

# Кинематическая структура узловых элементов спортивной техники базовой связки акробатических упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке

Виктор Болобан<sup>1</sup>, Ежи Садовски<sup>2</sup>, Томаш Нижниковски<sup>2</sup>, Анджей Масталез<sup>2</sup>, Вальдемар Вишниовски<sup>2</sup>, Михал Бегайло<sup>2</sup>

## АННОТАЦИЯ

**Цель.** Выполнить биомеханический анализ показателей кинематической структуры узловых элементов спортивной техники базовой связки акробатических упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке на основе реализации метода позных ориентиров.

**Методы.** Регистрация упражнений двумя видеокамерами JVC 6R-DVL-9800 NTSC. Скорость видеосъемки 240 кадров в секунду. Компьютерная программа APAS 2000 (Ariel Dynamics, Inc.) для анализа суставных углов, скорости суставов и общего центра массы тела.

**Результаты.** В фазовой структуре базовой связки акробатических упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке идентифицированы узловые элементы спортивной техники: пусковая поза тела; мультипликация позы тела группировка; итоговая поза тела.

**Заключение.** Метод позных ориентиров движений как способ биомеханического анализа и педагогической оценки кинематической структуры узловых элементов спортивной техники упражнений—переворот вперед—сальто вперед в группировке—является основанием для исследования и других упражнений, с задачей разработки дидактических технологий обучения им.

**Ключевые слова:** биомеханика, акробатика, переворот, сальто, спортивная техника, фазовая структура, узловые элементы, обучение.

## ABSTRACT

**Objective.** To perform a biomechanical analysis of the indices of kinematic structure of the key elements of sports technique of base acrobatic exercises sequence «forward hangspring—front somersault in tucked position» based on the application of the postural landmarks method.

**Methods.** Exercise performance was recorded using two cameras JVC 6R-DVL-9800 NTSC. Video was recorded at 240 frames per second. Joint angles, velocity of joints and common center of mass of the body were analyzed with the computer program APAS 2000 (Ariel Dynamics, Inc.).

**Results.** The key elements of sport technique were identified in the phase structure of base acrobatic exercises sequence «forward hangspring—front somersault in tucked position», such as startup body position, multiplication of tucked body position, and final position.

**Conclusion.** The method of postural landmarks as a way of biomechanical analysis and educational assessment of kinematic structure of the key elements of sports technique of exercises «forward hangspring—front somersault in tucked position» can be used also for analyzing other exercises with the aim to develop learning technologies for teaching them.

**Key words:** biomechanics, acrobatics, hangspring, somersault, sports technique, phase structure, key elements, teaching.

© Виктор Болобан, Ежи Садовски, Томаш Нижниковски, Анджей Масталез, Вальдемар Вишниовски, Михал Бегайло, 2013

## П

**Постановка проблемы.** В исследованиях и экспериментах, раскрывающих поэлементный состав фазовой структуры спортивных упражнений, нами [1, 2, 5, 7, 8] выделены позные ориентиры движений как метод анализа и оценки узловых элементов спортивной техники акробатических упражнений. В фазе подготовительных двигательных действий выделена пусковая поза тела—рациональная поза, позволяющая биомеханически качественно связывать подготовительные двигательные действия с основной фазой упражнения. В фазе основных двигательных действий—мультипликация поз тела, характеризующая целостность состава упражнения и процесс чередования мгновенных поз, четко фиксированных, хорошо распознаваемых. В фазе завершающих двигательных действий—итоговая поза с задачей стабилизировать устойчивость тела (остановка движения, устойчивое приземление) либо создать двигательные предпосылки перехода к следующему упражнению (связке упражнений). Необходимость реализации метода позных ориентиров движения для анализа и оценки спортивной техники и разработки дидактических технологий диктуется возрастающей актуальностью базовой технической подготовки спортсменов в структуре долговременных программ обучения упражнениям, сложным по координации [3, 6]. Опираясь на материал базовой связки упражнений: переворот вперед—сальто вперед в группировке. Базовая связка упражнений выполняется на акробатической дорожке, гимнастическом ковре для вольных упражнений, опорном прыжке, на бревне. Базовая связка упражнений—переворот вперед—сальто вперед в группировке усложняется, совершенствуется. Например, на ковре для вольных упражнений, кроме названной связки, выполняются переворот вперед—сальто вперед прогнувшись; переворот вперед—пируэт вперед—пируэт вперед; переворот вперед—двойное сальто вперед

в группировке; на опорном прыжке переворотом вперед—полтора сальто вперед в группировке; переворотом вперед—два с половиной сальто вперед в группировке.

**Цель исследования**—выполнить биомеханический анализ показателей кинематической структуры узловых элементов спортивной техники базовой связки упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке на основе реализации метода позных ориентиров движений.

В процессе исследования необходимо было дать ответы на такие вопросы:

1. Можно ли в фазовой структуре базовой связки упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке идентифицировать позные ориентиры движений и выделить важные узловые элементы спортивной техники в отдельных фазах упражнения, а также исследовать функциональные свойства связки упражнений между собой?

2. Какие показатели биомеханического анализа узловых элементов спортивной техники базовой связки упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке свидетельствуют о ее качественном выполнении?

**Методы исследования.** 1. Видеорегистрация базовой связки упражнений—переворот вперед—сальто вперед в группировке—осуществлялась двумя видеокамерами JVC 6R DVL 9800 NTSC. Скорость видеосъемки 240 кадров в секунду. Погрешность измерений 3 %. 2. Использование компьютерной программы APAS 2000 (Ariel Dynamic Inc) для анализа суставных углов движений спортсмена, скорости (линейная, вертикальная, результирующая) голеностопного, коленного, тазобедренного, плечевого, локтевого, лучезапястного суставов, общего центра массы тела; анализ поз тела, положений тела на опоре и в безопорном пространстве в фазовой структуре базовой связки упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке; время выполнения фаз упражнения, а также узло-

вых элементов в фазовой структуре связки упражнений; в статье рассматриваются линейные скорости движений звеньев тела акробатов. 3. В исследованиях приняли участие акробаты прыгуны на дорожке: мастера спорта (МС) — 6 чел. (5М, 1Ж), один кандидат в мастера спорта (КМС) и спортсмены первого спортивного разряда — 3 чел. (2М, 1Ж), в 17—22-летнем возрасте. В статье представлены результаты исследований двух спортсменов, выполняющих базовую связку упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке: женщины А. Sz. (А.Ш.) — МС и мужчины М.В (М.Б.) — КМС.

Важными факторами, позволяющими эффективно познавать спортивную технику упражнения, являются измерение, анализ и оценка отдельных узловых элементов спортивной техники в фазах упражнения, связке упражнений, их комбинации. Только на этой основе возможны глубокое понимание спортивной техники, разработка и экспериментальное обоснование современной технологии обучения и спортивной подготовки, выполнение связок акробатических, гимнастических упражнений различной координационной сложности. Тема выполняется в соответствии с Планами НИР Национального университета физического воспитания и спорта Украины и Академии физического воспитания в Варшаве, Факультет физического воспитания и спорта в Белой Подляске, Польша.

**Результаты исследования и их об-суждение.** На основе биомеханического анализа базовой связки упражнений — переворот вперед — сальто вперед в группировке — идентифицированы следующие узловые элементы спортивной техники: пусковая поза тела — положение тела перед подлетом спортсмена на сальто вперед в группировке в подготовительной фазе упражнения, мультипликация позы тела группировка в основной фазе упражнения, итоговая поза тела в фазе завершающих двигательных действий. Подтверждают этот научный факт наши предыдущие исследования [2, 4, 5, 7, 8]. Установлено, что спортсмен, выполняя итоговую позу тела переворот вперед, последовательно переводит положение своего тела в пусковую позу для осуществления эффективного подлета вверх — вперед на сальто вперед в группировке. Спортсмен М. В. принимает упруго-жесткое прямое положение тела. У испытуемой А. Sz. зарегистрировано близкое к прямому положение тела. Суставной угол бедро—тулови-

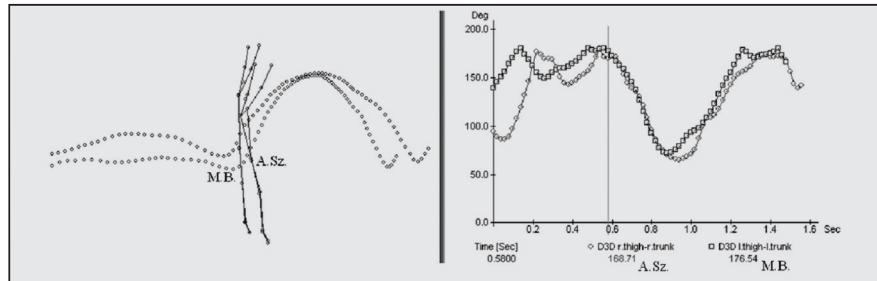


РИСУНОК 1 – Величина суставного угла бедро—туловище при выполнении пусковой позы тела после переворота вперед для «входа» в сальто вперед, зарегистрированная у испытуемого М. В. (0,580 с)

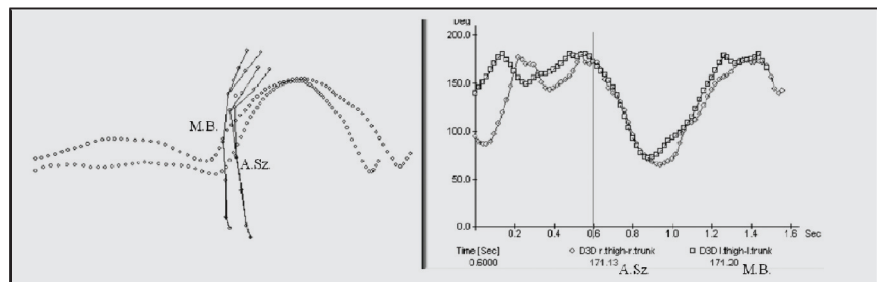


РИСУНОК 2 – Величина суставного угла бедро—туловище при выполнении пусковой позы тела после переворота вперед для «входа» в сальто вперед, зарегистрированная у испытуемой А. Sz. (0,600 с)

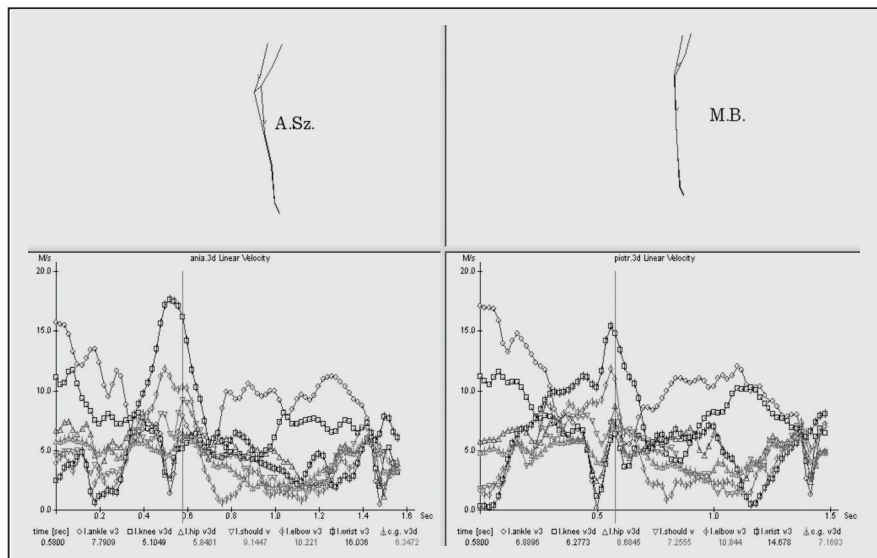


РИСУНОК 3 – Траектории линейных скоростей перемещения голеностопного, коленного, тазобедренного, плечевого, локтевого, лучезапястного суставов, а также общего центра массы тела спортсменов при трансформации итоговой позы тела переворот вперед в пусковую позу тела для выполнения сальто вперед у испытуемой А. Sz. (левая часть рисунка) — 0,600 с и М. В. (правая часть рисунка) — 0,580 с. Условные обозначения: ankle — голеностопный сустав, knee — коленный сустав, hip — тазобедренный сустав, should — плечевой сустав, elbow — локтевой сустав, wrist — лучезапястный сустав, c.g. — общий центр массы тела.

ще в пусковой позе тела у испытуемого М. В. (0,580 с) равен 176,54° (рис. 1), у испытуемой А. Sz., (0,600 с) — 171,13° (рис. 2).

При выполнении пусковой позы тела зарегистрированы следующие линейные скорости:

голеностопного сустава у А. Sz. — 6,97 м·с<sup>-1</sup>, у испытуемого М. В. — 6,28 м·с<sup>-1</sup>, общего центра массы тела А. Sz. — 6,13 м·с<sup>-1</sup>, М. В. — 5,89 м·с<sup>-1</sup>, лучезапястного сустава у А. Sz. — 14,07 м·с<sup>-1</sup>, у М. В. — 13,31 м·с<sup>-1</sup> (рис. 3).

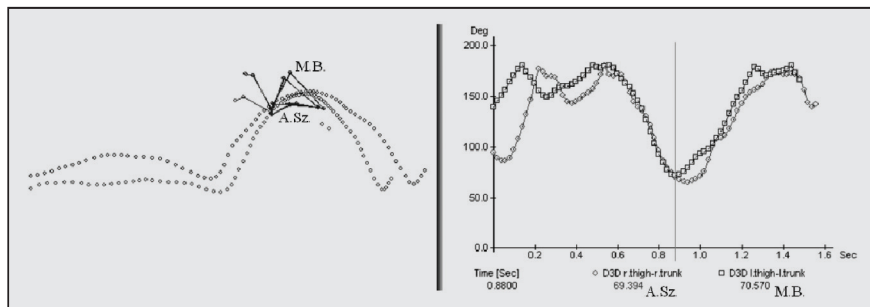


РИСУНОК 4 – Узловой элемент спортивной техники – мультипликация позы тела группировка – при выполнении базовой связки упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке. Суставный угол бедро—туловище в процессе выполнения сальто вперед в группировке у испытуемых А. Sz. и М. В. (0,880 с)

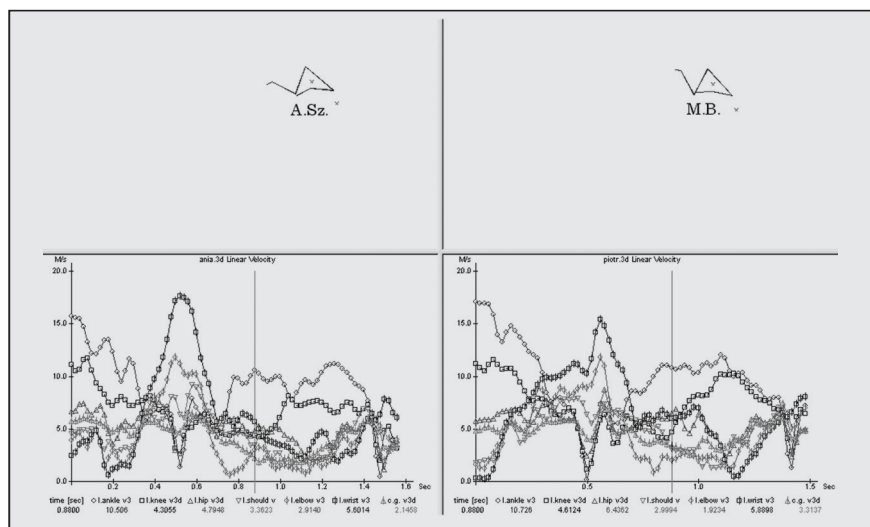


РИСУНОК 5 – Траектории линейных скоростей перемещения голеностопного, коленного, тазобедренного, плечевого, локтевого, лучезапястного суставов, а также общего центра массы тела спортсменов при выполнении сальто вперед в группировке в основной фазе двигательных действий базовой связки упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке – мультипликация позы тела группировка – А. Sz. (левая часть рисунка) и М. В. (правая часть рисунка), во время 0,880 с. Условные обозначения: ankle – голеностопный сустав, knee – коленный сустав, hip – тазобедренный сустав, should – плечевой сустав, elbow – локтевой сустав, wrist – лучезапястный сустав, c.g. – общий центр массы тела.

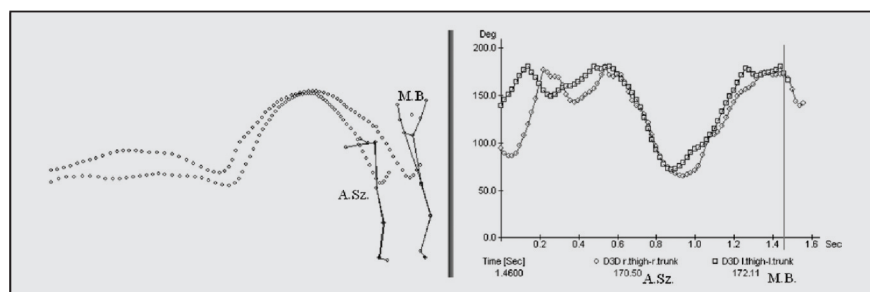


РИСУНОК 6 – Величины суставных углов бедро—туловище в момент выполнения итоговой позы тела сальто вперед в группировке в связке переворот вперед—сальто вперед в группировке, зарегистрированные у А. Sz. и М. В., во время 1,460 с

Индивидуальные показатели кинематической структуры узлового элемента пусковой позы тела, предшествующие полету на сальто вперед, углубляют наши представления о спор-

тивной технике выполняемых спортсменами подготовительных двигательных действий. Положение тела, близкое к вертикальному, находится в секторе отталкивания (3—5,5°) с

руками, поднятыми вперед—кверху, позволяет сохранить направление и скорость движения звеньев тела, выполнить эффективное вращение в группировке на восходящей части траектории полета.

Узловой элемент спортивной техники базовой связки упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке — мультипликация позы тела группировка — характеризуется показателями суставных углов бедро—туловище у испытуемой А. Sz, (0,880 с), равным 69,39°, и у испытуемого М. В. (0,880 с) — 70,57° (рис. 4).

Линейная скорость движения звеньев тела при выполнении сальтового вращения в группировке (0,880 с): голеностопный сустав у А. Sz. — 10,50 м·с<sup>-1</sup>, у М. В. — 10,72 м·с<sup>-1</sup>, общий центр массы тела — у А. Sz. 2,14 м·с<sup>-1</sup>, у М. В. 3,31 м·с<sup>-1</sup>; в лучезапястном суставе у А. Sz. — 5,60 м·с<sup>-1</sup>, М. В. — 5,88 м·с<sup>-1</sup> (рис. 5). Более двух четвертей оборота вперед по сальто спортсмены выполняют на восходящей части высокой траектории полета, что является показателем хорошей спортивной техники при решении задачи приземления в остановку. В начале нисходящей части траектории полета, при разгруппировании, спортсмены входят в завершающую фазу, принимая итоговую позу притормаживанием звеньев тела для устойчивого приземления. Итоговая поза — это оптимальное положение тела на опоре с незначительными суставными углами голень—бедро и бедро—туловище, руки в стороны А. Sz. и руки вверх—наружу М. В. Например, А. Sz. (1,460 с) — угол бедро—туловище равен 170,50°; а у М. В. (1,460 с) — 172,11° (рис. 6). Спортсмены осуществляют активную регуляцию позы тела для сохранения устойчивости на опоре. Узловой элемент спортивной техники итоговую позу тела испытуемой А. Sz. можно характеризовать как показатель технически стабильного приземления: погашены линейная скорость движения голеностопных суставов, общего центра массы тела, лучезапястных суставов.

Линейные скорости движения звеньев тела в процессе приземления имеют следующие показатели: голеностопный сустав А. Sz. — 2,36 м·с<sup>-1</sup>, М. В. — 6,30 м·с<sup>-1</sup>, общий центр массы тела А. Sz. — 4,59 м·с<sup>-1</sup>, М. В. — 4,77 м·с<sup>-1</sup> и лучезапястного сустава А. Sz. — 5,79 м·с<sup>-1</sup>, М. В. — 7,88 м·с<sup>-1</sup> (рис. 7). Испытуемый М. В. недостаточно технически точно выполнил разгруппирование (линейная скорость голеностопных



суставов составила  $4,77 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , что в два раза превышает показатели А. Sz.; скорость лучезапястных суставов у М. В.  $7,88 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , у А. Sz. —  $5,79 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Приземление выполнено не устойчиво. Это может свидетельствовать о недостаточно сформированном двигательном навыке приземлений испытуемого М. В. при выполнении упражнений этой структурной группы.

**Выводы:**

1. Биомеханический анализ позных ориентиров движений базовой связки упражнений переворот вперед—сальто вперед в группировке позволил идентифицировать следующие узловые элементы спортивной техники: пусковую позу тела в подготовительной фазе — кинематически целесообразное положение тела спортсмена на опоре для эффективного подлета на сальто вперед в группировке; мультипликацию позы тела группировка в основной фазе упражнения — характеризующую функциональную целостность состава упражнения и процесс чередования мгновенных поз на основе причинно-следственных связей предыдущих и последующих поз тела; итоговую позу в фазе завершающих двигательных действий с задачей стабилизировать устойчивость тела (остановка движения, устойчивое приземление) и являющейся рациональной двигательной предпосылкой

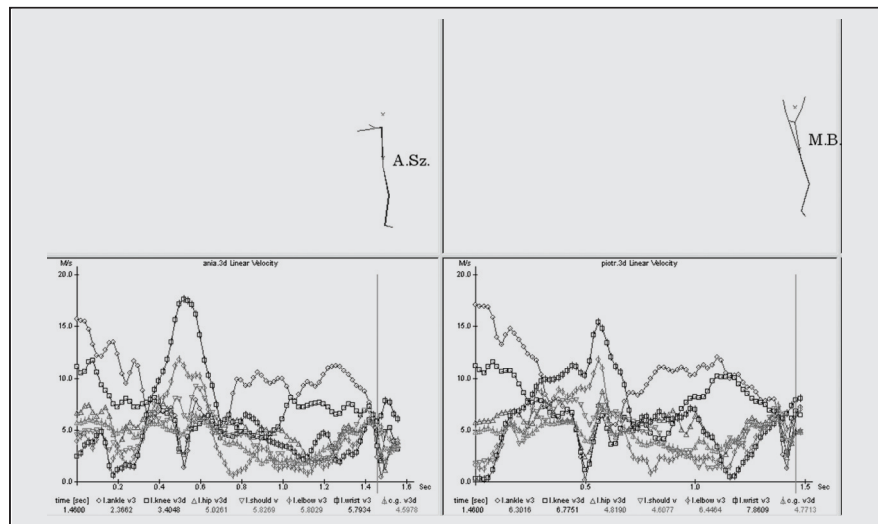


РИСУНОК 7 – Траектории линейных скоростей перемещения голеностопного, коленного, тазобедренного, плечевого, локтевого, лучезапястного суставов, а также общего центра массы тела спортсменов при выполнении сальто вперед в группировке в фазе завершающих двигательных действий — итоговая поза тела — базовой связки упражнений переворот вперед — сальто вперед в группировке А. Sz. (левая часть рисунка) и М. В. (правая часть рисунка) во время 1,460 с. Условные обозначения: ankle — голеностопный сустав, knee — коленный сустав, hip — тазобедренный сустав, should — плечевой сустав, elbow — локтевой сустав, wrist — лучезапястный сустав, c.g. — общий центр массы тела.

перехода к следующему упражнению (связке упражнений) путем контролируемой и управляемой смены поз и положений тела.

2. Узловые элементы спортивной техники переворота вперед—сальто вперед в группировке и их объективные показатели в фазовой структуре движений являют-

ся основанием для измерения, анализа и оценки кинематической структуры и других акробатических упражнений, их связок и комбинаций с задачей разработки функциональных педагогических уравнений как дидактической технологии обучения им [2, 3, 6, 8].

**Литература**

1. Болобан В. Н. Статодинамическая устойчивость тела спортсмена как показатель эффективного обучения физическим упражнениям прогрессирующей сложности / В. Н. Болобан, Е. В. Бирюк // Оптимизация управления процессом совершенствования технического мастерства спортсменов высшей квалификации. — К.: КГИФК, 1979. — С. 79—85.
2. Болобан В. Н. Спортивная акробатика / В. Н. Болобан. — К.: Вища шк., 1988. — С. 48—64.
3. Болобан В. Долговременные программы обучения упражнениям спортивной акробатики / В. Болобан // Наука в олимп. спорте. — 2011. — № 1-2. — С. 75—87.
4. Садовски Е. Компоненты структуры технической подготовки акробатов / Е. Садовски, В. Болобан, А. Масталерж, Т. Нижниковски // Теория и практика физ. культуры. — 2003. — № 9. — С. 19—23.
5. Садовски Е. Позные ориентиры движений как узловые элементы спортивной техники акробатических упражнений / [Е. Садовски, В. Болобан, Т. Нижниковски и др.] // Теория и практика физ. культуры. — 2009. — № 12. — С. 42—47.
6. Boloban V. Didactic technology in mastering complex motor tasks / V. Boloban, J. Sadowski, T. Niżnikowski, W. Wiśniowski // Coordination motor abilities in scientific research / eds J. Sadowski, T. Niżnikowski. — Białą Podlaska: Faculty of Physical Education and Sport. — 2010. — Vol. 33. — P. 112—129.
7. Niżnikowski T. Nauczanie ćwiczeń o złożonej strukturze ruchu przy oddziaływaniu na węzłowe elementy techniki sportowej / T. Niżnikowski. — Białą Podlaska: ZWWF, 2009. — 148 s.
8. Sadowski J. Velocities and joint angles during double backward stretched salto performed with stable landing and in combination with tempo salto / J. Sadowski, V. Boloban, A. Mastalierz, T. Niżnikowski // Biology of Sport. — 2009. — Vol. 26. — P. 87—101.

**References**

1. Boloban W. N. Statodynamic balance of athlete's body as an indicator of effective learning of graduated physical exercises / W. N. Boloban, E. V. Biruk // Optimization of control of the process of perfection of technical mastership of elite athletes (In Russian). — Kiev: KSIPS, 1979. — P. 79—85.
2. Boloban W. N. Sports acrobatics / W. N. Boloban (In Russian). — Kiev: Vysshaya shkola, 1988. — P. 48—64.
3. Boloban W. Longtime Sport Acrobats Educational Programs / W. Boloban (In Russian) // Science in the Olympic Sports. — 2011. — № 1—2. — P. 75—87.
4. Sadowski J. Components of the acrobatic technical preparation structure / J. Sadowski, V. Boloban, A. Mastalierz, T. Niżnikowski (In Russian) // Teorija i praktyka fiz. kultury. — 2003. — N 9. — P. 19—23.
5. Sadowski J. Postural Landmarks of Movements as Main Elements of Sport Acrobatics Technique / [J. Sadowski, V. Boloban, T. Niżnikowski et al.] (In Russian) // Teorija i praktyka fiz. kultury. — 2009. — N 12. — P. 42—47.
6. Boloban V. Didactic technology in mastering complex motor tasks / V. Boloban, J. Sadowski, T. Niżnikowski, W. Wiśniowski // Coordination motor abilities in scientific research / eds J. Sadowski, T. Niżnikowski. — Białą Podlaska: Faculty of Physical Education and Sport. — 2010. — Vol. 33. — P. 112—129.
7. Niżnikowski T. Nauczanie ćwiczeń o złożonej strukturze ruchu przy oddziaływaniu na węzłowe elementy techniki sportowej / T. Niżnikowski. — Białą Podlaska: ZWWF, 2009. — 148 s.
8. Sadowski J. Velocities and joint angles during double backward stretched salto performed with stable landing and in combination with tempo salto / J. Sadowski, V. Boloban, A. Mastalierz, T. Niżnikowski // Biology of Sport. — 2009. — Vol. 26. — P. 87—101.

<sup>1</sup>Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев

<sup>2</sup>Академия физического воспитания Юзефа Пилсудского в Варшаве, Польша  
Факультет физического воспитания и спорта в Белой Подляске, Польша

Поступила 23.04.2012