

## ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ДВИЖЕНИЙ ПРЫГУНОВ В ДЛИНУ

*Установлена взаимосвязь между двигательными установками и биомеханическими параметрами отталкивания в прыжках в длину.*

**Ключевые слова:** прыжок в длину, двигательные установки, факторный анализ.

**Постановка проблемы.** Главной частью соревновательного упражнения "прыжок в длину с разбега" является отталкивание. Техника отталкивания в прыжках в длину с разбега представляет собой систему движений, характеризующуюся повышенной координационной сложностью и развитием больших усилий в короткий промежуток времени. Исследования в области техники легкоатлетических прыжков показали, что при выполнении отталкивания в прыжках в длину с разбега решаются задачи максимального сохранения скорости поступательного движения, полученного в разбеге, и придания телу оптимального угла вылета. Основные потери горизонтальной составляющей скорости общего центра масс тела (ОЦМТ) происходят при амортизационных движениях, здесь же создаются и предпосылки для повышения скорости разгибания опорной ноги и создания большего угла вылета тела. Эффективные маховые движения способствуют решению задач отталкивания [1-6].

Большое влияние на эффективность техники отталкивания оказывают педагогические установки, используемые спортсменами перед выполнением прыжка в длину с разбега. Установлено, что в сознании спортсмена формируется двигательная установка, обладающая функцией регулирования движений [7]. Исследования показали [6-9], что сформированный в сознании спортсмена образ предстоящего двигательного действия способен заметно повлиять на эффективность решения им двигательной задачи.

Установлено [6; 10], что целесообразно различать не менее четырех способов выполнения отталкивания в прыжках в длину с разбега с разными направлениями оптимизации систем движений, два из которых – это теоретически обоснованные системы движений, позволяющие при их реализации и современном уровне развития двигательного потенциала ведущих спортсменов достичь результата в этом виде спорта порядка 10-12 м. Однако в литературных источниках не обнаружено исследований, связанных с выявлением связей между определенными способами отталкивания и различными двигательными установками, обладающими направленным регулирующим воздействием на систему движений прыгуна в длину при выполнении отталкивания. Известные исследования в этой области [8; 9] априорно основывались на положении, что спортсмены используют один и тот же способ отталкивания, при этом выявлялись двигательные установки, позволяющие повысить эффективность техники отталкивания и, как следствие, результат в прыжках в длину с разбега. Очевидно, что если спортсмены оптимизируют системы движений в разных направлениях (совершенствуют разные способы отталкивания), то и двигательные установки должны иметь однонаправленное регулирующее воздействие с направлением оптимизации соответствующих способов отталкивания. Подход, при котором спортсмен в процессе подготовки учится реализовывать одну систему движений, а в ходе решения двигательной задачи, используя двигательную установку, реализует другую систему движений, на наш взгляд менее продуктивен по сравнению с подходом, когда и в процессе подготовки, и при использовании двигательных установок во время соревнований спортсмен стремится изменить систему движений в одном направлении и приблизить ее к оптимальным параметрам. Этот вопрос, на наш взгляд, представляют большой научный и практический интерес, так как его решение позволит повысить эффективность процесса технической подготовки прыгунов в длину с разбега.

**Цель исследования** – установить взаимосвязь между двигательными установками, используемыми прыгунами в длину 15-17 лет, и биомеханическими параметрами техники отталкивания в прыжках в длину с разбега.

*Задачи исследования:*

- 1) установить, какие двигательные установки используют спортсмены перед выполнением прыжков в длину с разбега и в процессе его выполнения;
- 2) определить влияние различных двигательных установок на биомеханические параметры техники отталкивания прыгунов в длину с разбега.

*Методы исследования:* 1) анализ научной и научно-методической литературы; 2) анкетный опрос; 3) видеосъемка; 4) компьютерная обработка материалов видеосъемки; 5) методы математико-статистического анализа; 6) факторный анализ.

*Организация исследования.* В 2010-2011 гг. был проведен опрос спортсменов (прыгунов в длину с разбега) и их тренеров по разработанной нами анкете. Цель этапа исследования – выяснить, какие педагогические установки используют спортсмены перед выполнением прыжков в длину с разбега и в процессе его выполнения. Всего было опрошено 89 человек. Также исследовалась научно-методическая литература по вопросу использования педагогических установок в процессе соревновательной деятельности прыгунов в длину с разбега.

В 2011 году было проведено исследование с целью определения особенностей взаимодействия прыгунов в длину с опорой во время отталкивания при использовании различных педагогических установках. Анализировались биомеханические параметры техники отталкивания одного более дальнего прыжка в длину при использовании каждой из названных педагогических установок. В процессе анализа были также использованы результаты прыжков в длину с разбега.

Результаты исследований обработаны с использованием методов математико-статистического анализа.

**Результаты исследования.** Анализ результатов анкетирования показал (см. табл. 1), что все спортсмены из числа опрошенных используют в процессе соревновательной деятельности (перед выполнением прыжков в длину с разбега и процессе выполнения прыжков) те или иные двигательные установки, и все тренеры рекомендуют спортсменам использовать в процессе соревновательной деятельности определенные двигательные установки.

Таблица 1

**Педагогические установки, используемые спортсменами  
в процессе соревновательной деятельности (перед выполнением прыжков в длину  
с разбега и процессе выполнения прыжков), (n=89)**

Педагогические установки	Количество от общего числа анкетированных (%)
Глобальная установка на далекое приземление	8,9 %
Установку на сильное (акцентируемое) отталкивание	16,02 %
Установка на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом	21,36 %
Установка на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости " и на быстрое отталкивание	31,15 %
Иные установки	1,78 %

При этом, в большинстве случаев (35 анкетированных или 31,15% от числа опрошенных) предпочтение было отдано установке на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости " и на быстрое отталкивание (см. табл. 1). Установке на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом отдали предпочтение 21,36 % анкетированных (24 человека из числа опрошенных); установке на сильное (акцентируемое) отталкивание – 16,02 % анкетированных (18 человек из числа опрошенных); глобальной установке на далекое приземление – 8,9 % анкетированных (10 человек из числа опрошенных); иным установкам – 1,78 % анкетированных (2 человека из числа опрошенных) (см. табл. 1). Установлено также, что глобальную установку на далекое приземление используют только высококвалифицированные прыгуны в длину. Спортсмены 15-17 лет используют в процессе соревновательной деятельности три основные педагогические установки: установку на сильное (акцентируемое) отталкивание; установку на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом; установку на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости " и на быстрое отталкивание.

Биомеханические параметры техники отталкивания прыгунов в длину, использующих те или иные двигательные установки, представлены в табл. 2.

Результаты исследований подвергнуты факторному анализу. Выяснено [11], что в основе математической теории индексов лежит комплексное использование математического аппарата. В соответствии с такой точкой зрения применение индексов обосновывается как с позиции их смысла, так и с учетом их адекватного выражения в математических формулах. Причем под адекватностью также понимается и точность получаемых результатов в области не только теоретического обоснования, но и практических расчетов. Такой подход позволил получить наиболее общие формулы осуществления анализа многофакторных мультипликативных моделей.

**Параметры техники отталкивания прыгунов в длину  
при использовании разных педагогических установок**

Показатели техники отталкивания в прыжках в длину с разбега	Установка на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом $\bar{X} \pm \delta$	Установка на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости" и на быстрое отталкивание $\bar{X} \pm \delta$	Установка на сильное (акцентируемое) отталкивание $\bar{X} \pm \delta$
Время выполнения фазы амортизации, с	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 0,002	0,06 0,002
Время выполнения первой половины фазы амортизации, с	0,03 $\pm$ 0,002	0,03 $\pm$ 0,002	0,04 $\pm$ 0,002
Время выполнения второй половины фазы амортизации, с	0,02 $\pm$ 0,001	0,02 $\pm$ 0,001	0,02 $\pm$ 0,001
Время выполнения фазы отталкивания, с	0,08 $\pm$ 0,003	0,08 $\pm$ 0,003	0,08 $\pm$ 0,003
Скорость ОЦМТ прыгуна в момент постановки ноги на опору, м/с	8,61 $\pm$ 0,01	8,66 $\pm$ 0,03	8,58 $\pm$ 0,02
Потери горизонтальной составляющей скорости ОЦМТ в фазе амортизации, м/с	1,69 $\pm$ 0,02	1,74 $\pm$ 0,02	1,76 $\pm$ 0,03
Скорость вылета ОЦМТ в момент отрыва от опоры, м/с	6,54 $\pm$ 0,02	6,55 $\pm$ 0,02	6,46 $\pm$ 0,02
Угол вылета ОЦМТ, градусы (°)	21 $\pm$ 0,3	21 $\pm$ 0,3	21,8 $\pm$ 0,3
Максимальная величина сгибания опорной ноги, градусы (°)	51 $\pm$ 0,04	52 $\pm$ 0,04	49,5 $\pm$ 0,04
Угол постановки ноги на опору, градусы (°)	68 $\pm$ 0,4	69 $\pm$ 0,4	67,4 $\pm$ 0,5
Результат прыжков в длину с разбега (м)	6,62 $\pm$ 0,01	6,65 $\pm$ 0,01	6,60 $\pm$ 0,01

Рассмотрим многофакторную мультипликативную модель

$$Y = x^1 \cdot \frac{x^2}{x^1} \cdot \frac{x^3}{x^2} \cdot \dots \cdot \frac{x^k}{x^{k-1}} \cdot \dots \cdot \frac{x^9}{x^8} \cdot \frac{Y}{x^9} \Leftrightarrow Y = X^1 \cdot X^2 \cdot X^3 \cdot \dots \cdot X^k \cdot \dots \cdot X^9 \cdot X^{10}, \quad (1)$$

где  $Y$  является результативным показателем (результат прыжков в длину с разбега),  $X^i$ ,  $i = \overline{1, 10}$  – факторными признаками, взаимосвязанными зависимостью (1), где  $x^1$  – угол постановки ноги на опору,  $x^2$  – максимальная величина сгибания опорной ноги во время отталкивания,  $x^3$  – угол вылета общего центра масс тела (ОЦМТ),  $x^4$  – время выполнения фазы отталкивания,  $x^5$  – время выполнения первой половины фазы амортизации,  $x^6$  – время выполнения второй половины фазы амортизации,  $x^7$  – скорость ОЦМТ прыгуна в момент постановки ноги на опору,  $x^8$  – начальная скорость вылета ОЦМТ прыгуна в длину,  $x^9$  – потери горизонтальной составляющей скорости ОЦМТ в фазе амортизации.

В соответствии с методикой анализа, изложенной в [11], изменение результативного признака  $\Delta Y = Y_1 - Y_0$  обуславливается влиянием соответствующего изменения: значения фактора  $X^1$  –

$$\Delta Y \left( X^1 \right) \approx \sum Y_0 \cdot \left( \frac{\sum x_1^1}{\sum x_0^1} - 1 \right); \quad \text{значений факторов } X^i, \quad i = \overline{2, 9} \quad - \quad \text{соответственно как}$$

$$\Delta Y_{(X^i)} = \sum Y_0 \cdot \left( \frac{\sum x_1^i}{\sum x_0^i} - \frac{\sum x_1^{i-1}}{\sum x_0^{i-1}} \right); \Delta Y_{(X^{10})} = \sum Y_0 \cdot \left( \frac{\sum Y_1}{\sum Y_0} - \frac{\sum x_1^9}{\sum x_0^9} \right) - \text{значения фактора } X^{10}.$$

индекс при показателях является булевой переменной, принимающей значения 0 и 1. Нижний индекс 0 указывает значения соответствующих показателей при первоначальной установке, нижний индекс 1 – значения соответствующих показателей при измененной установке.

В таблицах на основании вышеизложенных формул проведен факторный анализ изменения результативного показателя ( $\Delta Y$ ) за счет влияния изменений факторных признаков ( $X^i, i = \overline{1,10}$ ). В строке 1. отражено относительное изменение факторов, определяющих длину прыжка ( $x^i, i = \overline{1,9}$ ), в строке 2. – абсолютное влияние изменения соответствующих факторных признаков ( $X^i, i = \overline{1,10}$ ) на изменение результативного показателя ( $\Delta Y$ ) в среднем на одного спортсмена (в см.), в строке 3. – относительное влияние изменения соответствующих факторных признаков ( $X^i, i = \overline{1,10}$ ) на изменение результативного показателя ( $\Delta Y$ ) в среднем на одного спортсмена (в %).

При этом исследуется влияние на длину прыжка следующих установок.

1. Установка на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом.
2. Установка на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости" и на быстрое отталкивание.
3. Установка на сильное (акцентируемое) отталкивание.

В таблице 3 изучается влияние на длину прыжка установки 2 по сравнению с установкой 1; в табл. 4 изучается влияние на длину прыжка установки 3 по сравнению с установкой 1; в таблице 5 изучается влияние на длину прыжка установки 3 по сравнению с установкой 2.

Таблица 3

#### Факторный анализ изменения результата прыжков в длину с разбега

$\Delta Y$	за счет изменения факторов									
	$X^1$	$X^2$	$X^3$	$X^4$	$X^5$	$X^6$	$X^7$	$X^8$	$X^9$	$X^{10}$
1.	1,01	1,01	1,00	1,01	0,96	1,03	1,01	1,00	1,03	1,00
2.	29,2	3,2	-32,4	20,9	-117,2	174,2	-64,4	-9,7	74,7	-72,2
3.	0,07	0,01	-0,08	0,05	-0,29	0,44	-0,16	-0,02	0,19	-0,18

Таблица 4

#### Факторный анализ изменения результата прыжков в длину с разбега

$\Delta Y$	за счет изменения факторов									
	$X^1$	$X^2$	$X^3$	$X^4$	$X^5$	$X^6$	$X^7$	$X^8$	$X^9$	$X^{10}$
1.	0,99	0,97	1,04	1,01	1,13	1,06	1,00	0,99	1,04	1,00
2.	14,0	37,9	-112,6	47,3	-202,7	116,2	106,8	14,2	-96,5	81,7
3.	-0,05	-0,15	0,44	-0,18	0,79	-0,45	-0,42	-0,06	0,38	-0,32

Таблица 5

#### Факторный анализ изменения результата прыжков в длину с разбега

$\Delta Y$	за счет изменения факторов									
	$X^1$	$X^2$	$X^3$	$X^4$	$X^5$	$X^6$	$X^7$	$X^8$	$X^9$	$X^{10}$
1.	0,98	0,96	1,04	1,00	1,17	1,03	0,99	0,99	1,01	0,99
2.	19,8	24,1	-80,9	37,0	-176,1	146,5	39,1	4,9	-29,3	21,2
3.	-0,13	-0,15	0,52	-0,24	1,13	-0,94	-0,25	-0,03	0,19	-0,14

#### Выводы и перспективы дальнейших разработок

1. Прыгуны в длину с разбега активно используют в процессе соревновательной деятельности (перед выполнением прыжков в длину с разбега и процессе выполнения прыжков) те или иные двигательные установки, и все тренеры рекомендуют спортсменам использовать в процессе соревновательной деятельности определенные двигательные установки. Спортсмены 15-17 лет используют в процессе

соревновательной деятельности три основные педагогические установки: установку на сильное (акцентируемое) отталкивание (16,02 % от числа опрошенных); установку на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом (21,36 % от числа опрошенных); установку на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости" и на быстрое отталкивание (31,15% от числа опрошенных). Глобальную установку на далекое приземление используют только высококвалифицированные прыгуны в длину.

2. Исследования показали, что целесообразно различать не менее четырех способов выполнения отталкивания в прыжках в длину с разбега, два из которых – это теоретически обоснованные системы движений, стремление к которым имеет свои особенности, которые необходимо учитывать в процессе подготовки прыгунов в длину. В ходе исследования методик совершенствования техники отталкивания прыгунов в длину 15-17 лет определено, что в своей основе они построены с учетом закономерностей развития технического мастерства спортсменов. Вместе с тем, в исследуемых методиках совершенствование системы движения при выполнении отталкивания рекомендуется направлять, главным образом, только к одному из теоретически рассчитанных способов отталкивания. Это свидетельствует о том, что в методиках не учитываются индивидуальные особенности прыгунов в длину. Анализ двигательных установок, рекомендуемых для использования перед выполнением прыжков в длину с разбега, позволяет говорить о том, что они оказывают регулирующее воздействие, отличающееся по направленности от тренировочных воздействий, используемых в процессе подготовки прыгунов в длину.

3. При сравнении влияния двигательных установок на биомеханические параметры техники прыжков в длину с разбега, которые характеризуют эффективность выполнения отталкивания (потери горизонтальной составляющей скорости ОЦМТ в фазе амортизации; время выполнения первой половины фазы амортизации; время выполнения второй половины фазы амортизации; скорость вылета ОЦМТ в момент отрыва от опоры; угол вылета ОЦМТ) установлено, что разные педагогические установки оказывают на указанные биомеханические параметры разное по величине и направленности влияние.

Установка на *быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом* и установка на *выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости"* и на *быстрое отталкивание* односторонне влияют на названные биомеханические параметры техники отталкивания по сравнению с влиянием других педагогических установок. Отличия в биомеханических параметрах техники отталкивания при использовании исследуемых педагогических установок не являются достоверными, т.е. по своей эффективности влияния на системы движений прыгунов в длину во время отталкивания они сравнительно равны.

Сравнивая влияние педагогических установок на параметры техники прыжка в длину с разбега, установлено: а) время выполнения фазы амортизации при использовании установки на *быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом* и установки на *выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости"* и на *быстрое отталкивание* сравнительно меньше, чем при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание*; б) уменьшение времени выполнения фазы амортизации произошло главным образом за счет уменьшения времени выполнения первой половины фазы амортизации; в) потери горизонтальной составляющей скорости ОЦМТ прыгунов в длину при использовании установки на *быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом* и установки на *выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости"* и на *быстрое отталкивание* сравнительно меньше, чем при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание*; г) скорость вылета ОЦМТ прыгунов в длину при использовании установки на *быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом* и установки на *выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости"* и на *быстрое отталкивание* сравнительно выше, чем при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание*; д) максимальная величина сгибания опорной ноги во время отталкивания меньше при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание* по сравнению с другими установками; е) угол вылета ОЦМТ прыгунов больше при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание* по сравнению с другими установками; ж) при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание* скорость ОЦМТ прыгунов в момент постановки ноги на опору относительно меньше по сравнению с другими установками;

Использование установки на *быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом* и установки на *выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости"* и на *быстрое отталкивание* позволяет оптимизировать параметры системы движений в направлении снижения потерь поступательной скорости движения ОЦМТ (за счет уменьшения первой половины фазы амортизации при увеличении амплитуды сгибания опорной ноги), а также создания предпосылок для эффективного выполнения фазы отталкивания (за счет уменьшения времени растягивания мышц, участвующих в последующем разгибании опорной ноги).

Использование установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание* позволяет оптимизировать параметры системы движений в направлении снижения потерь поступательной скорости движения ОЦМТ (за счет уменьшения угла сгибания опорной ноги), а также создания предпосылок для эффективного выполнения фазы отталкивания (за счет уменьшения времени растягивания мышц, участвующих в последующем разгибании опорной ноги) и создания большего угла вылета ОЦМТ прыгуна.

4. Влияние педагогических установок, используемых прыгунами в длину в процессе соревнований, на биомеханические параметры систем движений должны носить однонаправленный характер с процессом оптимизации систем движений, осуществляемым во время подготовки к соревнованиям: В случае, когда спортсмены оптимизируют системы движений в разных направлениях (совершенствуют разные способы отталкивания), двигательные установки должны иметь однонаправленное регулирующее воздействие с направлением оптимизации соответствующих способов отталкивания.

#### **Использованные источники**

1. Александрова, О. Разбег и скорость / О. Александрова, С. Сидоренко, И. Тер-Ованесян // Легкая атлетика. – 1978. – №6. – С. 6–7.
2. Верхошанский, Ю.В. Программирование и организация тренировочного процесса/ Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1985. – 176 с.
3. Верхошанский, Ю.В. Каким должен быть разбег/ Ю.В. Верхошанский // Легкая атлетика. – 1966. – №5. – С. 3-4.
4. Донской, Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Заиорский. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 264 с., ил.
5. Легкая атлетика: учебник для институтов физической культуры / Н.Г. Озолин [и др.]; под общ. ред. Н.Г. Озолина, В.И. Воронкина, Ю.Н. Примакова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 671 с.
6. Руденик, В.В. Совершенствование двигательной структуры отталкивания у прыгунов в длину высокой квалификации: автореф. дис. ... канд. пед. наук / В.В. Руденик; АФВиС РБ. – Минск, 1998. – 20 с.
7. Совершенствование технического мастерства спортсменов / В.М. Дьячков [и др.]; под общ. ред. В.М. Дьячкова. – М.: Физкультура и спорт, 1972. – 231 с., ил.
8. Еремин Ю.С. Исследование влияния различных двигательных установок спортсмена на структуру движений в спортивных упражнениях: автореферат дис. ... канд. пед. наук / Ю.С. Еремин. – М., 1967. – 19 с.
9. Скобликов В.И. Исследование влияния педагогических установок на спортивно-технический результат: автореферат дис. ... канд. пед. наук / В.И. Скобликов. – Ленинград, 1973.–17 с.
10. Иориш Ю. 8.90. Феноменальный прыжок?/Ю. Иориш //Легкая атлетика. – 1981. – №6. – С. 24–27.
11. Лепешев, Д. И. Совершенствование инструментария детерминированного факторного анализа: практические аспекты / Д. И. Лепешев // Потребительская кооперация. – 2013. – № 1(40). – С. 62 – 68.

*Kovgan P., Lepeshev D., Rudenik V.*

#### **THE FACTORIAL ANALYSIS OF INTERRELATION OF PROPULSION SYSTEMS AND BIOMECHANICAL PARAMETERS OF MOVEMENTS SYSTEMS OF JUMPERS IN LENGTH**

*The interrelation between propulsion systems and biomechanical parameters of pushing away in long jumps is established.*

**Key words:** *long jump, propulsion systems, factorial analysis.*

*Стаття надійшла до редакції 09.09.2014 р.*