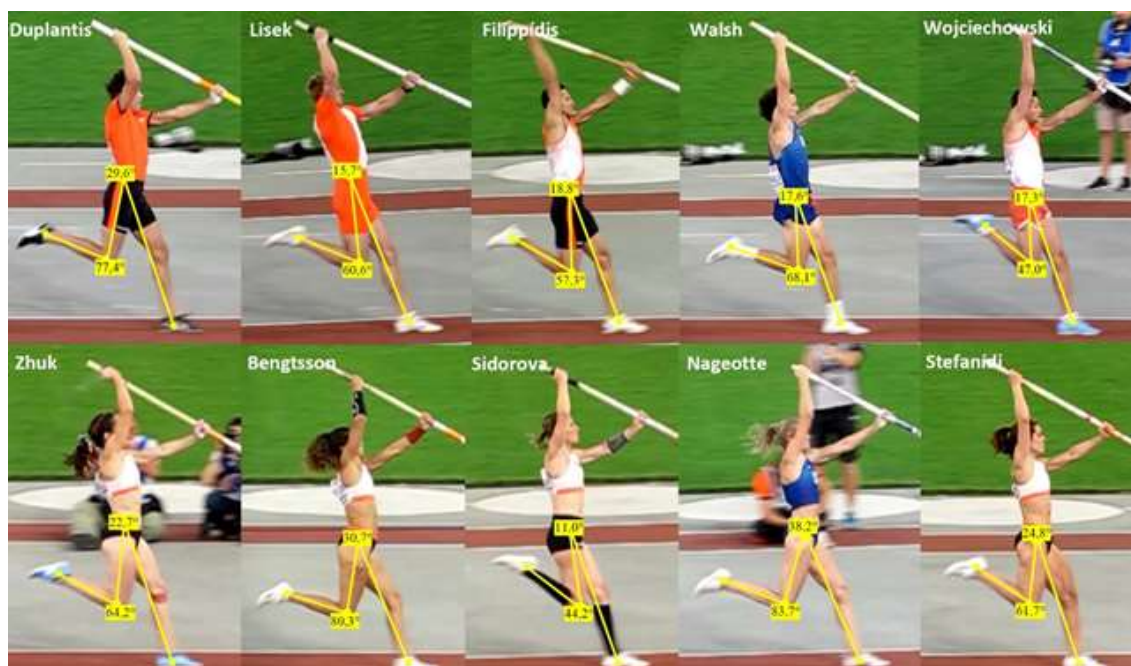


Рисунок 1. – Наглядное представление момента постановки толчковой ноги на опору (начало отталкивания) в прыжке с шестом у участников и участниц легкоатлетического матча Европа – США



Рисунок 2. – Наглядное представление момента постановки толчковой ноги на опору (окончание отталкивания) в прыжке с шестом у участников и участниц легкоатлетического матча Европа – США

120 кадров в секунду. Разрешение видеок кадров – 640×480 пикселей (по горизонтали и вертикали). Расчет пространственных параметров отталкивания прыжка с шестом производился при посредстве инструмента «угломер» программы «PicPick». Точность измерений – до 1/10 градуса. Расчет среднего квадратичного отклонения и коэффициентов корреляционной связи производился посредством программы «EXCEL».

Результаты исследования. Положение спортсмена в момент начала отталкивания в прыжке с шестом соответствует максимальной потенциальной энергии маятника, образуемого толчковой и маховой ногами с осью вращения в тазобедренном суставе. Можно предположить, что величина кинетической энергии и центробежной силы перевернутого маятника, образуемого ногами прыгунов с шестом, в значительной степени будет зависеть от: величины угловой скорости движения маховой ноги; длины пути криволинейного движения маховой ноги; длины (маятника) маховой ноги.

В этом отношении величины углового положения ног к моменту начала и окончания отталкивания, величина угла между ногами спортсмена в значительной степени может характеризовать движение маятников ног, а сгибание-разгибание маховой ноги в коленном суставе – движение маятника голени (рисунки 1, рисунок 2).

По результатам измерения угловых значений зафиксированы следующие средние значения у участников и участниц соревнования в момент постановки толчковой ноги на опору (начало отталкивания): толчковая нога в момент постановки на опору –  $69,44 \pm 1,843$  и  $66,312 \pm 1,303$  градусов; сгибание маховой ноги в коленном суставе –  $62,08 \pm 11,439$  и  $66,82 \pm 15,901$  градусов, между бедром маховой ноги и толчковой ногой –  $19,8 \pm 5,589$  и  $25,48 \pm 10,086$  градусов. Также у участников и участниц определены угловые значения и в момент отделения толчковой ноги от опоры (окончание отталкивания): толчковая нога в момент отделения от опоры –  $76,576 \pm 1,692$  и  $75,298 \pm 2,782$  градусов, сгибание маховой ноги в коленном суставе –  $43,76 \pm 7,366$  и  $41,86 \pm 1,599$  градусов, между бедром маховой ноги и толчковой ногой –  $82,44 \pm 14,834$  и  $83,3 \pm 17,932$  градусов (таблица 1).

На основании полученных данных измерений пространственных параметров отталкивания в прыжке с шестом у участников и участниц легкоатлетического матча Европа – США (таблица 1) рассчитаны пространственные параметры отталкивания: между моментами постановки толчковой ноги на опору (начало отталкивания) и ее отделения от опоры (окончание отталкивания) (таблица 2).

По результатам расчетов движений (сгибания-разгибания) голени маховой ноги в коленном суставе по отношению к бедру средние значения

Таблица 1. – Пространственные параметры отталкивания в прыжке с шестом у участников и участниц легкоатлетического матча Европа – США

Спортсмен	Результат, м	Угловые значения ног в момент постановки толчковой ноги на опору (начало отталкивания), град			Угловые значения ног в момент отделения толчковой ноги от опоры (окончание отталкивания), град		
		толчковая нога в момент постановки на опору (3)	сгибание маховой ноги в коленном суставе	между бедром маховой ноги и толчковой (1)	толчковая нога в момент отделения от опоры (4)	сгибание маховой ноги в коленном суставе	между бедром маховой ноги и толчковой (2)
<b>Мужчины</b>							
1. Duplantis A.	5.85	69,11	77,4	29,6	77,43	35,8	56,9
2. Lisek P.	5.80	69,58	60,6	15,7	78,52	50,1	89,7
3. Filipidis K.	5.75	72,44	57,3	18,8	77,34	46,3	94,2
4. Wojciechowski P.	5.75	68,54	47,0	17,3	74,72	50,6	88,5
5. Walsh C.	5.65	67,53	68,1	17,6	74,87	36,0	82,9
Хср., ±σ ν%		69,44 1,843 2,654	62,08 11,439 18,426	19,8 5,589 28,227	76,576 1,692 2,209	43,76 7,366 16,833	82,44 14,834 17,994
<b>Женщины</b>							
1. Sidorova A.	4.85	65,86	44,2	11,0	75,88	42,1	107,5
2. Stefanídi E.	4.70	67,38	61,7	24,8	79,25	41,6	85,6
3. Nageotte K.	4.70	64,26	83,7	38,2	74,21	39,4	58,1
4. Bengtsson A.	4.70	66,71	80,3	30,7	71,59	42,4	77,2
5. Zhuk I.	4.60	67,35	64,2	22,7	75,56	43,8	88,1
Хср., ±σ ν%		66,312 1,303 1,965	66,82 15,901 23,797	25,48 10,086 39,584	75,298 2,782 3,695	41,86 1,599 3,820	83,3 17,932 21,527



Таблица 2. – Пространственные параметры отталкивания (между моментами постановки толчковой ноги на опору и ее отделения от опоры) в прыжке с шестом у участников и участниц легкоатлетического матча Европа – США

Спортсмен	Результат, м	Параметры отталкивания: между моментами постановки толчковой ноги на опору (начало отталкивания) и ее отделением от опоры (окончание отталкивания), град					
		движение (сгибания-разгибания) голени маховой ноги в коленном суставе по отношению к бедру				движение толчковой ноги на протяжении всего отталкивания	
		амплитуда сгибания голени маховой ноги в коленном суставе (1)	крайнее положение голени маховой ноги в коленном суставе (момент остановки в реверсивном движении)	амплитуда разгибания голени маховой ноги в коленном суставе (2)	амплитуда сгибания-разгибания голени маховой ноги в коленном суставе (1+2)	амплитуда движения толчковой ноги по отношению к бедру маховой ноги (1+2, см. таблица 1)	амплитуда движения толчковой ноги по отношению к горизонтали дорожки-опоры (3+4 – 180°, см. таблица 1)
<b>Мужчины</b>							
1. Duplantis A.	5.85	43,1	34,3	1,5	44,6	86,5	33,46
2. Lisek P.	5.80	33,4	27,2	22,9	56,3	105,4	31,9
3. Filippidis K.	5.75	38,5	18,8	27,5	66	113	30,22
4. Wojciechowski P.	5.75	28,7	18,3	32,3	61	105,8	36,74
5. Walsh C.	5.65	40,5	27,6	8,4	48,9	100,5	37,6
Хср.,		36,84	25,24	18,52	55,36	102,24	33,984
±σ		5,776	6,729	13,056	8,709	9,864	3,141
v%		15,679	26,66	70,497	15,732	9,648	9,243
<b>Женщины</b>							
1. Sidorova A.	4.85	26	18,2	23,9	49,9	118,5	38,26
2. Stefanidi E.	4.70	41	20,7	20,9	61,9	110,4	33,37
3. Nageotte K.	4.70	52,2	31,5	7,9	60,1	96,3	41,53
4. Bengtsson A.	4.70	42,8	37,5	4,9	47,7	107,9	41,7
5. Zhuk I.	4.60	38,5	25,7	18,1	56,6	110,8	37,09
Хср.,		40,1	26,72	15,14	55,24	108,78	38,39
±σ		9,432	7,889	8,306	6,229	8,027	3,454
v%		23,521	29,525	54,861	11,276	7,379	8,997

амплитуды ее сгибания составили  $36,84 \pm 5,776$  и  $40,1 \pm 9,432$  градусов, а ее разгибания –  $18,52 \pm 13,056$  и  $15,14 \pm 8,306$  градусов соответственно. При этом наблюдается значительная вариативность амплитуды разгибания голени как у мужчин, так и у женщин – 70,497 и 54,861 %. Данная особенность может свидетельствовать об использовании различных стилей исполнения техники прыжка с шестом. Суммарные значения амплитуд (сгибания-разгибания) движения голени маховой ноги у участников и участниц характеризуются относительным равенством ( $55,36 \pm 8,709$  и  $55,24 \pm 6,229$ ) и сравнительно малой вариативностью (15,732 и 11,276 %).

Определенный интерес представляют и полученные данные об амплитуде движения толчковой ноги по отношению к бедру маховой ноги и по отношению к горизонтали дорожки-опоры. Обращают на себя внимание сравнительное сходство значений этих показателей у мужчин и женщин, малая вариативность этих значений (до 10 %) между спортсменами каждой из групп (таблица 2).

Обсуждение результатов исследования. Представляется, что наиболее информативными показателями

при оценке эффективности техники отталкивания являются значения амплитуды:

- сгибания-разгибания голени маховой ноги в коленном суставе;
- движения толчковой ноги по отношению к бедру маховой ноги;
- движения толчковой ноги по отношению к горизонтали дорожки-опоры.

В этом отношении, при равенстве в определенном приближении длительности отталкивания (а значит – и длительности исследуемых движений), при отталкивании будут эффективны:

- сравнительно меньшие значения амплитуды сгибания-разгибания голени маховой ноги в коленном суставе;
- сравнительно большие значения амплитуды движений толчковой ноги по отношению к бедру маховой ноги и толчковой ноги по отношению к горизонтали дорожки-опоры.

С позиции механики эффективность рассматриваемых маховых движений при отталкивании можно пояснить следующим образом. При различных амплитудах маховых движений (и при условии их отно-

сительно одинаковой длительности) центробежная сила взмаха, очевидно, будет тем больше, чем выше скорость махового звена этих движений.

Показатель амплитуды сгибания-разгибания голени маховой ноги в коленном суставе в этот момент должен приближаться к некоторым оптимальным значениям (таблица 2). Указанная особенность амплитуды движения голени маховой ноги у участников и участниц характеризуется относительным равенством ( $55,36 \pm 8,709$  и  $55,24 \pm 6,229$ ) и сравнительно малой вариативностью (15,732 и 11,276 %). В то же время движения маятника маховой ноги должны быть оптимальным образом согласованы с маятником толчковой ноги в рассматриваемом моменте отталкивания по скорости и амплитуде.

Показатель же длины маятника, который также является важным критерием величины развиваемых центробежных сил в рассматриваемой биомеханической системе, нами в исследовании не принимается в расчет из-за технических ограничений измерительного устройства (фотокамеры). Но при одних и тех же условиях величина развиваемой центробежной силы в маховом движении будет сравнительно большей с наибольшей длиной маятника.

На основе результатов проведенного исследования сформулированы методические рекомендации для совершенствования техники отталкивания в прыжке с шестом (для квалифицированных прыгунов):

- значения амплитуды сгибания-разгибания голени маховой ноги в коленном суставе должны приближаться к оптимальному значению в 55 градусов;
- значения амплитуды движений толчковой ноги по отношению к бедру маховой ноги могут иметь большой диапазон значений: 86–100 градусов для прыгунов и 100–118 градусов – для прыгуньи;
- значения амплитуды движений толчковой ноги по отношению к горизонтали дорожки-опоры могут иметь большой диапазон значений: 33–37 градусов для прыгунов и 33–42 градуса – для прыгуньи.

## ■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Известно, что основным звеном техники в легкоатлетических прыжках является фаза отталкивания. Поэтому техника ее исполнения явилась объектом исследования. Исследованию подверглись технические действия участников и участниц легкоатлетического матча Европа – США – десяти ведущих прыгунов с шестом мира. В частности, осуществлен биомеханический анализ пространственных параметров техники отталкивания в прыжке с шестом.

2. На основе инструментальной методики – скоростной видеосъемки – впервые получены пространственные параметры отталкивания в прыжке с шестом участников и участниц легкоатлетического матча Европа – США: рассчитаны угловые значения ног атлетов в момент постановки толчковой ноги на

опору и ее отделения от опоры, а также значения амплитуд движений голени маховой ноги в коленном суставе по отношению к бедру и толчковой ноги на протяжении всего отталкивания.

3. На основе результатов проведенного исследования сформулированы методические рекомендации для совершенствования техники отталкивания квалифицированных прыгунов с шестом, которые регламентируют значения амплитуды сгибания-разгибания голени маховой ноги в коленном суставе (55 градусов), значения амплитуды движений толчковой ноги по отношению к бедру маховой ноги (86–100 градусов для мужчин и 100–118 градусов – для женщин), значения амплитуды движений толчковой ноги по отношению к горизонтали дорожки-опоры (33–37 градусов для мужчин и 33–42 градуса – для женщин).

## ■ ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова, С. А. Начальное обучение технике прыжка с шестом на основе целенаправленного использования мыслительной активности юных спортсменов : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / С. А. Абрамова; ВНИИФК. – М., 2005. – 19 с.
2. Бойко, В. В. Прыжки в небо / В. В. Бойко, И. И. Никонов. – Минск : Полымя, 1990. – 96 с.
3. Бризинский, Г. З. Специальная силовая подготовка юных прыгунов с шестом на основе организации движений соревновательного упражнения в искусственных условиях : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Г. З. Бризинский; МОГИФК. – Малаховка, 1984. – 23 с.
4. Ворон, А. В. Обучение технике опорной части прыжка с шестом на основе использования комплекса тренажерных устройств : дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / А. В. Ворон; БГУФК. – Минск, 2010. – 214 с.
5. Ворон, А. В. Прыжок с шестом : пособие / А. В. Ворон. – Минск : БНТУ, 2013. – 100 с.
6. Легкая атлетика : учеб. / М. Е. Кобринский [и др.]; под общ. ред. М. Е. Кобринского, Т. П. Юшкевича, А. Н. Конникова. – Минск : РИВШ, 2020. – С. 205–224.
7. Легкая атлетика : учеб. для ИФК / под общ. ред. Н. Г. Озолина, В. И. Воронкина, Ю. Н. Примакова. – 4-е изд. – М. : Физкультура и спорт, 1989. – С. 97–101, 423–440.
8. Малютин, А. М. Исследование взаимосвязи факторов разбега и отталкивания, определяющих эффективность прыжка с фибергласовым шестом : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / А. М. Малютин; ГЦОЛИФК. – М., 1974. – 26 с.
9. Мансветов, В. В. Модельные характеристики технического мастерства прыгунов с шестом и их использование в подготовке спортсменов высшей квалификации : дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / В. В. Мансветов. – М., 1984. – 199 с.
10. Ягодин, В. М. Многолетняя тренировка прыгуна с шестом / В. М. Ягодин. – М. : СпортАкадемПресс, 2000. – 52 с.

15.02.2023