

УДК 796.41

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ОПОРНЫХ ГИМНАСТИЧЕСКИХ ПРЫЖКОВ

Ю.В. Шевчук (Красноярск, Россия)

Аннотация

Проблема и цель. Одним из наиболее эффективных путей управления процессом формирования и совершенствования сложных технических действий в процессе обучения спортсменов являются прицельные педагогические воздействия на элементы фазовой структуры разучиваемых упражнений, которую необходимо знать досконально. Фазовая структура гимнастических опорных прыжков разработана недостаточно полно, что предопределяет актуальность данного исследования.

Цель статьи – разработать фазовую структуру сложных опорных прыжков с определением периодов, стадий и фаз движения, а в последних – граничных положений и ведущих элементов.

Методологию исследования составляют комплекс инструментальных методов исследования, в частности использование современных видеокомпьютерных технологий, а также теоретический анализ и обобщение данных специальной литературы зарубежных и отечественных ученых и программных документов.

Результаты. Разработана фазовая структура опорных прыжков.

Заключение. Наиболее информативными показателями эффективности разбега являются скорость на последних 5 м разбега при выполнении опорных прыжков и результат тестового упражнения по бегу с высокого старта на дистанцию 20 м с максимальной скоростью. У высококвалифицированных гимнастов эти показатели имеют значения $7,89 \pm 0,49$ м/с и $7,97 \pm 0,32$ м/с.

Повышение скорости разбега улучшает биомеханические характеристики опорных прыжков. Прин-

ципально важным при этом является достижение оптимальной горизонтальной скорости к моменту начала контакта с мостиком.

Математическое ожидание горизонтальной скорости наскака на мостик при выполнении опорных прыжков прогрессирующей сложности у высококвалифицированных гимнастов составляет $7,8 \pm 0,21$ м/с, а у рядовых мастеров – $6,8 \pm 0,2$ м/с. Время полета при наскаке на мостик у элитных гимнастов варьирует в пределах $0,175–0,185$ с. Полное время полета после толчка руками у элитных гимнастов варьирует в пределах $1,01–1,02$ с.

Фазовая микроструктура опорных прыжков прогрессирующей сложности включает в себя 8 периодов: 1) разбег (опорно-безопорный, циклический); 2) толчок одной ногой (опорный); 3) полет до мостика (безопорный), 4) взаимодействие с мостиком в процессе толчка двумя ногами (опорный); 5) полет до стола (безопорный); 6) взаимодействие со столом в процессе толчка двумя руками (опорный); 7) основной полет (безопорный); 8) приземление. В каждом периоде выделяются 2 стадии (аккумуляции и рабочая), а в последних – по две фазы основных и завершающе-подготовительных действий. В фазах определяются граничные положения и ведущие элементы координации.

Предложенная в статье концепция фазовой структуры опорных прыжков апробирована.

Ключевые слова: опорный прыжок, структура, стадия аккумуляции и рабочая стадия, граничные положения, моменты координации, поза, место и ориентация тела спортсмена, суставные движения.

Опорные прыжки являются самостоятельным видом мужского и женского гимнастического многоборья. В настоящее время высококвалифицированные гимнасты выполняют следующие опорные прыжки:

– группа *переворотов*: переворот 1,5 сальто вперед в группировке, согнувшись и прогнувшись с поворотом от 180 до 900°, переворот 2,5

сальто вперед в группировке с поворотом на 180° и без (базовый прыжок переворот вперед);

– группа *Цукахара*: Цукахара + 1,5 и 2,5 сальто в группировке, согнувшись и прогнувшись с поворотами и без (базовый прыжок Цукахара);

– группа *Юрченко*: Юрченко + 1,5 и 2,5 сальто в группировке, согнувшись и прогнувшись с поворотами и без (базовый прыжок Юрченко) и др.

Постановка проблемы. Для успешного освоения техники опорных прыжков прогрессирующей сложности необходимо иметь адекватные представления об их фазовой структуре. Структурно-фазовый анализ спортивных упражнений рассматривается в ряде работ [Донской, 1971, с. 287; Дьячков, 1968, с. 17–25; Ратов¹, 1972, с. 45; Сучилин, 2010, с. 5–19; Koh, Jennings 2003, с. 36 и др.]. Однако фазовая структура гимнастических опорных прыжков прогрессирующей сложности разработана недостаточно полно [Аркаев, Сучилин, Савельев, 1996, с. 12–20; Сучилин², 1980; Koh, Jennings, 2007, с. 40].

Цель статьи – выявление адекватного состава и технической структуры опорного гимнастического прыжка.

Методология (материалы и методы). Методологическую основу исследования составляет анализ, связанный с разделением исследуемого объекта на составные части. Для этого могут быть использованы биомеханические, физиологические, психологические, педагогические и другие критерии. Объективность их возрастает в направлении от педагогических критериев к биомеханическим. В этой связи в данной работе мы используем последние. Первым критерием является механическое состояние тела гимнаста при выполнении опорных прыжков. Это состояние может быть опорным и безопорным. В соответствии с этим критерием в технической структуре опорного прыжка выделяются опорные и безопорные периоды движения. При выполнении беговых шагов в процессе разбега опорные и безопорные периоды чередуются, циклически повторяясь.

Вторым критерием является характер действия силы тяжести, которая всегда направлена вертикально вниз и которая может как ускорять, так и замедлять движение спортсмена. По критерию действия силы тяжести в опорных периодах опорных прыжков выделяются две стадии:

аккумуляции и рабочая. В стадии аккумуляции происходит накопление кинетической энергии при движении сверху вниз, в рабочей стадии накопленная кинетическая энергия расходуется на работу по подъему общего центра масс (ОЦМ) тела снизу вверх.

При выполнении движений типа отталкивания от снаряда ОЦМ гимнаста сначала перемещается сверху вниз, а затем снизу вверх. Система «гимнаст – снаряд» в начале заряжается потенциальной энергией упругой деформации, а затем она ее отдает. Потенциальная энергия переходит в кинетическую. Таким образом, при отталкиваниях от гимнастических снарядов в опорных периодах опорных прыжков имеются те же две стадии – аккумуляции и рабочая.

В безопорном положении единственной внешней силой, действующей на гимнаста в свободном полете, является сила тяжести. Она приложена к ОЦМ тела гимнаста, и момент ее относительно ОЦМ равен нулю. Сила тяжести не влияет на заданную от опоры горизонтальную скорость ОЦМ тела гимнаста в полете и его вращательное движение. В полете действует закон сохранения главного кинетического момента. Горизонтальная скорость ОЦМ тела гимнаста в свободном полете постоянна, а график вертикальной скорости представляет собой параболу. При движении ОЦМ по восходящей ветви траектории полета накопленная кинетическая энергия расходуется на работу по подъему ОЦМ тела гимнаста вверх против действия силы тяжести. Вертикальная скорость ОЦМ в этой стадии равномерно уменьшается с отрицательным ускорением $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ и становится равной нулю в верхней точке подъема ОЦМ в полете, называемой мертвой точкой. В этой точке вся кинетическая энергия движения по вертикали переходит в потенциальную.

При движении сверху вниз по нисходящей ветви параболической траектории полета вертикальная скорость ОЦМ растет по абсолютной величине и достигает максимума к моменту приземления. Кинетическая энергия движения тела гимнаста растет и достигает максимума перед касанием поверхности приземления.

¹ Ратов И.П. Исследование спортивных движений и возможностей управления изменениями их характеристик с использованием технических средств: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. М., 1972. 45 с.

² Сучилин Н.Г. Становление и совершенствование технического мастерства в упражнениях прогрессирующей сложности: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. М., 1980. 50 с.

Поступательное движение ОЦМ тела гимнаста в безопорном положении происходит независимо от его воли и действий. Оно полностью определяется механическим состоянием гимнаста в момент прекращения связи с опорой. Поэтому безопорный период опорных прыжков в целом целесообразно считать стадией реализации заданных от опоры механических условий полета.

При приземлении, начиная с момента касания поверхности приземления, действия спортсмена включают в себя те же две стадии. В первой ОЦМ движется вниз (стадия аккумуляции), а во второй – вверх (рабочая стадия).

Цель технических действий гимнаста в периоде приземления состоит в полной остановке движения. Гимнаст должен замереть в неподвижной позе. В стадии аккумуляции периода приземления происходят поглощение кинетической энергии системой «гимнаст – поверхность приземления», преобразование ее в энергию упругой деформации и тепло с последующей рекуперацией.

При безошибочном приземлении в «доскок» это достигается в процессе приседания, когда ОЦМ тела гимнаста замедленно движется вниз. Мышцы спортсмена при этом работают в краткосрочном уступающем режиме высокой мощности. Поэтому эту энергоемкую стадию приземления можно назвать *рабочей*. В нижней точке приседа уступающий режим работы мышц сменяется на преодолевающий. В этой стадии приземления ОЦМ гимнаста перемещается вверх, и все это заканчивается неподвижным положением в позе доскока.

Третьим критерием разделения стадий движения на части является комплексное изменение направления управляющих суставных движений (например, закончилось разгибание и начинается сгибание или наоборот). Признаком фазового перехода являются точки перегиба на графиках изменения величин суставных углов во времени или изменение их знака.

Это происходит не всегда одновременно во всех суставах. Поэтому в определенных пространственно-временных интервалах образуются зоны фазового перехода, в которых выделяются характерные граничные положения,

используемые для педагогического контроля в процессе технической подготовки гимнастов.

По третьему критерию в стадиях движения выделяются фазы, разделяемые граничными положениями, характеризующиеся местом и ориентацией тела гимнаста в пространстве, а также его позой. Каждая стадия обычно делится на две фазы: основных и завершающих действий. При этом последняя фаза имеет дуалистический смысл: она является завершающей по отношению к данной стадии и одновременно подготовительной по отношению к следующей. Поэтому вторая фаза в каждой стадии называется завершающе-подготовительной.

В каждой фазе имеется свой ведущий элемент координации, который может быть определен на биомеханическом, физиологическом, психологическом и педагогическом уровнях. В соответствии с развиваемой нами концепцией мы используем педагогико-биомеханические определения ведущего элемента.

Согласно канонизированному определению ведущий элемент координации предопределяет развитие управляющего действия в конкретной фазе движения, придает ему специфическую форму и характер и определяет его структуру. Он играет пусковую роль в межмышечной координации, а при развитии максимальных усилий служит средством наращивания быстроты мышечных сокращений [Дьячков, 1968, с. 17–25; Дьячков, Сучилин, Федяев, Селиванова, 1980, с. 99–130; Ипполитов³, 1969].

Таким образом, установлено, что техническая структура гимнастических опорных прыжков включает в себя три соподчиненных уровня – периоды, стадии, фазы. В фазах определяются граничные положения и ведущие элементы. Такой подход позволяет существенно детализировать и упорядочить описание и анализ техники исполнения.

В быстропротекающих спортивных движениях типа отталкивания от опоры фазы могут проявляться неявно или вовсе отсутствовать.

³ Ипполитов Ю.А. Исследование биомеханических характеристик гимнастических упражнений и путей изменения их структуры: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1969. 21 с.

В соответствии с вышеуказанными критериями в опорных прыжках выделяется 8 периодов: 1) разбег (опорно-безопорный, циклический); 2) толчок одной ногой (опорный); 3) полет до мостика (безопорный); 4) взаимодействие с мостиком в процессе толчка двумя ногами (опорный); 5) полет до стола (безопорный); 6) взаимодействие со столом в процессе толчка двумя руками (опорный); 7) основной полет (безопорный); 8) приземление (опорный).

Проанализируем эти периоды по порядку.

Период I. Разбег

Происходит накопление кинетической энергии. Структура беговых шагов здесь не рассматривается, т.к. это является предметом самостоятельного исследования.

В разбеге можно выделить следующие части: 1) стартовый разгон; 2) стабилизация скорости и 3) подготовка к толчку ногой.

Наиболее информативными показателями эффективности разбега является скорость на последних 5 м разбега при выполнении опорных прыжков и тестового упражнения – бег с высокового старта на дистанцию 20 м с максимальной скоростью. У высококвалифицированных гимнастов эти показатели имеют значения $7,89 \pm 0,49$ м/с и $7,97 \pm 0,315$ м/с (средняя скорость на последних 5 м разбега \pm стандартное отклонение при $n=12$).

Модельная характеристика времени бега на 20 м в мужской сборной России составляет 3 с. Этот показатель при обследовании СФП мужской сборной колеблется в пределах 2,8–3,3 с. В педагогическом плане необходимо отметить высокую консервативность этих показателей. Выявлено, что повышение скорости разбега в целом улучшает биомеханические характеристики опорных прыжков (возрастают время основного полета и его высота). Принципиально важным является не уменьшение времени разбега, а достижение оптимальной горизонтальной скорости в момент начала контакта с мостиком. Увеличение скорости разбега бесполезно в случае торможения перед мостиком.

Период II. Толчок одной ногой

Происходит первая редакция скорости ОЦМ тела гимнаста. Он включает в себя две стадии:

аккумуляции и рабочую (собственно отталкивание от опоры). При этом выделяются следующие граничные положения:

- момент постановки толчковой ноги на опору;

- момент максимального приближения ОЦМ к опоре (максимальное сгибание в голеностопных, коленных и тазобедренных суставах);

- момент прекращения контакта с опорой.

Период III. Наскок на мостик (1-й полет)

Представляет собой стадию реализации толчка ногой. В этом периоде выделяются следующие граничные положения:

- момент прекращения контакта с мостиком;

- мертвая точка (высшая точка вылета ОЦМ);

- момент возникновения контакта с мостиком.

Установлено, что математическое ожидание среднего значения горизонтальной скорости наскака на мостик при выполнении опорных прыжков прогрессирующей сложности у высококвалифицированных гимнастов составляет – $7,8 \pm 0,21$ м/с, а у рядовых мастеров – $6,8 \pm 0,2$ м/с. У членов мужской сборной РФ при качественном исполнении соревновательных прыжков этот показатель достигает 8 м/с.

Время полета при наскоке на мостик у высококвалифицированных гимнастов варьирует в пределах 0,13–0,23 с. У элитных гимнастов время наскака на мостик варьирует в пределах 0,175–0,185 с.

Выявлено, что при абсолютной высоте подъема ОЦМ в наскоке $> 0,25$ м качество исполнения прыжка в целом существенно ухудшается. Рост сложности прыжков существенно не отражается на абсолютной высоте подъема ОЦМ при наскоке на мостик.

Период IV. Толчок ногами о мостик

Происходит вторая редакция скорости ОЦМ тела гимнаста (уменьшается горизонтальная и возникает вертикальная). Он включает в себя 2 стадии:

- аккумуляция (ОЦМ движется вниз, происходит накопление потенциальной энергии упругой деформации мостика и мышц гимнаста);

- рабочая (ОЦМ движется вверх, происходит отталкивание от опоры, накопленная потен-

циальная энергия упругой деформации системы переходит в кинетическую энергию движения гимнаста).

Граничные положения:

- момент возникновения контакта с мостиком;
- момент остановки движения ОЦМ вниз (мертвая точка, максимальная деформация мостика);
- момент потери контакта с мостиком.

Время взаимодействия с мостиком у высококвалифицированных гимнастов варьирует в пределах 0,091–0,123 с, а при выполнении сложных прыжков – в пределах 0,1049–0,1083 с.

Стадия аккумуляции (ОЦМ движется вниз) у членов национальной сборной длится порядка 0,035 с, а рабочая стадия (собственно отталкивание ногами) – 0,067 с.

Ноги обычно ставятся на мостик параллельно на расстоянии 0,08–0,10 м между ступнями. В

сложных прыжках «Цукаха с поворотом» нога, одноименная направлению поворота тела, в некоторых случаях выводится несколько вперед, что не является ошибкой.

Период V. Наскок на стол (2-й полет после толчка ногами)

В этом периоде выделяются следующие граничные положения:

- момент потери контакта с мостиком;
- мертвая точка (высшая точка вылета);
- момент начала контакта со столом.

Выявлено, что траектория ОЦМ тела гимнаста и график его вертикальной скорости в полете после толчка ногами о мостик представляют собой восходящую ветвь параболы, в зоне которой на взлете ОЦМ при хорошем исполнении происходит контакт со столом.

Кинематические характеристики полета после толчка ногами при выполнении сложного опорного прыжка представлены в таблице.

Кинематические характеристики полета после толчка ногами при выполнении сложного опорного прыжка

Kinematic characteristics of the flight after the push of the feet when performing a complex support jump

Название опорного прыжка	Перемещение ОЦМ, м		Скорость ОЦМ, м/с		Угол вылета, град.
	горизонтальное	вертикальное	горизонтальная	вертикальная	
Переворот – 1,5 сальто вперед в группировке	0,8	1,25	3,3	5,0	30

Период VI. Толчок руками о стол

В результате взаимодействия со столом происходит третья редакция скорости движения ОЦМ тела гимнаста (существенно уменьшается горизонтальная и увеличивается вертикальная). Он включает в себя 2 стадии:

– аккумуляция (ОЦМ движется вниз, происходит переход накопленной в полете кинетической энергии в потенциальную энергию упругой деформации стола и опорно-двигательного аппарата гимнаста);

– рабочая (гимнаст активно отталкивается от опоры руками, ОЦМ движется вверх, накопленная потенциальная энергия системы упругой деформации «гимнаст – стол» переходит в кинетическую энергию движения гимнаста).

В технической структуре движения выделяются следующие граничные положения:

- момент начала контакта со столом;
- мертвая точка (максимальная деформация поверхности стола);
- момент потери контакта со столом.

Полное время контакта рук со столом у высококвалифицированных спортсменов варьирует в пределах 0,104–0,173 с. У элитных спортсменов – в пределах 0,108–0,109 с. Время стадии амортизации и рабочей стадии у них приблизительно равно. Установлено, что прекращение связи со столом (отход) при качественном выполнении сложных опорных прыжков во всех случаях происходит при ориентации продольной оси тела гимнаста, близкой к вертикальной.

Период VII. Основной полет

Представляет собой стадию реализации заданных от опоры механических условий полета и включает две неуправляемых стадии:

- аккумуляция (ОЦМ движется вверх, потенциальная энергия тела гимнаста увеличивается);
- рабочая (ОЦМ движется вниз, накопленная потенциальная энергия тела гимнаста переходит в кинетическую).

В полете выделяются следующие фазы:

- выполнение требуемой формы движения;
- подготовка к приземлению (выпрямление тела).

Граничные положения:

- момент потери контакта со столом;
- момент фиксации доминирующей позы в полете;
- мертвая точка (высшая точка подъема ОЦМ);
- момент начала выпрямления тела в полете;
- момент начала контакта с поверхностью приземления.

Современные опорные прыжки развиваются в этом периоде. Их сложность определяется с помощью стартовых оценок, присвоенных каждому конкретному прыжку техническим комитетом Международной федерации гимнастики (FIG). Биомеханическая сложность основного полета опорного прыжка определяется с помощью следующих критериев:

- угол поворота продольной оси тела вокруг поперечной в полете (полсальто – 180° , полтора сальто – 540° , два с половиной сальто 900°). Этот критерий определяет порядок сложности вращения по сальто;

- величина момента инерции тела гимнаста относительно его поперечной (фронтальной) главной центральной оси инерции, обусловленная доминирующей позой в полете (группировка – 4 кгм^2 , согнувшись – 7 кгм^2 , прямое тело – 12 кгм^2)⁴. Этот критерий определяет уровень сложности по сальто;

- угол поворота тела гимнаста вокруг его продольной оси в полете (от 180° до 1260°). Этот критерий определяет уровень винтовой сложности.

⁴ Приведены данные, рассчитанные нами для субъекта с ростом 173 см и весом 72,5 экспериментально-аналитическим методом.

Установлено, что время основного полета при выполнении сложных опорных прыжков, полное время полета после толчка руками у высококвалифицированных гимнастов варьирует в пределах 0,854–1,015 с. У элитных гимнастов оно варьирует в пределах 1,01–1,02 с. При выполнении простого прыжка переворот вперед время полета меньше: 0,72–0,87 с.

Период VIII. Приземление

Включает в себя 2 стадии:

- амортизация (ОЦМ тела гимнаста движется вниз, происходят поглощение и рассеивание накопленной в полете кинетической энергии тела гимнаста системой «гимнаст – поверхность приземления»);
- финал (выпрямление тела, ОЦМ движется вверх с остановкой в позе «доскока»).

Граничные положения:

- момент касания поверхности приземления;
- момент остановки движения ОЦМ вниз (мертвая точка);
- момент фиксации позы доскока (стойка руки вверх в стороны)⁵.

Выявлено, что стопы ног касаются поверхности приземления на расстоянии 0,2–0,4 м спереди от проекции ОЦМ на горизонтальную плоскость. При высококачественном выполнении прыжков взаимосвязи между их типом и величиной ординаты ОЦМ (над поверхностью приземления) в момент касания поверхности приземления не обнаружено.

При выполнении прыжков прогрессирующей сложности типа «переворот» среднее значение ординаты ОЦМ в данный момент у мужчин составляет $0,72 \pm 0,11$ м. При этом расстояние по горизонтали от точки касания поверхности приземления до проекции ОЦМ на горизонтальную плоскость в среднем соответственно составляет $0,3 \pm 0,2$ м.

Выявлено, что своего максимального значения абсолютная скорость ОЦМ достигает в момент наскока на мостик, после чего она нелинейно уменьшается. По достижении минимума

⁵ В случае если скорость не погашена до нуля и движение тела не остановлено, гимнаст при приземлении совершает технические ошибки (шаги, пробежка, падение), за что и наказывается судьями по правилам соревнований.

в высшей точке подъема ОЦМ в полете после толчка руками абсолютная скорость вновь начинает расти. Однако своего первоначального значения к моменту приземления она не достигает.

Выявлено также, что наибольшее по абсолютной величине вертикальное ускорение ОЦМ развивается в период приземления в стадии амортизации. Оно примерно в полтора раза больше, чем в период взаимодействия с мостиком. В период взаимодействия со столом оно наименьшее.

Результаты исследования, выводы. С использованием биомеханических критериев выявлена микрофазовая структура опорных прыжков прогрессирующей сложности. Она включает в себя три соподчиненных уровня – периоды, стадии, фазы. В фазах определяются граничные положения и ведущие элементы, что позволяет существенно упорядочить описание и анализ спортивной техники.

В быстро протекающих движениях типа отталкивания от опоры фазы могут проявляться неявно или вовсе отсутствовать.

Техническая структура сложных опорных прыжков включает в себя 8 периодов: 1) разбег (опорно-безопорный, циклический); 2) толчок одной ногой (опорный); 3) полет до мостика (безопорный); 4) взаимодействие с мостиком в процессе толчка двумя ногами (опорный); 5) полет до стола (безопорный); 6) взаимодействие со столом в процессе толчка двумя руками (опорный); 7) основной полет (безопорный); 8) приземление. В каждом периоде выделяются 2 стадии (аккумуляции и рабочая), а в последних – по две фазы основных и завершающе-подготовительных действий (как правило).

Авторский вклад. Разработана и апробирована фазовая структура опорных прыжков в спортивной гимнастике.

Библиографический список

1. Аркаев Л.Я., Сучилин Н.Г., Савельев В.С. Педагогико-биомеханический анализ техники спортивных движений на основе программно-аппаратного видеокомплекса // Теория и практика физической культуры. 1996. № 4. С. 12–20.
2. Гросс Х.Х. Методология педагогической кинезиологии. Тематическая терминология: учебный материал. Таллин, 1983. Ч. 1. 55 с.
3. Гросс Х.Х. Педагогическая кинезиология – новое направление в педагогике и биомеханике // Теория и практика физической культуры. 1976. № 9. С. 7–8; № 11. С. 9–11.
4. Донской Д.Д., Зацюрский В.М. Биомеханика: учебник для институтов физкультуры. М.: ФиС, 1979. 263 с.
5. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. М.: ФиС, 1971. 287 с.
6. Донской Д.Д. О путях биомеханического обоснования спортивной техники // Принципиальные вопросы биомеханического анализа спортивных двигательных действий: сб. науч. тр. МОГИФК, 1986. Малаховка, 1987. С. 20–25.
7. Дьячков В.М. Исследование ведущих элементов и фаз движений и их отражение в ритме технически сложных видов спорта // Проблемы высшего спортивного мастерства: сб. науч. тр. ВНИИФК. М., 1968. С. 17–25.
8. Дьячков В.М., Сучилин Н.Г., Федяев Ю.А., Селиванова Т.Г. Основы спортивно-целевого перспективно-прогностического программирования процесса совершенствования технического мастерства высококвалифицированных спортсменов // Проблемы высшего спортивного мастерства: сб. науч. тр. ВНИИФК. М., 1980. С. 99–130.
9. Исследование биомеханической структуры взаимодействия с опорой и действий в полете на основе инновационных технологий и обоснование эффективной техники отталкиваний в спортивной гимнастике: методические рекомендации / Сучилин Н.Г., Хасин Л.А.; НИИТ МГАФК; ФСГР. М.: Советский спорт, 2013. Вып. 2. 40 с.
10. Родионенко А.Ф., Сучилин Н.Г., Шевчук Ю.В. Биомеханические основы спортивной техники // Гимнастика: теория и практика: методическое приложение к журналу «Гимнастика». М.: Советский спорт, 2011. Вып. 2. 96 с.

11. Сучилин Н.Г., Шевчук Ю.В. Параметры центрального эллипсоида инерции тела человека в различных позах // Вестник СибГАУ. 2011. № 7 (40).
12. Сучилин Н.Г. Техническая структура гимнастических упражнений. Гимнастика: теория и практика: методическое приложение к журналу «Гимнастика» / Федерация спортивной гимнастики России. М.: Советский спорт, 2010. Вып. 1. С. 5–19.
13. Хасин Л.А. и др. Исследование биомеханической микроструктуры сложнокоординационных двигательных действий высшей сложности на основе высокоскоростной видеосъемки и математического моделирования и эффективная методика их формирования и совершенствования до уровня высшей спортивной результативности спортсменами высшей квалификации: отчет о НИР МГАФК НИИТ. Малаховка, 2013. № гос. регистрации 0120374167.
14. Шевчук Ю.В., Сучилин Н.Г. Исследование движения тела спортсмена в безопорном периоде спортивных упражнений // Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева. 2014. № 1 (27): Психолого-педагогические науки. С. 140–145.
15. Шевчук Ю.В., Сучилин Н.Г. Ориентация главных центральных осей инерции тела человека при произвольном изменении позы в безопорном положении // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2013. № 8 (136). С. 205–209.
16. Шевчук Ю.В. Технические ошибки. Ч. 2 // Гимнастика: теория и практика: методическое приложение к журналу «Гимнастика». М.: Советский спорт, 2013. Вып. 3. 88 с.
17. Biesterfeld H.J., Jr. Twisting Mechanics I. // *Gymnast*. 1974. No. 16 (4). P. 28–31.
18. Irwin G., Kerwin D.G. Inter-segmental coordination in progressions for the longswing on high bar. *Sports Biomech*. 2007. May. 6(2). P. 131–44.
19. Koh M.T., Jennings L.S. Dynamic optimization: inverse analysis for the Yurchenko layout vault in women's artistic gymnastics // *J Biomech*. 2003. Aug. 36(8). P. 1177–83.
20. Koh M., Jennings L. Strategies in preflight for an optimal Yurchenko layout vault / *J Biomech*. 2007. 40(6). P. 1256–61.
21. Poinso L. *Theory nouvelle de la rotation des corps*. Paris, 1834. 250 p.
22. Yedon M.R. *The mechanics of twisting somersaults*. D. Loughborough University of Technology. 1984. 533 p.

STRUCTURAL-PHASE ANALYSIS OF GYMNASTIC VAULTS

Yu.V. Shevchuk (Krasnoyarsk, Russia)

Abstract

Problem and Purpose. One of the most effective ways of monitoring the process developing and perfecting complex actions in training sportsmen is to target pedagogic influence at the elements of the mastered exercises phase structure which must be brought to perfection. However, the phase structure of gymnastic vaults is not sufficiently studied and developed so far, this fact predetermines the topical character of this research.

The Purpose of the article is to study and further develop the phase structure of complex vaults defining the periods, stages and phases of movements, and as for the latter components the author also tried to determine the bordering-line positions of the main elements.

Methodology of the research is based on a complex of instrumental methods of studying, in particular, on the usage of modern computer technologies as well as theoretic analysis and data generalization of special foreign and domestic scholars and program documents.

Results. The author developed a phase structure of gymnastic vaults.

Conclusion. The most informative indicators of the effectiveness of the run-up is the speed at the final 5 metres of the run-up before jumping on the horse, and the result of the test running for 20 metres at the maximum speed. Highly qualified gymnasts develop the speed of 7.89m/s and 7.97m/s. Raising the speed of the run-up improves the biochemical characteristics of vaults. It is

of primary importance that the optimal horizontal speed is achieved by the moment of contacting the beat-board. The maximum horizontal speed at the moment of mounting the board fulfilling the vaults of high complexity is 7.8 for highly qualified gymnasts, and 6.8 for average gymnasts. The time of the flight at the moment of contacting the board is varied within the limits of 0.175 – 0.185sec. The full time of the second flight (after contacting the table) is varied from 1.01 to 1.02sec. for elite gymnasts.

The phase structure of vaults with progressing complexity includes 8 periods: 1) run-up (support-unsupported, cyclic); 2) push with one foot (support); 3) first flight up to mounting the beat-board (unsupported); 4) contacting the board in the process of push with two legs (support); 5) the second flight up to contacting the table (unsupported); 6) interaction with the table in the process of push with two hands (support); 7) main flight (unsupported), 8) landing.

In each period there are two stages (accumulation and working), and in the last two periods there are two phases of the main and finishing-preparatory actions. In the phases boundary positions and main elements of coordination are distinguished.

The concept of phase structure of vaults suggested in the article passed a practical evaluation test.

Keywords: *vault, structure, stage of accumulation and working stage, boundary positions, coordination moments, pose, athlete's body orientation, joint movements.*

References

1. Arkaev L.Ya., Suchilin N.D., Savelyev B.C. Pedagogical and biomechanical analysis of sports movements technique on the basis of software and hardware video complex // Theory and practice of physical culture. 1996. No. 4. P. 12–20.
2. Gross H.H. Methodology of pedagogical kinesiology. The theme of Korea terminology: the Educational material. Tallinn, 1983. P. 1. 55 p.
3. Gross H. Kh. Pedagogical kinesiology—a new direction in pedagogy and biomechanics // Teor. and practice. physical. cult. M., 1976. No. 9. P. 7–8; No. 11. P. 9–11.
4. Donskoy D.D., Zaciorskiy V.M. Biomekhanika. Studies of physical education institutes. M.: FIS, 1979. 263 p.
5. Donskoy D.D. Biomechanics with the basics of sports equipment. Moscow: FIS, 1971. 287 p.
6. Donskoy D.D. On the ways of biomechanical substantiation of sports equipment // Fundamental issues of biomechanical analysis of sports motor actions: Sat. nauch. Tr., MAGIC, 1986. Malakhovka, 1987. P. 20–25.
7. Dyachkov V.M. Research of the leading elements and phases of movements and their reflection in the rhythm of technically complex sports // Problems of the highest sports skill: col. of scien. works. VNIIFK. M., 1968. P. 17–25.
8. Diachkov V., Suchilin N.G., Fedyayev Y.A., Selivanova T.G. fundamentals of sports-targeted perspective-prognostic programming process of improving the technical skills of elite ath-

- letes of the highest sports skill: Sa. scientific. Tr. VNIIFK. M., 1980. P. 99–130.
9. Research of biomechanical structure of interaction with support and actions in flight on the basis of innovative technologies and justification of effective technique of repulsions in gymnastics: methodical recommendations. Issue 2 / Suchilin N.G., Hasin L.A.; NIIT MGAFK; FSHR. M.: Soviet sport, 2013. 40 p. with silt.
 10. Rodionenko A.F., Suchilin N.G., Shevchuk Y.V. Biomechanical principles in sports // *Gymnastics: theory and practice: a methodological supplement to the journal «Gymnastics»*. M.: Soviet sport, 2011. Is. 2. 96 p.
 11. Suchilin N.G, Shevchuk Yu.V. Parameters of the Central ellipsoid of inertia of the human body in various poses // *Vestnik SibGAU*. 2011. № 7 (40).
 12. Suchilin N. G. The technical structure of gymnastics exercises. *Gymnastics: theory and practice: a methodological Supplement to the journal «Gymnastics» /Federation of sports gymnastics of Russia*. M.: Soviet sport, 2010. Is. 1. S. 5–19.
 13. Hasin L.A. et al. Research of biomechanical microstructure of complex motor actions of the highest complexity on the basis of high-speed video and mathematical modeling and effective method of their formation and improvement to the level of the highest sports performance by highly qualified athletes /report on research. / MGAFK OF NIIT. Malakhovka, 2013. № state registration 0120374167
 14. Shevchuk Yu.V., Suchilin N.D. Study of the body movement of the athlete in the unsupported period of sports exercises // *Herald of the KSPU named after V.P. Astafiev*. 2014. №1 (27): Psychological and pedagogical sciences. P. 140–145.
 15. Shevchuk Yu.V., Suchilin N.D. Orientation of the main central axes of inertia of the human body in case of an arbitrary change of posture in a unsupported position // *Bulletin of the Tomsk State Pedagogical University*. 2013. No. 8 (136). P. 205–209.
 16. Shevchuk Yu.V. Technical errors. P. 2 // *Gymnastics: theory and practice: methodical appendix to the magazine «Gymnastics»*. M.: Soviet sport, 2013. Is. 3. 88 p.
 17. Biesterfeld H.J., Jr. Twisting Mechanics I. // *Gymnast*. 1974. No. 16(4). P. 28–31.
 18. Irwin G., Kerwin D.G. Inter-segmental coordination in progressions for the long-swing on high bar. *Sports Biomech*. 2007. May. 6(2). P. 131–44.
 19. Koh M.T., Jennings L.S. Dynamic optimization: inverse analysis for the Yurchenko layout vault in women's artistic gymnastics // *J Biomech*. 2003. Aug. 36(8). P. 1177–83.
 20. Koh M, Jennings L. Strategies in preflight for an optimal Yurchenko layout vault. *J Biomech*. 2007. 40(6). P. 1256–61.
 21. Poinot L. *Theory nouvelle de la rotation des corps*. Paris, 1834. 250 p.
 22. Yedon M.R. *The mechanics of twisting somersaults (1984) Ph.D.* Loughborough University of Technology. 533 p.