

Шахдади Ахмад Навваб, канд. пед. наук, преподаватель (университет Систана и Балучестана, Иран); Ворон А.В., канд. пед. наук, старший преподаватель (БГУФК)

## АНАЛИЗ ОТДЕЛЬНЫХ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИКИ ПРЫЖКА С ШЕСТОМ

*Проведенный анализ отдельных биомеханических показателей техники опорной части прыжка с шестом позволяет утверждать, что повышение эффективности движений спортсменов в этой части прыжка возможно на основе оптимизации времени проявления усилий, выбора способа их реализации и увеличения динамических величин показателей движений.*

*The analysis of some biomechanical indices of the technique of the supporting part in pole vault allows stating that increase of athletes' movements efficiency in this part of the vault is possible on the basis of the effort exertion moment optimization, of the ways of their realization selection, and of the movements dynamic Indices increase.*

**Введение.** Прыжок с шестом – сложное двигательное действие, которое выполняется на подвижной опоре. Условно весь прыжок разделяют на ряд взаимосвязанных частей: разбег, отталкивание, опорная часть прыжка, безопорная часть прыжка, приземление. Опорная часть прыжка включает фазы: вис-замах, взмах, разгибание, подтягивание, отжимание. Она продолжается с момента отрыва толчковой ноги спортсмена от грунта до момента отпуска шеста и включает движения виса-замаха, взмаха, разгибания, подтягивания с поворотом и отжимания.

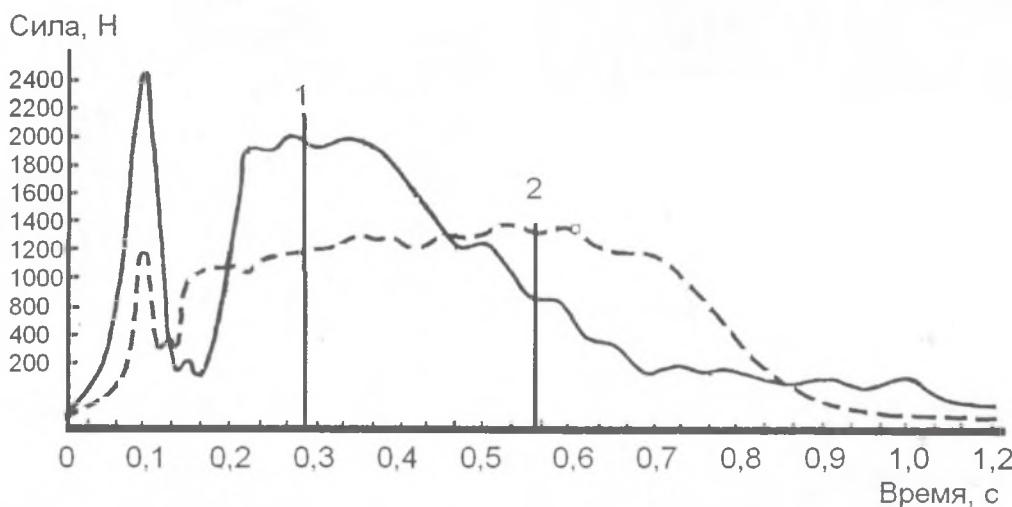
**Цель исследования** – анализ отдельных биомеханических показателей техники опорной части

прыжка с шестом для повышения эффективности технической подготовки прыгунов с шестом.

**Методы исследования:** анализ научно-методической литературы, педагогические наблюдения, динамография, хронометрирование, видеосъемка, методы математической статистики.

**Основная часть.** В момент отталкивания развиваются значительные усилия, достигающие у лучших прыгунов с шестом 300–400 кг [1, 2], а постановку шеста в упор ряд авторов представляют как динамический удар (250–400 кг [3]), энергию которого амортизирует (поглощает) эластичный шест и связочно-сухожильный аппарат спортсмена [3, 4, 5, 6]. По данным тензометрических исследований, возникающие при этом вертикальные и горизонтальные упоровые усилия весьма значительны и достигают 121,5 и 87,8 кг (начало длинного маха) [7].

При сравнительном анализе прыжков на металлическом и эластичном шестах были выявлены значительные различия в показателях усилий и ритмовой структуре соревновательных действий. Усилия, проявляемые в прыжках с использованием эластичного шеста, характеризуются плавным возрастанием и убыванием, более продолжительным воздействием на опору, в то время как усилия, проявляемые в прыжке с прямым шестом, имеют пиковый и кратковременный характер (рисунок 1). Подобные различия объясняются проявлением эффекта эластичности спортивного снаряда.



— кривая усилий при использовании металлического шеста, - - - - кривая усилий при использовании фибергласового шеста;  
1 – наибольшее сгибание металлического шеста, 2 – наибольшее сгибание фибергласового шеста

Рисунок 1 – Динамика усилий спортсменов при выполнении опорной части прыжка с металлическим и фибергласовым шестом

Различия в технике при выполнении взмаха на прямом и эластичном шестах наблюдаются из-за различий в условиях выполнения прыжка (отсутствие и наличие эластичной опоры), которые отражаются на траектории движения верхнего конца шеста. В прыжке на прямом шесте она имеет вид дуги, выгнутой наружу; при прыжке на эластичном шесте – дуги, выгнутой внутрь.

Переходя в положение виса, прыгун стремится принять такое положение, которое позволило бы впоследствии эффективно произвести фазу «взмах»: вывести как можно дальше вперед грудь и таз, оставляя сзади выпрямленную правую (верхнюю по захвату на шесте) руку и толчковую ногу. Маховая нога при этом согнута в колене, что способствует активному продвижению (выведению) таза и тела спортсмена вперед [8]. Опускание же маховой ноги способствует увеличению прогиба тела. Таким образом, спортсмен увеличивает растягивание мышц передней поверхности тела. Большинство авторов называют эту фазу висом-замахом [4, 5], что, исходя из решаемых в этой фазе задач, вполне обосновано. Продолжительность этой фазы прыжка незначительна и варьируется по данным литературы в пределах 0,09–0,13 с [4, 9, 10].

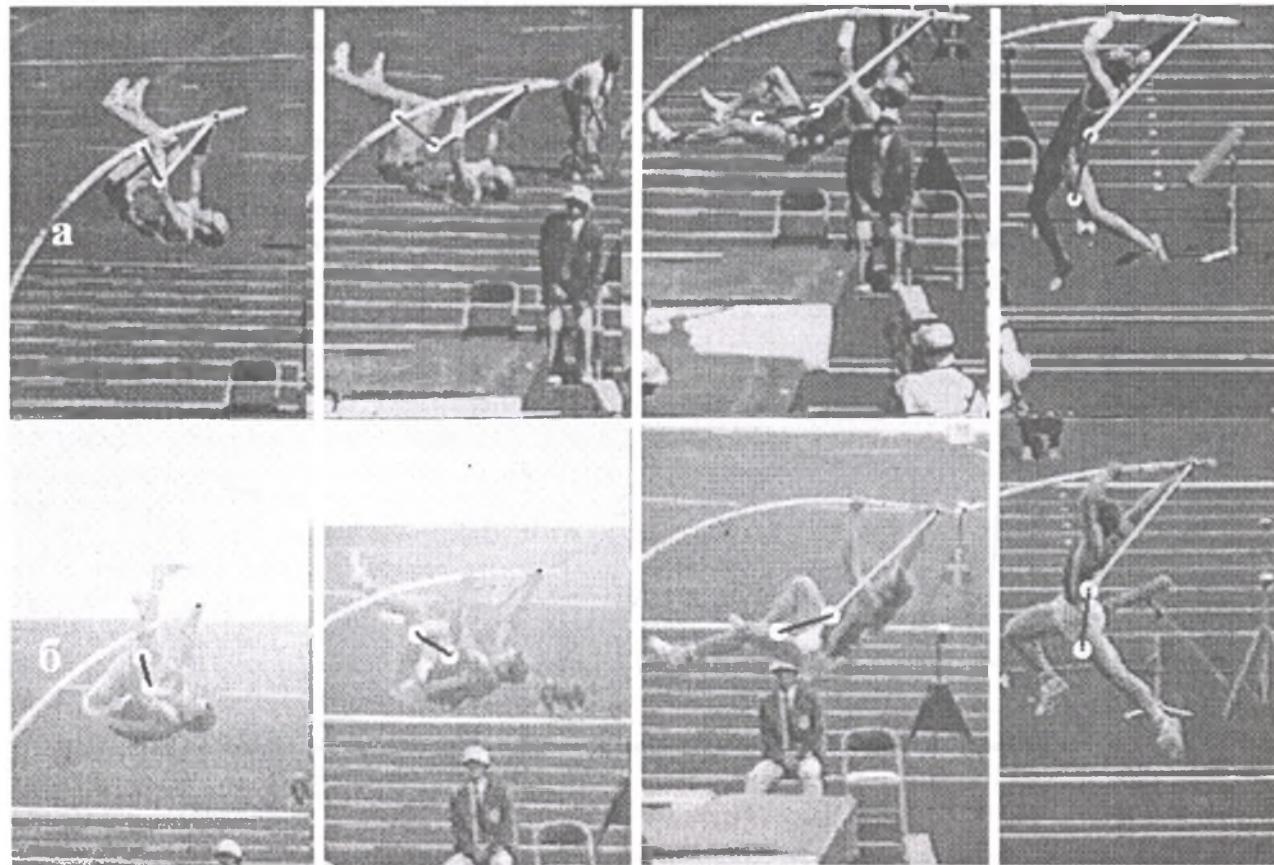
Последующая фаза «взмах» по времени наиболее продолжительная в опорной части прыжка [11] (таблица 1).

Таблица 1 – Абсолютные показатели длительности выполнения отдельных фаз опорной части прыжка с шестом [11, с. 94–105]

Фаза опорной части прыжка с шестом	Длительность ( $X_{ср} \pm \sigma$ , с)
Взмах	0,51±0,03
Разгибание	0,32±0,04
Подтягивание	0,19±0,02
Отжимание	0,25±0,04

Выделяют два способа выполнения движений фазы «взмах»: первый характеризуется последовательным перенесением оси вращения из кистей рук в ось плеч, второй – началом вращательного движения в тазобедренных суставах и постепенным перенесением его оси в плечевые суставы, места захвата за шест [12, 13]. При этом центры масс туловища и ног описывают различные траектории движений (рисунок 2).

Первый способ характеризуется длинным амплитудным движением всего тела вверх с достаточно ранним увеличением траектории в вертикальном



а – первый способ выполнения движений; б – второй способ выполнения движений; о – ОЦМТ туловища, ног спортсмена

Рисунок 2 – Два способа выполнения движений фазы «взмах»

## СПОРТ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ

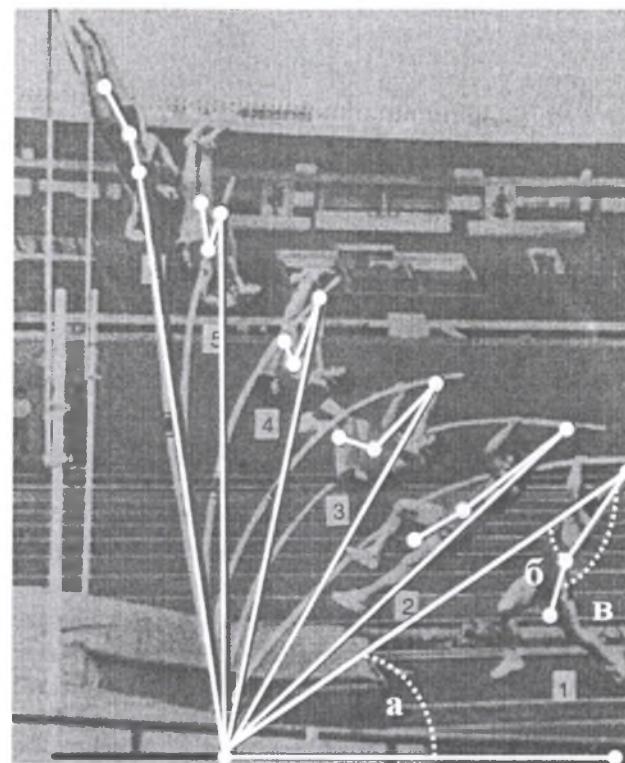
направлении общего центра масс тела (ОЦМТ) прыгуну и относительно большим рычагом колебательных движений. Данный способ предъявляет значительные требования к скоростно-силовым качествам мышц плечевого пояса спортсмена [9]. При этом некоторые прыгуны, стремясь увеличить скорость взмаха за счет некоторого укорочения маятника, сгибают в колене маховую ногу, другие опускают ее, увеличивая воздействие на сгибающийся шест [14].

На сегодняшний день большинство высококвалифицированных спортсменов применяют второй способ взмаха, при котором мах начинается с активного сгибания в тазобедренных суставах, что способствует движению ОЦМТ спортсмена по более пологой (чем в первом варианте) траектории. Подобная траектория имеет определенные преимущества в прыжках с шестом, что было подтверждено исследованиями в начале практики применения эластичных шестов [15]. При этом центробежные силы взмаха развиваются более постепенно, чем в первом варианте, расстояние от ОЦМТ туловища спортсмена до поверхности шеста также больше и ближе к проекции вектора силы разгибания шеста (рисунок 2), а достижение максимального показателя силы взмаха происходит позднее. Данные особенности выполнения фазы «взмах» препятствуют раннему разгибанию шеста и содействуют более эффективному использованию потенциальной энергии разгибающегося шеста.

С точки зрения величины прилагаемых усилий, оба способа выполнения фазы «взмах» неравнозначны. В первом способе плечевые суставы, расположенные ближе к оси вращения, всегда будут испытывать при движении большую нагрузку, чем удаленные от этой оси тазобедренные суставы [16]. В связи с этим целесообразно применять вариант техники, при котором взмах начинается с движений в тазобедренных суставах, а затем (в дополнение) в движение вступают плечевые суставы. При этом угловая скорость вращения тела прыгуну будет выше за счет сокращения длины маятника тела спортсмена (возникновение дополнительного момента инерции вращательного движения). Центробежные силы при данном варианте взмаха будут развиваться постепенно с достижением их максимума в конце движения, что положительно влияет на продвижение системы «прыгун – шест» по вертикали и способствует принятию удобного исходного положения прыгуном перед выполнением фазы «разгибание».

Основой техники маховых движений в прыжке с шестом является механика маятника. Таких маятников, по нашему мнению, три: первый образуется при вращении опущенного в ящик для упора шеста; второй – при вращении тела прыгунов вокруг кистей рук, плечевого пояса; третий – при вращении ног

спортсмена в тазобедренных суставах по отношению к туловищу (рисунок 3) [11]. Все три маятника сложно взаимодействуют между собой в зависимости от амплитуды движений спортсмена и угловых скоростей перемещения звеньев тела.



○ – ОЦМТ туловища, ног спортсмена;  
а – маятник «поверхность опоры шеста – шест»,  
б – маятник «шест – туловище спортсмена»,  
в – маятник «туловище спортсмена – ноги спортсмена»

Рисунок 3 – Маятники в прыжке с шестом

Выполнение движений фазы «взмах» в соответствии с требованиями техники (посредством горизонтальной составляющей усилий) способствует продвижению шеста вперед по вертикали [11, 17]. Продвижение эластичного шеста по вертикали не может осуществляться без участия горизонтальной составляющей усилий, а с другой стороны, этот показатель может быть критерием эффективности маховых движений при условии правильного распределения проявляемых усилий во времени. Прирост обеих составляющих усилий следует рассматривать не только как результат взаимодействия прыгунов с шестом в период передачи кинетической энергии разбега в потенциальную энергию упругой деформации шеста, но и как результат активных действий прыгунов в условиях упругой опоры [11].

Увеличение показателя горизонтальных усилий (как и вертикальной составляющей усилий) в прыжке с шестом связано с выполнением взмаха [11]. На большего значения этот показатель достигает к концу взмаха (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели техники движений опорной части прыжка с шестом в условиях применения комплекса тренажеров ( $X_{ср} \pm \sigma$ ) [11]

Техническое средство	Параметр		Значение	
Тренажер для обучения движениям взмаха на эластичном шесте	Максимальные значения силы ( $H$ ) взмаха и времени ее достижения (с)	Вертикальная составляющая	$H$	$878,85 \pm 101,78$
			$c$	$0,50 \pm 0,04$
Тренажер для обучения движениям заключительных фаз прыжка на эластичном шесте	Максимальные значения вертикальной составляющей силы ( $H$ ) в фазе и ее длительность (с)	Горизонтальная составляющая	$H$	$227,59 \pm 35,49$
			$c$	$0,41 \pm 0,04$
		Разгибание	$H$	$516,10 \pm 99,36$
			$c$	$0,30 \pm 0,04$
		Подтягивание	$H$	$388,65 \pm 84,30$
			$c$	$0,19 \pm 0,03$
		«Отжимание»	$H$	$205,88 \pm 60,07$
			$c$	$0,21 \pm 0,06$

Проведенный корреляционный анализ выявил высокую взаимосвязь величины показателя «максимальное значение вертикальной составляющей силы взмаха» (выраженного в процентном отношении к массе спортсмена) с величинами показателей: «превышение планки над захватом» ( $r=0,809$ ), «угловое положение туловища в конце взмаха» ( $r=0,866$ ), «угловое положение толчковой ноги в конце фазы «вз-замах» ( $r=0,862$ ), «угловое положение толчковой ноги в конце длинного маха» ( $r=0,828$ ), «угловое положение толчковой ноги в конце фазы «взмах» ( $r=0,846$ ) [11]. Выявлена также высокая степень взаимосвязи величин показателей «угловое положение туловища в конце взмаха» и «превышение планки над захватом» ( $r=0,863$ ). Данная взаимосвязь позволяет заключить, что уровень подъема туловища в конце фазы «взмах» благоприятно влияет на эффективность последующих движений спортсмена в опорной части прыжка, а также содействует более высоким значениям показателя «превышение планки над захватом» в связи с более выгодным исходным положением прыгуна перед разгибанием туловища вдоль шеста. Малую степень корреляционной взаимосвязи имеет величина показателя «общее время взмаха» с величиной показателя «превышение планки над захватом» ( $r=0,388$ ) [11].

Обнаружена высокая степень корреляционной взаимосвязи величины показателя «максимальное значение горизонтальной составляющей силы взмаха» с величинами показателей: «превышение планки над захватом» ( $r=0,813$ ), «угловое положение туловища в конце фазы «взмах» ( $r=0,874$ ), «угловое положение толчковой ноги в конце фазы «в-замах» ( $r=0,713$ ), «угловое положение толчковой ноги в конце длинного маха» ( $r=0,759$ ), «угловое положение толчковой ноги в конце фазы «взмах» ( $r=0,819$ ) [11]. Подобные тесные связи между величинами показателей техники выполнения фазы «взмах» и величиной, характеризующей эффективность движений в опорной части прыжка с шестом (превы-

шение планки над захватом), дают основания полагать, что наиболее эффективная техника движений в фазе «взмах» должна характеризоваться величиной развиваемых усилий при амплитудных движениях туловища и ног спортсмена в период маха.

Корреляционный анализ взаимосвязи показателя величины превышения планки над захватом с показателем величины вертикальных усилий в движениях заключительных фаз опорной части прыжка установил средние значения корреляции с фазами «разгибание» ( $r=0,603$ ) и «подтягивание» ( $r=0,562$ ), высокие значения – с фазой «отжимание» ( $r=0,735$ ) [11].

В момент разгибания шеста его кинетическая энергия через точки мест захвата (верхняя на месте захвата рука выпрямлена) воздействует на тело спортсмена и придает ему вертикальное ускорение [18, 19]. Одним из объективных критериев, позволяющих (в целом) определить степень оптимального воздействия спортсмена на эластичный снаряд в период его сгибания и эффективность взаимодействия спортсмена со снарядом в период его разгибания, является, на наш взгляд, показатель соотношения времени сгибания и разгибания шеста, который должен приближаться или быть равным единице.

Данные нашего анализа свидетельствуют, что прыгуны, имеющие отклонения от параметров рекомендуемого нами временного соотношения длительности сгибания-разгибания шеста в фазах периода сгибания шеста (в-замах, взмах), «загружают» шест менее эффективно [11]. Подобная тенденция наблюдается и при недостаточно эффективном использовании кинетической энергии в период разгибания шеста (разгибание, подтягивание и отжимание). Длительность периода разгибания шеста в этом случае сокращается [11]. Ошибки исполнения в указанных фазах при разгибании шеста неизбежно приводят к преждевременному и быстрому высвобождению потенциальной энергии согнутого спортсменом снаряда. При ошибках исполнения техники опорной части прыжка в обоих периодах действия шеста имеют место отклонения как в сторону увеличения продолжительности периода сгибания шеста, так и в сторону сокращения продолжительности этого периода.

#### Выводы

- При сравнительном анализе прыжков с использованием металлического и эластичного шестов выявлено, что усилия, проявляемые в прыжках с использованием эластичного шеста, характеризуются плавным возрастанием и убыванием, более продолжительным воздействием на опору, в то время как усилия, проявляемые в прыжке с прямым металлическим шестом, имеют пиковый и кратковременный характер. Различия в технике выполнения движений фазы «взмах» опорной части прыжка с использованием металлического прямого и эластичного шестов

# СПОРТ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ

наблюдаются из-за различий в условиях выполнения движений (свойствах опоры) и отражаются на траектории движения верхнего конца шеста.

2. При выполнении двумя различными способами движений фазы «взмах» опорной части прыжка с шестом центры масс туловища и ног описывают различные траектории движений. Способ взмаха, при котором мах начинается с активного сгибания в тазобедренных суставах, содействует движению ОЦМТ спортсмена по более пологой траектории, чем в варианте, при котором мах начинается с активного сгибания в плечевых суставах.

3. Целесообразно применять вариант техники выполнения фазы «взмах», при котором мах начинается с движений в тазобедренных суставах и продолжается в плечевых. Центробежные силы при данном варианте выполнения техники взмаха будут развиваться относительно постепенно с достижением их максимума в конце движения, что положительно влияет на продвижение системы «прыгун – шест» по вертикали и способствует принятию удобного исходного положения прыгуном перед выполнением фазы «разгибание».

4. Прирост значений величин горизонтальной и вертикальной составляющих усилий в прыжке с шестом следует рассматривать не только как результат взаимодействия прыгунов с шестом в период передачи кинетической энергии разбега в потенциальную энергию упругой деформации шеста, но и как результат активных действий прыгунов в условиях упругой опоры.

5. Выявлены высокие и средние значения корреляционной взаимосвязи между отдельными величинами биомеханических показателей движений опорной части прыжка (максимальное значение вертикальной и горизонтальной составляющей силы взмаха с величинами показателей: «превышение планки над захватом», «угловое положение туловища в конце взмаха», «угловое положение толчковой ноги в конце фазы «вис-замах», «угловое положение толчковой ноги в конце длинного маха», «угловое положение толчковой ноги в конце фазы «взмах»).

6. Прыгуны, имеющие отклонения от параметров рекомендованного нами временного соотношения длительности сгибания-разгибания шеста (1:1) в фазах периода сгибания шеста (вис-замах, взмах), меньше «загружают» шест, что приводит к неэффективному использованию кинетической энергии в период разгибания шеста (разгибание, подтягивание и отжимание).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Левинштейн, С.В. Обучение подростков и юношей технически сложным видам легкой атлетики (исследование техники и методики обучения юных прыгунов с шестом): автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / С.В. Левинштейн; ГЦОЛИФК. – М., 1961. – 29 с.

2. Мансветов, В.В. Анализ техники прыжка сильнейших прыгунов / В.В. Мансветов // Легкая атлетика. – 1975. – № 1. – С. 13.
3. Никонов, И.И. Прыжки: взаимосвязь физических качеств и техники / И.И. Никонов // Легкая атлетика. – 1982. – № 8. – С. 12–13.
4. Легкая атлетика: учебник 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.
5. Легкая атлетика: учебник / М.Е. Кобринский [и др.]; под общ. ред. М.Е. Кобринского, Т.П. Юшкевича, А.Н. Коннико-ва. – Минск: Тесей, 2005. – С. 203–215.
6. Никонов, И.И. Экспериментальные исследования взаимосвязи функциональных возможностей и уровня спортивной техники у юношей 17–19 лет (на примере прыжка с шестом): автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / И.И. Никонов; ГЦОЛИФК. – М., 1969. – 21 с.
7. Степин, Ю.В. Скоростно-силовая и техническая подготовка прыгунов с шестом различной квалификации на основе использования тренажерных устройств: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Ю.В. Степин. – М., 1984. – 145 с.
8. Петров, В.А. Техника прыжка с шестом / В.А. Петров // Легкоатлетические прыжки / А.П. Стрижак [и др.]. – Киев: Здоров'я, 1989. – С. 46–90.
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. Мансветов, В.В. Над планкой Сергей Бубка / В.В. Мансветов // Легкая атлетика. – 1983. – № 12. – С. 16–17.
11. 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.
12. Бойко, В.В. Прыжки в небо / В.В. Бойко, И.И. Никонов. – Минск: Польмя, 1990. – 96 с.
13. Назаров, А.П. Построение тренировочного процесса в прыжках с шестом на этапах предварительной подготовки и начальной спортивной специализации: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / А.П. Назаров. – М., 1998. – 127 с.
14. Мансветов, В.В. Прыгает Владимир Поляков / В.В. Мансветов // Легкая атлетика. – 1981. – № 12. – С. 16–17.
15. Муравьев, В.Н. Исследование взаимодействия спортсмена с опорой и обоснование целенаправленного изменения биодинамики в легкоатлетических локомоциях: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / В.Н. Муравьев; ГЦОЛИФК. – М., 1967. – 22 с.
16. Назаров, В.Т. Движения спортсмена / В.Т. Назаров. – Минск: Польмя, 1984. – 176 с.
17. Савиных, Б.А. Повышение эффективности обучения прыжку с шестом на начальном этапе подготовки юных прыгунов: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Б.А. Савиных; ГЦОЛИФК. – М., 1982. – 23 с.
18. Мансветов, В.В. Внимание, ошибки! / В.В. Мансветов // Легкая атлетика. – 1981. – № 3. – С. 18–19.
19. Мансветов, В.В. Прыжок с шестом: ритмовой анализ / В.В. Мансветов // Легкая атлетика. – 1973. – № 11. – С. 18.

27.06.2011