

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПОДГОТОВКЕ  
СПОРТСМЕНОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ И СПОРТИВНОГО  
РЕЗЕРВА

УДК 796.012

КОМПЬЮТЕРНЫЙ СИНТЕЗ ДВИЖЕНИЙ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ  
СИСТЕМЫ С ЗАДАНИЕМ УПРАВЛЯЮЩИХ ФУНКЦИЙ НА  
ДИНАМИЧЕСКОМ УРОВНЕ

В.И.Загревский<sup>1,2</sup>, Д.А.Лавшук<sup>1</sup>, О.И.Загревский<sup>2,3</sup>

(<sup>1</sup>Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова, г.  
Могилев, Республика Беларусь)

(<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный  
университет, г. Томск, Россия)

(<sup>3</sup>Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия)

**Аннотация.** В статье рассматривается один из методов биомеханики – синтез техники спортивных упражнений. Показано, что метод позволяет на основе математической модели движения биомеханической системы, по заданным начальным условиям движения и динамике управляющих моментов мышечных сил, синтезировать траекторию биосистемы.

**Ключевые слова.** Биомеханическая система, синтез движений, управляющие функции.

Представление спортсмена о технике упражнения формируется обычно в виде модели кинематической структуры: поз и положений биомеханической системы (БС) на границах фаз двигательного действия [1, 2]. Кинематическое управление движением биомеханической системы реализуется ансамблем сгибательно-разгибательных движений спортсмена в суставах. За экстремальные значения кинематического управления в отдельных фазах упражнения можно принять соответствующие разности ориентации звеньев тела спортсмена (обобщенные координаты -  $\varphi_i$ ) в узловых точках границы фаз упражнения. Управляющие воздействия ( $U_i$ ), формируемые в вычислительном эксперименте на компьютере в виде разности обобщенных координат ( $U_i = \varphi_{i+1} - \varphi_i$ ), отражают процесс сгибательно-разгибательных движений спортсмена в суставах и представляют собой подкласс управлений на *кинематическом уровне* [2].

Способ формирования программного управления в виде управляющих моментов мышечных сил, заданных на всей синтезируемой

траектории движения биосистемы, имеет название – синтез управляющих воздействий на *динамическом уровне* [2]. В практике биомеханических исследований задание программного управления в виде функций силового воздействия спортсмена на биомеханику сгибательно-разгибательных движений в суставах является менее распространенным, чем синтез движений в вычислительном эксперименте с программным управлением на кинематическом уровне. В биомеханике спорта известно несколько работ, в которых реализована идея синтеза движений спортсмена на динамическом уровне [2, 3, 4].

В выполненном нами исследовании проведена серия вычислительных экспериментов на компьютере с формированием управляющих воздействий на динамическом уровне. Для динамического уровня задания программного управления использовался математический аппарат и математическая модель движения трехзвенной неразветвленной биомеханической системы в условиях опоры, в которой управляющими функциями являлись программные законы изменения управляющих моментов мышечных сил в суставах спортсмена [2].

Содержательно-смысловая трактовка целевой направленности вычислительных экспериментов сводилась к решению задачи определения адекватности методов кинематического и динамического уровня формирования управляющих воздействий в конструировании движений в вычислительном эксперименте на компьютере. План экспериментов включал следующие условия их проведения и этапы:

1. Синтезировать в условиях опоры (гриф перекладины) вращательное движение спортсмена из исходного положения «Вис на перекладине» в конечное положение «Стойка на руках» с сохранением выпрямленного положения на всей траектории движения.

2. Поставлена двигательная задача - сохранить взаимное положение звеньев тела спортсмена (звенья тела атлета располагаются на одной прямой) на всей траектории моделируемого упражнения. Кинематический уровень формирования программного управления реализует эту двигательную задачу управляющими функциями вида:  $U_i = \varphi_{i+1} - \varphi_i = 0$ .

3. Для начальных условий движения математическая формулировка ориентации и угловой скорости звеньев модели заключается в их соответствующей формализации

$$\begin{cases} \varphi_1 = 270^0, & \varphi_2 = 270^0, & \varphi_3 = 270^0; & \text{Обобщенные координаты;} \\ \dot{\varphi}_1 = 6 \text{ рад} / \text{с}, & \dot{\varphi}_2 = 6 \text{ рад} / \text{с}, & \dot{\varphi}_3 = 6 \text{ рад} / \text{с}; & \text{Обобщенная скорость.} \end{cases}$$

3. Решить задачу синтеза движения трехзвенной модели биомеханической системы с условиями пунктов 1, 2 с использованием кинематического уровня организации управляющих воздействий.

4. Определить, по материалам решения задачи 3, требуемые для сохранения выпрямленного положения тела спортсмена, управляющие моменты мышечных сил в плечевых и тазобедренных суставах гимнаста.

5. Решить задачу синтеза движения трехзвенной модели биомеханической системы с условиями пунктов 1, 2 с использованием динамического уровня организации управляющих воздействий по материалам 4-го этапа вычислительных экспериментов.

6. Сопоставить траектории движения БС в экспериментах с кинематическим и динамическим уровнем формирования управляющих воздействий, дать им биомеханическую и педагогическую оценку.

В проведенной серии вычислительных экспериментов шаг интегрирования математической модели равнялся 0,001 с. Программное управление обеспечивало неизменное взаимное расположение звеньев модели для каждого момента времени, в том числе и для каждой временной точки шага интегрирования. Результаты вычислений подавались на лист выдачи через каждые 0,06 с. Количество точек траектории заранее не указывалось, так как их число было неизвестным. Для обеспечения требований условия конечного положения звеньев модели («Стойка на руках») последний шаг интегрирования был переменным и подбирался в соответствии с выполнением краевых условий движения на правом конце траектории. Момент силы трения был положен равным нулю на всей траектории движения.

Результаты вычислительных экспериментов положительно ответили на вопрос о соответствии траекторий БС, полученных различными методами синтеза движения биомеханической системы. Доказана адекватность применения кинематического и динамического уровней формирования программного управления в синтезе движений биомеханических систем.

### **Список использованной литературы**

1. Гавердовский, Ю.К. Гавердовский, Ю.К. Обучение спортивным упражнениям. Биомеханика. Методология. Дидактика / Ю.К. Гавердовский. – М.: Физкультура и Спорт, 2007. – 912 с.

2. Загrevский, В.И. Формализм Лагранжа и Гамильтона в моделировании движений биомеханических систем : монография / В.И. Загrevский, О.И. Загrevский, Д.А. Лавшук. – Могилев : МГУ имени А.А. Кулешова, 2018. – 296 с.

3. Зинковский, А.В. Проблема оптимального построения техники спортивных упражнений в спорте / А.В. Зинковский, И.А. Трофимова, В.А. Чистяков // Вопросы физического воспитания студентов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. – С. 101-110.

4. Лавшук, Д.А. Оптимизация техники гимнастических упражнений на основе имитационного моделирования двигательных действий: автореф.

дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04, 01.02.08 / Д.А. Лавшук; РГУФК. – Москва, 2007. – 23 с.

УДК 796.012

## УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОСАНКИ В СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКЕ

О.И.Загревский<sup>1,3</sup>, В.И.Загревский<sup>2,3</sup>, В.Л.Мустаев<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия)

(<sup>2</sup>Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова, г. Могилев, Республика Беларусь)

(<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия)

(<sup>4</sup>Государственное бюджетное физкультурно-спортивное учреждение «Спортивная школа олимпийского резерва Кузбасса по спортивной гимнастике имени И.И. Маметьева», г. Ленинск-Кузнецкий, Россия)

**Аннотация.** В статье показано формирование динамической осанки в спортивной гимнастике. Авторами приведены упражнения, служащие в тренировке гимнастов в качестве подготовительных и подводящих, способствующих формированию навыка динамической осанки. В статье представлено несколько групп таких упражнений, освоение которых будет способствовать становлению «гимнастической школы».

**Ключевые слова.** Стойка на руках, «стоечная» подготовка, упражнения, динамическая осанка.

В системе спортивной подготовки гимнастов формирование навыка динамической осанки свидетельствует о «гимнастической школе» юных спортсменов и, в связи с этим, представляет собой универсальный базовый модуль спортивной подготовки [1, 2].

**Цель статьи** – показать упражнения в освоении навыка динамической осанки в спортивной гимнастике.

**Основное содержание.** В статье представлено несколько групп упражнений для правильного формирования навыка динамической осанки:

1. Подготовительные упражнения, связанные с подготовкой мышечной системы гимнаста, для успешного выполнения упражнений, формирующих навык динамической осанки.

2. Подводящие упражнения, цель которых сформировать правильный двигательный образ динамической осанки.

3. Упражнения сопряженного воздействия, содействующие совершенствованию навыка динамической осанки.

Умение сохранять тело выпрямленным в процессе выполнения статических и динамических упражнений имеет существенные биомеханические отличия. При выполнении статической стойки удержание взаимного расположения звеньев тела происходит при действии относительно постоянных по направлению и величине внешних сил, с сокращением и напряжением одних и тех же мышц. Во втором случае меняется как величина, так и ориентация внешних сил, относительно тела спортсмена, что приводит к необходимости включать в работу различные группы мышц и регулировать величину их напряжения. Для тренировки гимнастов этим воздействиям мы предлагаем, разработанный нами комплекс, дидактически распределенных по последовательности обучения, упражнений, направленных на формирование навыка динамической осанки.

### ***I. Освоение динамической осанки в простейших условиях.***

- 1) И. п. – лежа на животе, руки вверх.
- 2) И. п. – лежа на животе, руки в стороны.
- 3) И. п. – лежа на животе, руки назад, ладони вниз.

В каждом из этих положений, силой упираясь руками в пол, надо зафиксировать положение осанки на 15-20 с. Выполнять трижды, в каждом из трех положений.

4) И. п. – лежа на спине в трех положениях: руки вверх, руки в стороны, руки вниз, та же последовательность, что и упражнения 1-3 и с той же дозировкой.

5) И. п. – лежа на животе, руки вверх, выполнить перекал, не меняя осанки (влево, вправо), в положении лежа на спине, поворот 5 раз.

6) И. п. – стоя спиной к стене на расстоянии 1м, принять положение упора о стену, фиксируя стойку. Повторить 3 раза (10-15 с).

7) То же лицом к стенке, взяться руками за рейку. Повторить (10-15 с).

8) И. п. – упор лежа, ноги на 2-3-4 рейке, отжимание. Повторить 3 раза по 10-15 с.

Критерием окончания первого этапа обучения динамической осанки может служить умение гимнаста выполнять стойку на руках с выпрямленным телом на полу, стоялках, брусках и кольцах.

Заклучая описание первого этапа, отметим, что гимнаст не может выполнить стойку на руках с прямым телом не потому, что недостаточно развиты мышцы, фиксирующие поясницу, а вследствие недостаточной анатомической подвижности плечевых суставов и грудного отдела позвоночника.

### ***II. Освоение динамической осанки в пространственно-временных условиях, приближенных к условиям выполнения упражнения.***

На этом этапе обучения осанке спортсмену необходимо научиться удерживать прямое положение тела в изменяющихся внешних условиях.

Перед гимнастом стоит задача развить необходимые двигательные качества.

Начинать второй этап формирования динамической осанки целесообразно с увеличения нагрузки на мышцы, фиксирующие позу тела при неизменных внешних условиях.

1) И. п. – лежа на спине, руки вверх. Опереться поясницей о бревно, принять положение правильной осанки и удержать его 3-4 с.

2) И. п. – лежа на животе, руки вверх. То же самое.

Удерживать выпрямленное положение тела при опоре руками и ногами о две гимнастические скамейки, устанавливаемые параллельно на различном расстоянии одна от другой.

3) И. п. – упор лежа. Руки на ролике. Принять и удерживать положение упора лежа с опорой носками.

Добившись уверенности удержания прямого тела в упражнениях с повышенной нагрузкой, можно переходить к тренировке динамической осанки с помощью специальных приспособлений и тренажеров в сочетании с отягощениями: манжетами, укрепленными на руках и ногах, поясами.

### ***III. Освоение динамической осанки в ходе выполнения упражнений.***

1) Стойка на голове и руках: а) в группировке – держать 3-5 с; б) согнувшись – держать 3-5 с; в) с прямым телом – держать 3-5 с.

2) Стойка на предплечьях и голове с различными положениями ног (в группировке, согнувшись).

3) Из упора присев полустойка на согнутых руках, колени упираются в локти.

4) Из положения упора присев, силой, сгибая руки, полустойка на согнутых руках.

5) Из положения упора присев толчком двумя полустойка на согнутых руках

6) Стойка на руках в группировке с последующим выпрямлением ног.

7) Стойка на руках толчком одной и махом другой.

8) Стойка на руках из упора присев толчком двумя.

9) То же, но из стойки на коленях.

10) Стойка на руках силой (сгибая руки и согнувшись) с различным положением ног.

11) Стойка на правой руке, левая рука на скамейке – держать.

12) Из стойки на руках ходьба: вперед, назад, влево, вправо.

13) Стойка на руках на бревне или скамейке – держать, поворот на 180° – держать.

Если гимнасты освоили навык динамической осанки в тренажерах, то обучение удержанию ее в ходе выполнения конкретных упражнений не

будет вызывать особых затруднений. Если же таковые появятся, то необходимо вернуться к 1 и 2 этапам.

#### **Список использованной литературы**

1. Гавердовский, Ю.К. Техника гимнастических упражнений: популярное учебное пособие / Ю.К. Гавердовский. – М.: Terra-Спорт, 2002. – 512 с.

2. Загrevский, О.И. Техника сложных упражнений на параллельных брусьях / О.И. Загrevский, В.И. Загrevский // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2018. – № 437. – С. 182–187.

3. Назаров, В.Т. Упражнения на перекладине. (Некоторые вопросы механики, техники выполнения, методики обучения.) / В.Т. Назаров. – М.: Физкультура и спорт, 1973. – 136 с.