

УДК 796.42.093.61

## **Взаимосвязь биомеханических параметров элементов техники выполнения отдельных видов семиборья**

**Гофман Юлия Сергеевна**

**Зайко Дмитрий Сергеевич**, кандидат педагогических наук, доцент

*Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург*

### **Аннотация**

**Цель исследования** – определить взаимосвязь биомеханических параметров техники выполнения отдельных видов семиборья.

**Методы исследования:** анализ научно-методической литературы, биомеханический анализ, методы математической статистики.

**Результаты исследования и выводы.** В статье представлены результаты биомеханического анализа элементов техники выполнения отдельных видов семиборья сильнейшими многоборцами мира. В барьерном беге, прыжке в высоту, прыжке в длину, метании копья определены параметры, имеющие взаимосвязь с результатами. Определены особенности ритма и темпа выполнения базовых элементов техники в каждом виде, а также взаимосвязь ритмо-темповой структуры барьерного бега и прыжка в длину, прыжка в высоту и метания копья.

**Ключевые слова:** легкоатлетическое семиборье, техника, барьерный бег, прыжок в длину, прыжок в высоту, метание копья, бег, частота движений, ритм движений, биомеханические параметры.

## **The interrelationship of biomechanical parameters of the elements in the execution techniques of specific types of heptathlon**

**Gofman Yulia Sergeevna**

**Zaiko Dmitry Sergeevich**, candidate of pedagogical sciences, associate professor

*Lesgaft National State University of Physical Education, Sports and Health, St. Petersburg*

### **Abstract**

**The purpose of the study** is to determine the interrelationship of biomechanical parameters in the execution technique of specific types of heptathlon.

**Research methods:** analysis of scientific and methodological literature, biomechanical analysis, methods of mathematical statistics.

**Research results and conclusions.** The article presents the results of biomechanical analysis of the technical elements of specific types in the heptathlon by the strongest athletes in the world. In hurdle running, high jump, long jump, and javelin throw, parameters that correlate with the results have been identified. The characteristics of the rhythm and tempo of executing the basic technical elements in each type have been determined, as well as the interrelationship between the rhythmic-temporal structure of hurdle running and long jump, high jump, and javelin throw.

**Keywords:** athletics heptathlon, technique, hurdle race, long jump, high jump, javelin throw, running, movement frequency, movement rhythm, biomechanical parameters.

**ВВЕДЕНИЕ.** Легкоатлетическое многоборье предъявляет высокие требования к технической подготовленности спортсменов. При этом процесс совершенствования техники в каждом виде семиборья может занимать лишь небольшую часть времени, что обусловлено их количеством и необходимостью развития других сторон подготовленности [1]. Для того чтобы иметь возможность осуществлять подготовку наиболее эффективно, необходимо воздействовать на те элементы техники, которые являются общими для нескольких видов одновременно и при этом имеют непосредственное влияние на соревновательный результат.

**МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Для проведения биомеханического анализа были выбраны схожие по структурным биомеханическим признакам, а также по особенностям мышечной деятельности виды семиборья: барьерный бег, прыжок в высоту, прыжок в длину и метание копья.

На основании анализа научно-методической литературы [2, 3, 4, 5] в выбранных дисциплинах были проанализированы: бег между четвертым и пятым барьером, последние три шага разбега в прыжке в высоту, последние три шага разбега в прыжке в длину, последние три шага в метании копья. Беговые шаги исследовались по следующим кинематическим параметрам в моменты постановки ноги на опору и снятия ноги с опоры: угол наклона туловища относительно вертикали –  $\alpha$ ; угол сгибания коленного сустава опорной ноги –  $\beta$ ; угол между бедром опорной и бедром маховой ноги –  $\gamma$ ; угол наклона голени опорной ноги относительно горизонтали –  $\delta$ ; угол голеностопного сустава опорной ноги –  $\epsilon$ ; время периодов опоры и полета, время шага, частота и ритм каждого шага и трех шагов; время трех шагов, а также время отталкивания. Наглядно углы, которые были исследованы, представлены на рисунках 1 и 2. В копье за время отталкивания было принято время от постановки ноги в упор до выпуска снаряда. Также стоит отметить, что в данном исследовании «3 шаг» – шаг, непосредственно предшествующий отталкиванию.

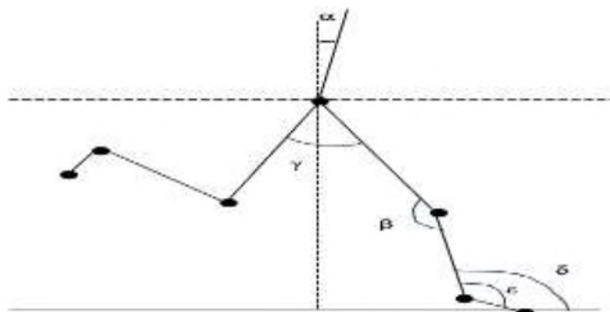


Рисунок 1 – Исследуемые параметры при постановке ноги на опору

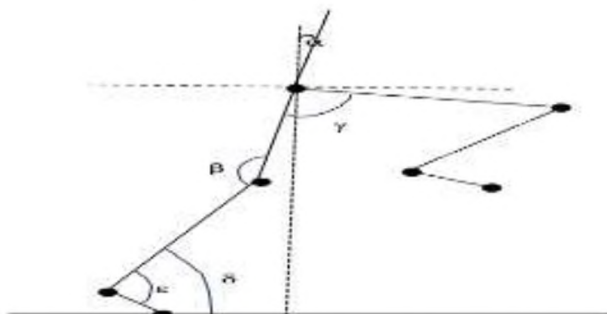


Рисунок 2 – Исследуемые параметры при снятии ноги с опоры

Для того чтобы проанализировать технику выполнения видов легкоатлетического семиборья, были выбраны 15 многоборков, выступавших в разное время на международной и отечественной аренах и имевших результат, превышающий 6500 очков. Биомеханический анализ проводился с использованием программного обеспечения Kinovea.

Таким образом, было получено 2520 параметров, для анализа которых применяли методы математической статистики. Частоту (темп шагов) рассчитывали по формуле: 
$$V = \frac{n \text{ шагов}}{\text{тв} \text{ выполнения шагов}}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В таблице 1 представлены результаты корреляционного анализа результатов в барьерном беге, прыжке в высоту, прыжке в длину и метании копья с исследуемыми биомеханическими параметрами.

Таблица 1 – Взаимосвязь биомеханических параметров с результатом

		Барьеры	Высота	Длина	Копье	
1 шаг	Время опоры	0,735**	-0,913***	-0,881***	-0,709**	
	Время полета	0,865***	-0,769***	-0,740**	-0,419	
	Время шага	0,826***	-0,912***	-0,830***	-0,817***	
	Частота шага	-0,809***	0,917***	0,831***	0,815***	
	α	П	0,112	0,263	0,307	-0,110
		С	0,027	0,096	0,427	-0,061
	β	П	0,183	0,391	-0,707	0,034
		С	-0,321	-0,069	-0,289	-0,545
	γ	П	-0,129	0,349	-0,320	0,273
		С	-0,041	0,323	0,433	0,196
δ	П	0,144	-0,353	-0,387	0,248	
	С	-0,153	-0,234	-0,032	-0,257	
ε	П	0,031	-0,120	0,550	0,394	
	С	0,138	-0,469	-0,455	0,143	
2 шаг	Время опоры	0,838***	0,854***	-0,834***	-0,685*	
	Время полета	0,909***	-0,619**	-0,747***	-0,709*	
	Время шага	0,892***	-0,855***	-0,833***	-0,729*	
	Частота шага	-0,901***	0,867***	0,840***	0,730*	
	α	П	-0,021	0,118	0,100	0,300
		С	-0,198	-0,050	-0,368	0,267
	β	П	-0,165	-0,302	-0,117	-0,233
		С	0,131	-0,335	-0,413	-0,440
	γ	П	0,217	-0,286	0,036	0,189
		С	-0,091	-0,193	0,347	0,271
	δ	П	-0,119	-0,432	-0,546	0,043
		С	0,464	-0,319	-0,422	-0,407
	ε	П	-0,419	-0,129	0,389	0,308
		С	-0,613	-0,553	-0,566	-0,158
3 шаг	Время опоры	0,795***	-0,719**	-0,801***	-0,706**	
	Время полета	0,662**	-0,792***	-0,746**	-0,544	
	Время шага	0,812***	-0,777***	-0,833***	-0,726**	
	Частота шага	-0,797***	0,820***	0,847***	0,763***	
	α	П	0,028	-0,274	-0,147	0,064
		С	-0,080	-0,431	-0,257	-0,192
	β	П	-0,501	-0,212	-0,017	0,217
		С	0,181	-0,064	-0,575	-0,418
	γ	П	-0,324	-0,402	-0,293	-0,138
		С	0,147	-0,429	-0,042	-0,111
	δ	П	0,021	-0,516	-0,148	0,331
		С	-0,041	-0,300	-0,716	-0,278
	ε	П	-0,015	-0,352	0,396	0,431
		С	0,043	-0,349	-0,279	-0,289
	Время 3 шагов		0,884***	-0,946***	-0,877***	-0,849***
	Частота 3 шагов		-0,873***	0,951***	0,819***	-0,844***
Время отталкивания		0,731**	-0,875***	-0,881***	-0,782***	

Примечание: \*коэффициент корреляции достоверен,  $p < 0,05$ ; \*\*коэффициент корреляции достоверен,  $p < 0,01$ ; \*\*\*коэффициент корреляции достоверен,  $p < 0,001$

Исходя из полученных данных, ни один из углов не имеет значимой взаимосвязи с результатом. Во всех рассмотренных видах семиборья время периода опоры в каждом шаге достоверно и на высоком уровне коррелирует с результатами. Время периода полета также связано с результатами во всех видах, кроме метания копья. Однако время шага, как первого, второго, третьего, так и трех шагов, имеет высокую взаимосвязь: чем меньше время данных параметров, тем выше результат.

Также высокая взаимосвязь во всех исследуемых видах наблюдается у частоты, как в каждом шаге, так и в трех. Чем выше частота, тем выше результат. Время отталкивания во всех четырех дисциплинах семиборья сильно коррелирует с результатом в каждом виде. Чем меньше время отталкивания, тем выше результат.

При рассмотрении темповой структуры было выявлено, что многоборки разделились на две группы: 1 – в которой частота трех шагов увеличивается по мере приближения к отталкиванию; 2 – в которой частота второго шага самая маленькая, а третьего (перед отталкиванием) самая большая (далее по тексту: «1 группа», «2 группа»). На рисунках 3, 4, 5, 6 наглядно показано изменение частоты шагов по мере приближения к отталкиванию у каждой из пятнадцати многоборок. Несмотря на разницу в значении коэффициента частоты, структура во всех рассмотренных видах у каждой спортсменки одинакова. То есть выполнение трех шагов в барьерном беге, прыжке в высоту, прыжке в длину и метании копья происходит, хотя и с различной скоростью, но в одинаковом «стиле».

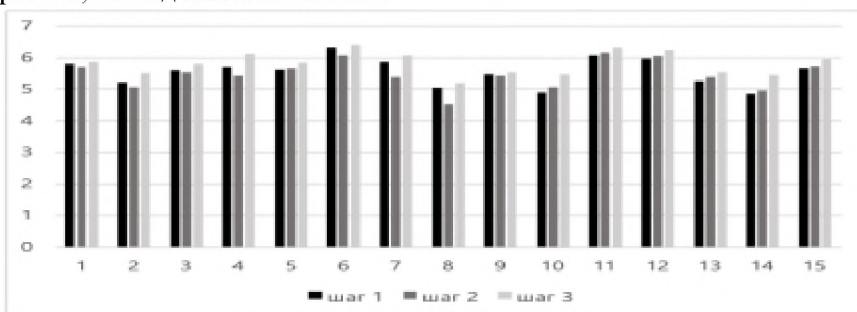


Рисунок 3 – Частота трех шагов в барьерном беге

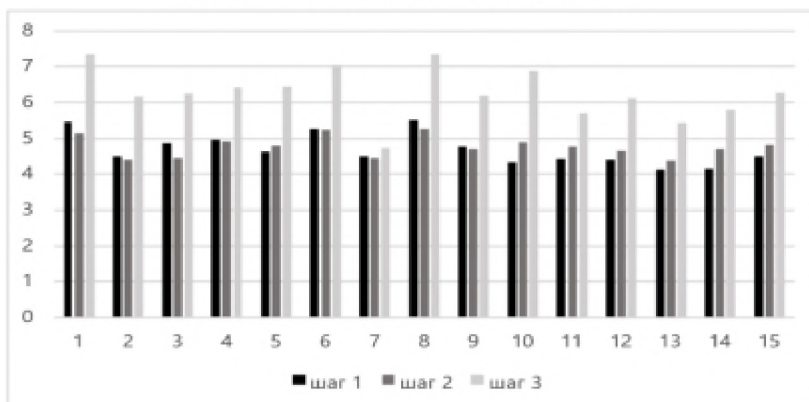


Рисунок 4 – Частота трех шагов в прыжке в высоту

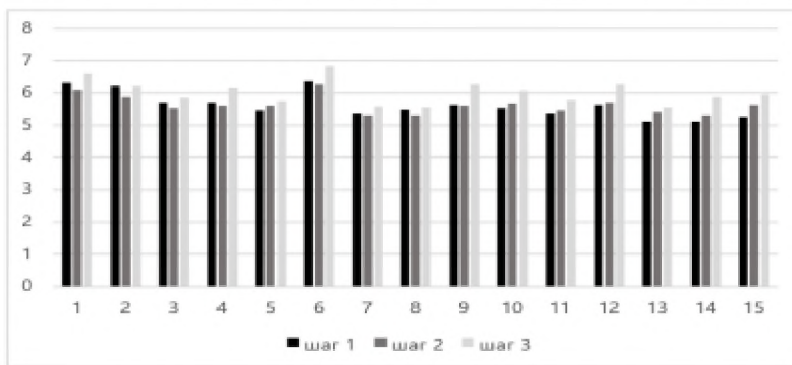


Рисунок 5 – Частота трех шагов в прыжке в длину

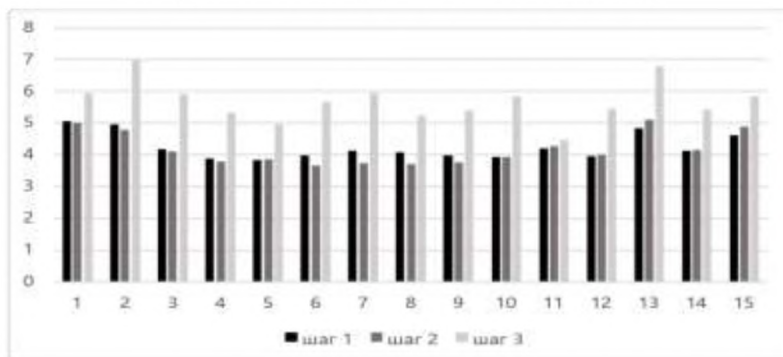


Рисунок 6 – Частота трех шагов в метании копья

Для проведения анализа ритмовой структуры был определен коэффициент ритма как соотношение периодов опоры и полета в шаге и в трех шагах:  $\text{ритм} = \frac{t_{\text{опоры}}}{t_{\text{полета}}}$ . Учитывая выявленную разницу в частоте выполнения шагов, было принято решение рассматривать ритмовую структуру во взаимосвязи с темповой.

В таблице 2 представлены средние значения процентных соотношений времени периодов опоры и полета, а также средние значения коэффициентов ритма первой группы; в таблице 3 – то же для второй группы.

В 1 группе ритмо-темповую структуру можно представить следующими положениями:

1. Время периодов опоры, как в 1, так и во 2 и 3 шагах, меньше времени периодов полета в барьерном беге и прыжке в длину.
2. Время периодов опоры в 1, 2 и 3 шагах больше времени периода полета в прыжке в высоту и метании копья.
3. Во всех рассмотренных видах частота каждого следующего шага увеличивается.
4. Увеличение частоты в последнем шаге во всех видах происходит за счет уменьшения времени периода полета. Наибольшее сокращение времени полета прослеживается в прыжке в высоту и метании копья.

Таблица 2 – Ритм трех шагов в отдельных видах семиборья в 1 группе (n=7)

Параметр	Барьерный бег	Прыжок в высоту	Прыжок в длину	Метание копья
1 шаг				
Период опоры (%)	47,51	51,59	48,47	51,38
Период полета (%)	52,49	48,41	51,53	48,62
Коэффициент ритма*	0,91	1,07	0,94	1,06
Частота	5,48	4,37	5,35	4,22
2 шаг				
Период опоры (%)	47,38	52,26	48,42	50,06
Период полета (%)	52,62	47,74	51,58	49,94
Коэффициент ритма*	0,9	1,09	0,94	1,002
Частота	5,59	4,72	5,54	4,32
3 шаг				
Период опоры (%)	48,9	60,19	49,96	95,56
Период полета (%)	51,1	39,81	50,04	4,44
Коэффициент ритма*	0,96	1,51	0,998	21,52
Частота	5,84	6,1	5,89	5,55

Примечание: \* - результат деления времени периода опоры в процентах на время периода полета в %

Таблица 3 – Ритм трех шагов в отдельных видах семиборья во 2 группе (n=8)

Параметр	Барьерный бег	Прыжок в высоту	Прыжок в длину	Метание копья
1 шаг				
Период опоры (%)	47,2	51,86	49,31	48,75
Период полета (%)	52,8	48,14	50,69	51,25
Коэффициент ритма*	0,89	1,08	0,97	0,95
Частота	5,64	4,98	5,85	4,28
2 шаг				
Период опоры (%)	47,4	52,49	48,86	47,86
Период полета (%)	52,6	47,51	51,14	52,14
Коэффициент ритма*	0,90	1,1	0,96	0,92
Частота	5,4	4,82	5,7	4,08
3 шаг				
Период опоры (%)	47,75	62,1	49,66	97,4
Период полета (%)	52,25	37,9	50,34	2,6
Коэффициент ритма*	0,91	1,64	0,99	37,46
Частота	5,82	6,44	6,14	5,81

Примечание: \* - результат деления времени периода опоры в процентах на время периода полета в %

Во 2 группе ритмо-темповую структуру можно представить следующими положениями:

1. Время периодов опоры, как в 1, так и во 2 и 3 шагах меньше времени периодов полета в барьерном беге и прыжке в длину.
2. Время периодов опоры в 1, 2 и 3 шагах больше времени периода полета в прыжке в высоту.
3. В метании копья время периодов опоры в 1 и 2 шагах меньше времени периодов полета, но в 3 шаге время периода опоры значительно больше времени периода полета.
4. Наибольшая частота характерна для последнего шага (перед отталкиванием) во всех видах. В прыжке в высоту и метании копья это достигается за счет сокращения времени периода полета. В барьерном беге и прыжке в длину — за счет пропорционального сокращения времени периодов опоры и полета.
5. С наименьшей частотой выполняется 2 шаг. Снижение частоты происходит за счет увеличения времени периодов как опоры, так и полета.

**ВЫВОДЫ.** Основываясь на результатах корреляционного анализа, можно говорить о том, что в барьерном беге, прыжке в высоту, прыжке в длину и в метании копья необходимо стремиться к сокращению времени периодов опоры и полета, а также к их рациональному соотношению в шаге. Также важно сокращать длительность фазы отталкивания в барьерном беге, прыжке в длину и прыжке в высоту, а также время от постановки ноги в упор до выпуска снаряда в метании копья.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гофман Ю. С., Зайко Д. С. Анализ современных тенденций в развитии специальной физической подготовки легкоатлетов-семиборков // Лёгкая атлетика : сборник науч.-метод. тр. к 90-летию кафедры теории и методики легкой атлетики им. В.В. Ухова. Санкт-Петербург, 2024. С. 60–66. EDN WYDXMY.
2. Столяр Л. М. Ритмо-темповая структура техники бега на 100 м с барьерами как модельная основа методики обучения // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2007. № 10. С. 87–90. EDN: INMKXX.
3. Зайко Д. С. Индивидуализация специальной физической подготовки прыгунов в высоту с учётом особенностей дугообразного разбега : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Санкт-Петербург, 2009. 24 с. : ил. EDN: TSDFGN.
4. Liying Jin, Jungang Yu, Xin Jin, Jinping Hu. Biomechanical of kinematics I long jumpers. URL: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/2379/2232> (дата обращения: 02.12.2024).
5. Слуцкая Н. Ю., Лебедева Л. Ф. Способы совершенствования темпо-ритмической структуры разбега при метании копья // Научные труды Северо-Западного института управления РАНХиГС. 2021. Т. 12, № 2 (49). С. 296–299. EDN JYDFCW.

#### REFERENCES

1. Gofman Yu. S., Zaiko D. S. (2024), "Analysis of modern trends in the development of special physical training of heptathlon athletes", *Athletics*, Collection of scientific and methodological works for the 90th anniversary of the Department of Theory and Methodology of Athletics named after V.V. Ukhov, St. Petersburg, pp. 60–66.
2. Stolyar L. M. (2007), "Rhythmic-tempo structure of the 100 m hurdles running technique as a model basis of the training methodology", *Scientific notes of PF Lesgaft University*, No. 10, pp. 87–90.
3. Zaiko D. S. (2009), "Individualization of special physical training of high jumpers, taking into account the features of the arcuate run-up", Abstract. dis. ... candidate of Pedagogical Sciences, 13.00.04, St. Petersburg, 24 p.
4. Liying Jin, Zhonggang Yu, Xin Jin, Jinping Hu. "Biomechanics of kinematics in long jumpers", URL: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/2379/2232>.
5. Slutskaya N. Y., Lebedeva L. F. (2021), "Ways to improve the tempo-rhythmic structure of the run-up in javelin throwing", *Scientific papers of the Northwestern Institute of Management of the RANEPА*, Vol. 12, No. 2 (49), pp. 296–299.

**Информация об авторах:** Гофман Ю.С., аспирант кафедры теории и методики легкой атлетики имени В.В. Ухова, [ygofman@inbox.ru](mailto:ygofman@inbox.ru), SPIN-код: 4074-8843. Зайко Д.С., заведующий кафедрой теории и методики легкой атлетики имени В.В. Ухова, [zaikods@mail.ru](mailto:zaikods@mail.ru), SPIN-код: 4939-6516.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 11.12.2024.

Принята к публикации 09.01.2025.