

УДК 796.41

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ ИСПОЛНЕНИЯ БОЛЬШОГО ОБОРОТА НАЗАД НА ПЕРЕКЛАДИНЕ КАК СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИМНАСТА

Ю.В. Шевчук (Красноярск, Россия)

Аннотация

Проблема и цель. Современная техника большого оборота назад на перекладине является одним из основных базовых элементов современной спортивной гимнастики и широко используется гимнастами. Однако если структурные различия между современной и классической техниками исполнения данного элемента очевидны, то в количественном плане они разработаны недостаточно. Для решения этой проблемы необходимо исследовать кинематическую структуру современного большого оборота назад с использованием современных инструментальных методов и сравнить ее с классической. Вышеизложенное обуславливает актуальность настоящего исследования. Цель статьи – исследовать кинематическую структуру современной техники исполнения большого оборота назад на перекладине в исполнении высококвалифицированного гимнаста. С использованием видеосъемки и современного программного обеспечения определить перемещения, скорости и ускорения опорных точек четырехзвенной модели тела спортсмена, а также суставные перемещения, угловые скорости и угловые ускорения. Построить графики опорных точек и углов.

Методологию исследования составляют комплекс инструментальных методов исследования, в

частности использование видеосъемки и программного обеспечения «MaxTrack» для обработки видеоматериалов, компьютерные технологии, а также теоретический анализ и обобщение данных специальной литературы зарубежных и отечественных ученых и программных документов.

Результаты. Исследована кинематическая структура современной техники исполнения большого оборота назад на перекладине в исполнении высококвалифицированного гимнаста.

Заключение. С использованием современных инструментальных методов определены перемещения, скорости и ускорения опорных точек четырехзвенной модели тела спортсмена, суставные перемещения, угловые скорости и ускорения. Построены графики опорных точек и углов. Доказано, что современная техника обеспечивает большую максимальную скорость в нижней точке маха и создает более благоприятные скоростные и структурные условия для выполнения последующих сложных перелетов и соскоков с перекладины.

Ключевые слова: спортивная гимнастика, гимнасты, перекладина, большой оборот, современная техника, видеосъемка, программное обеспечение, кинематика, фазовая структура, анализ.

Постановка проблемы. Классический большой оборот в спортивной гимнастике в настоящее время широко используется гимнастами младших разрядов в качестве целевого элемента. Высококвалифицированными гимнастами он используется в качестве связующего и подготовительного элемента в связках и комбинациях.

Техника классического способа исполнения большого оборота назад исследована в ряде работ [Назаров 1973, с. 135; Сучилин, Шевчук 2012, с. 317; Украин 1965, с. 59–63

и др.]¹. Однако при этом в основном использовались обычные кинокамеры с низкой скоростью

¹ Бормотов А.С. Исследование теории и методики обучения сложных гимнастических упражнений, требующих высокой подвижности в суставах верхних конечностей: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1971. 20 с.
Гаввердовский Ю.К. Сложные гимнастические упражнения и обучение им: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. М., 1986. 49 с.
Назаров В.Т. Теоретическое и экспериментальное исследование программы двигательных действий в упражнениях на гимнастических снарядах (на примере перекладины): автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1966. 32 с.
Ипполитов Ю.А. Исследование биомеханических характеристик гимнастических упражнений и путей изменения их структуры: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1969. 21 с.

съемки (24 кадров / с), что давало большую погрешность измерений вследствие нестабильной лентопротяжки и фиксации пленки в фильмовом канале, а также дисторсий изображения по краям кадра. Прецизионные скоростные кинокамеры использовались в работе [Сучилин 1989, с. 15; Хасин 2013, с. 33]².

Для анализа техники была выбрана плоская механическая модель тела спортсмена, состоящая из четырех звеньев (две руки, туловище вместе с головой, два бедра и две голени вместе со стопами, соединенными идеальными плоскими шарнирами). Опорными точками модели являются проекции на плоскость съемки (боковую поверхность тела) осей, перпендикулярных плоскости съемки: продольная ось грифа (далее – кисть), ось плечевых суставов (далее – плечо), ось тазобедренных суставов (далее – бедро), ось коленных

суставов (далее – колено), ось голеностопных (далее – голеностоп). Аналогично обозначены углы в суставах. Данные представлены в пикселях.

На рис. 1–13 представлены диаграммы опорных точек модели, графики перемещений, скоростей и ускорений опорных точек, углов, угловых скоростей и угловых ускорений четырехзвенной модели гимнаста при выполнении полного оборота.

Ниже представлена временная структура исследуемого движения.

Верхнее вертикальное положение (начало) $T = 0$ ms.

Правое горизонтальное положение $T = 600$ ms.

Нижнее вертикальное положение $T = 920$ ms.

Левое горизонтальное положение $T = 1200$ ms.

Верхнее вертикальное положение (конец)

$T = 1680$ ms.

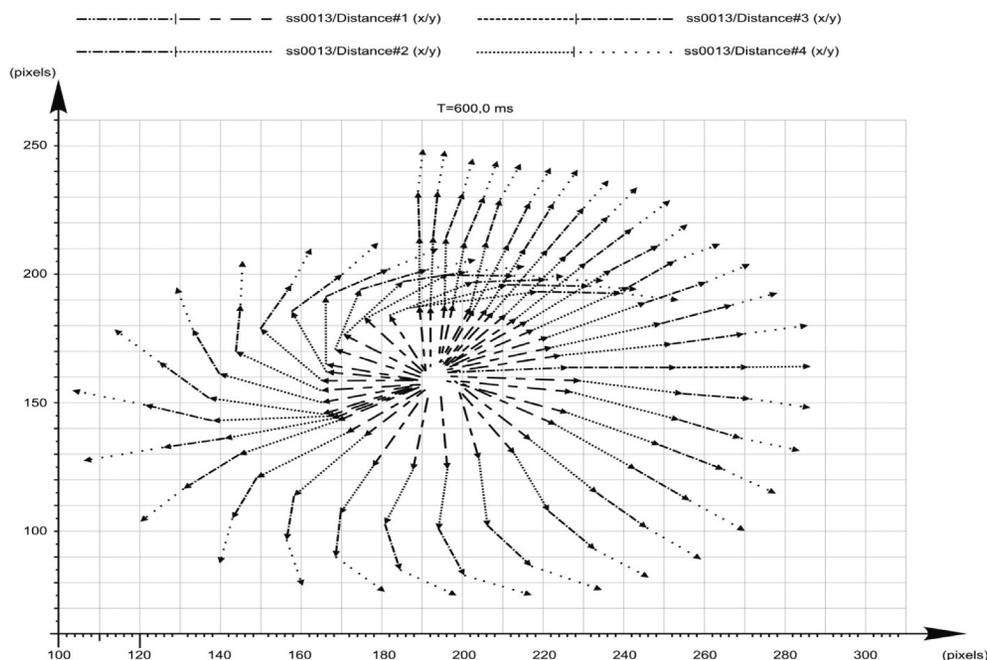


Рис. 1. XY-диаграмма полного большого оборота назад на перекладине

Fig. 1. XY-diagram of the total giant Felge backward on the crossbar

² Сучилин Н.Г. Становление и совершенствование технического мастерства в упражнениях прогрессирующей сложности: дис. ... д-ра пед. наук. М., 1989. 799 с.

Хасин Л.А. с соавт. 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) / рук. Л.А. Хасин. Малаховка, 2013. 194 с. № ГР 01201374168. Инв. № 02201458725.

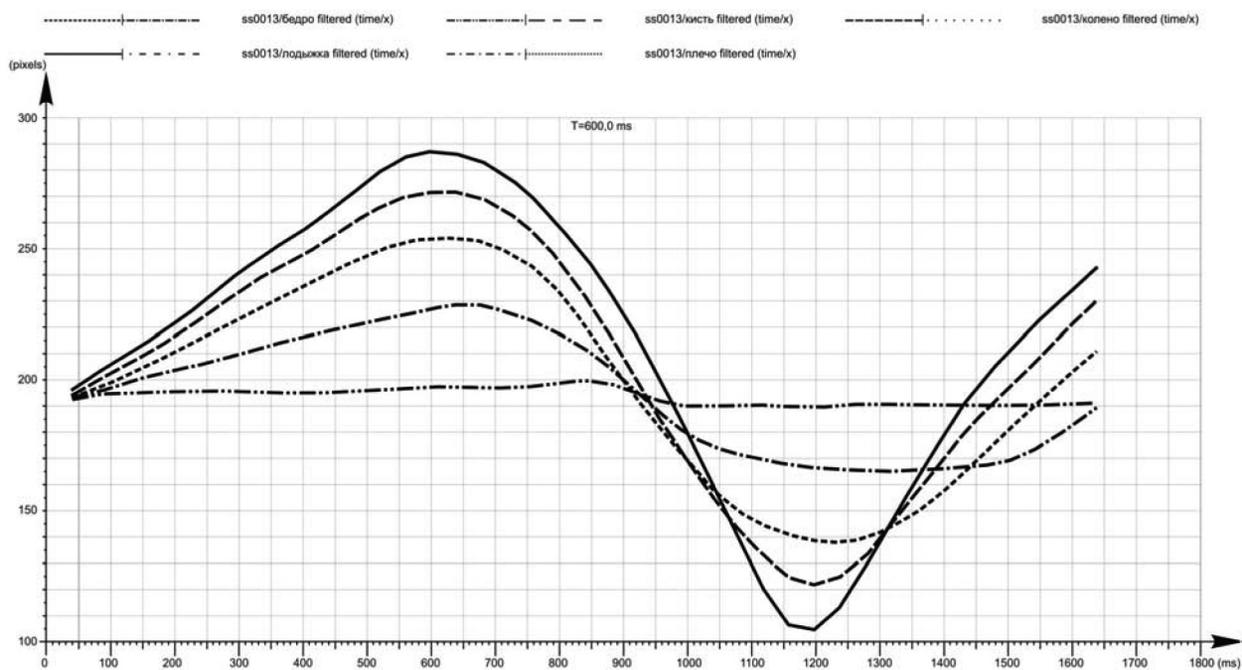


Рис. 2. Перемещение по $X(t)$. Кисть (—•—•—), плечо (—•—•—), бедро (—•—•—),
 колено (—•—•—), лодыжка (—•—•—)

Fig. 2. Move along $X(t)$. Hand (—•—•—), shoulder (—•—•—), thigh (—•—•—),
 knee (—•—•—), ankle (—•—•—)

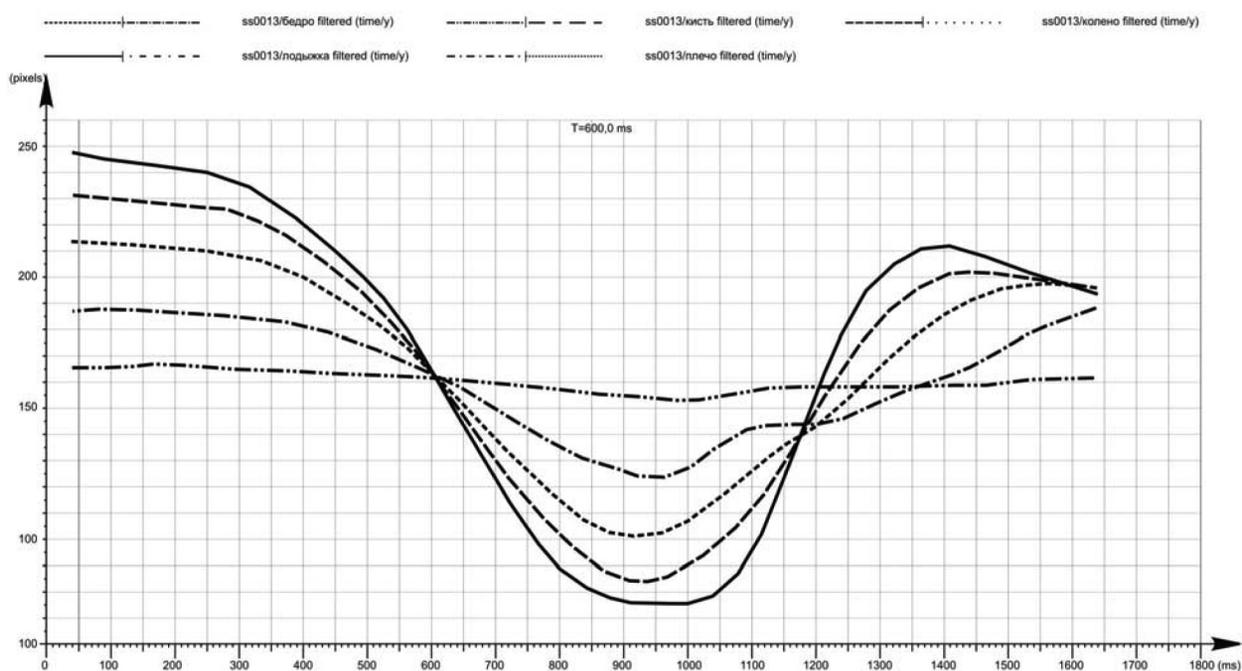


Рис. 3. Перемещение по $Y(t)$. Кисть (—•—•—), плечо (—•—•—), бедро (—•—•—),
 колено (—•—•—), лодыжка (—•—•—)

Fig. 3. Move along $Y(t)$. Hand (—•—•—), shoulder (—•—•—), thigh (—•—•—),
 knee (—•—•—), ankle (—•—•—)

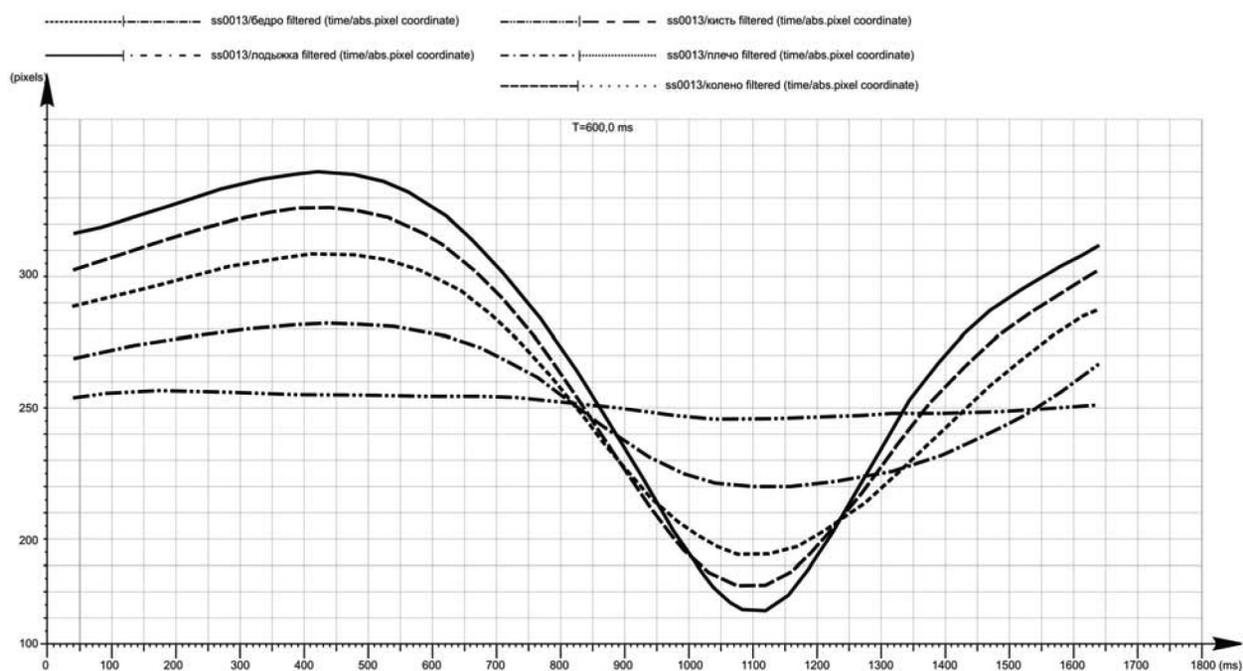


Рис. 4. Модуль перемещения. Кисть (—•••••), плечо (—•••••), бедро (—•••••), колено (—•••••), лодыжка (—•••••)

Fig. 4. Movement module. Hand (—•••••), shoulder (—•••••), thigh (—•••••), knee (—•••••), ankle (—•••••)

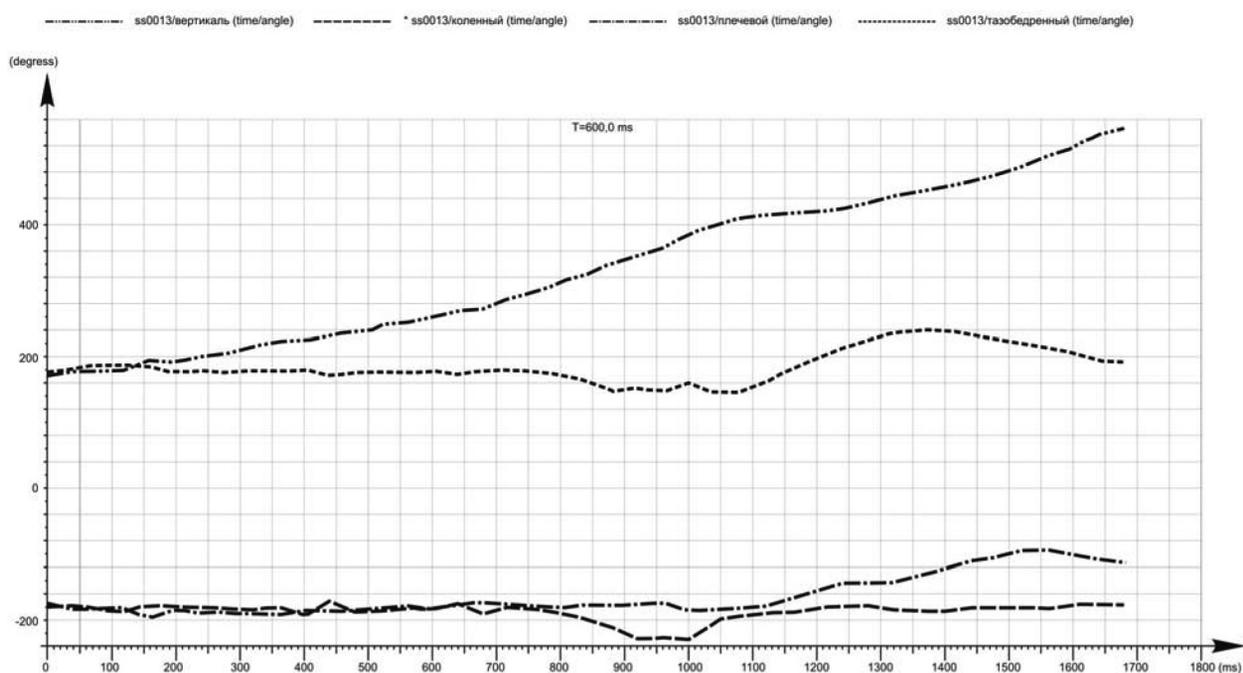


Рис. 5. Изменение величин углов. С вертикалью (—•••••), плечевой сустав (—•••••), тазобедренный сустав (—•••••), коленный сустав (—•••••)

Fig. 5. Changing the angle values. With vertical (—•••••), shoulder joint (—•••••), hip joint (—•••••), knee joint (—•••••)

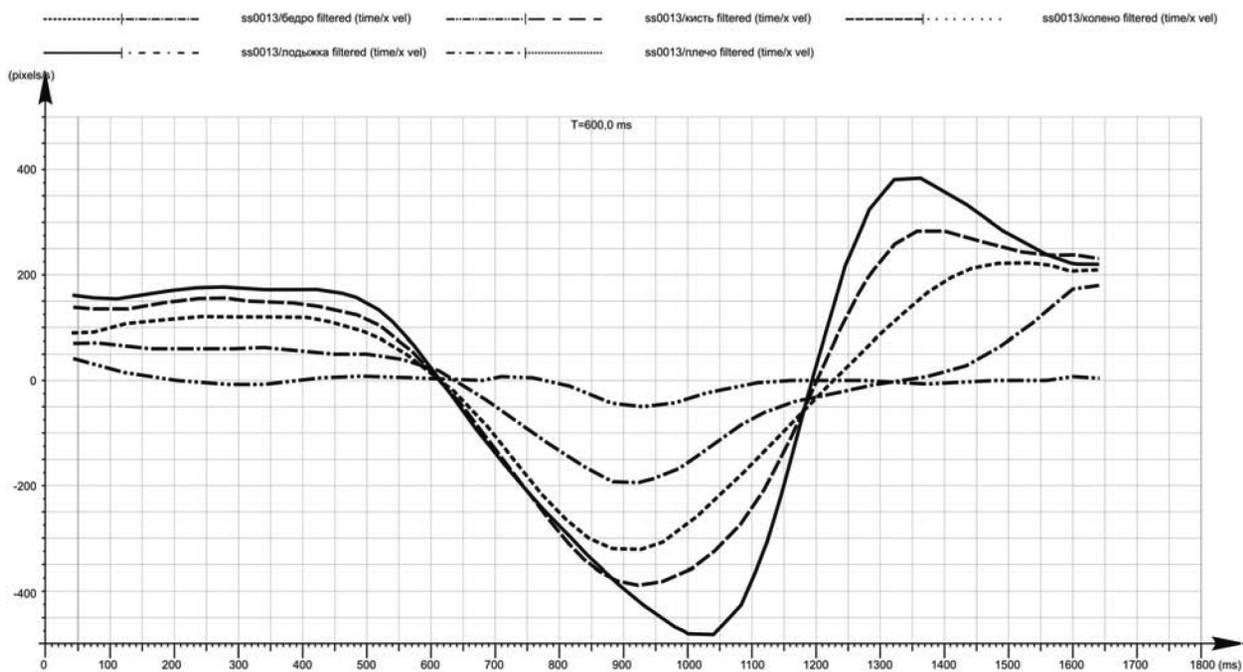


Рис. 6. Скорость по X. Кисть (— · · · — · · · —), плечо (— · — · — · —), бедро (— · — · — · —),
 колено (— · — · — · —), лодыжка (— — — — —)

Fig. 6. Velocity by X. Hand (— · · · — · · · —), shoulder (— · — · — · —), thigh (— · — · — · —),
 knee (— · — · — · —), ankle (— — — — —)

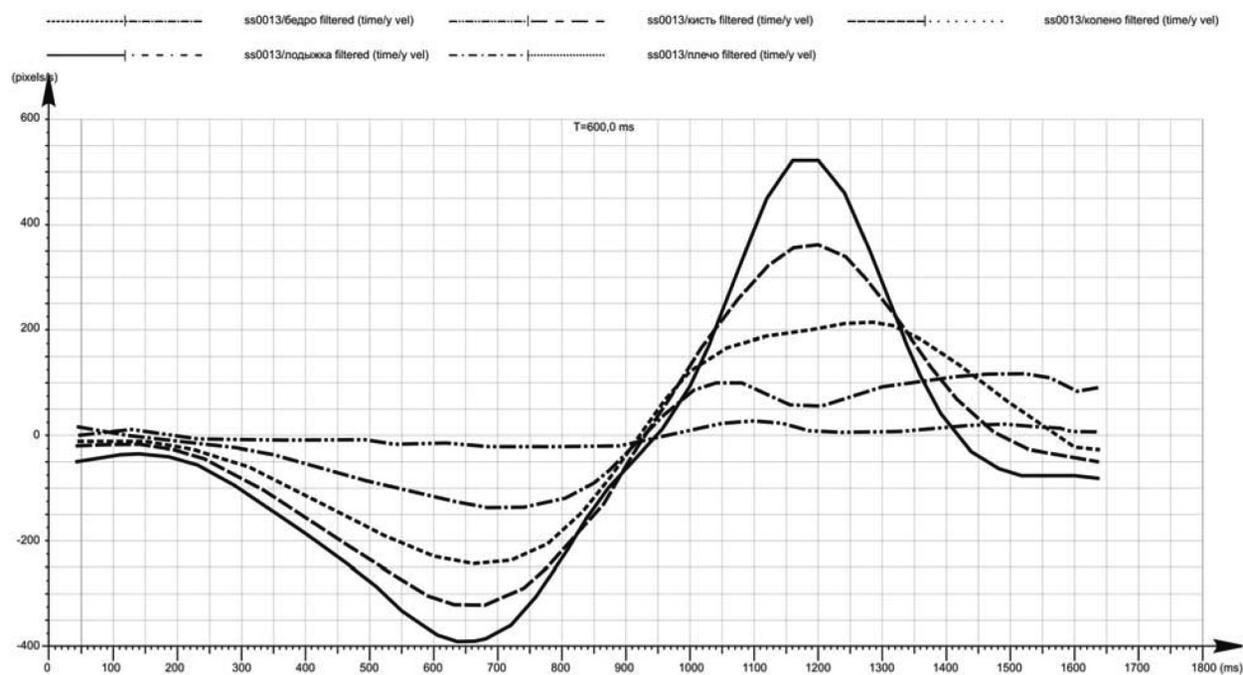


Рис. 7. Скорость по Y. Кисть (— · · · — · · · —), плечо (— · — · — · —), бедро (— · — · — · —),
 колено (— · — · — · —), лодыжка (— — — — —)

Fig. 7. Velocity by Y. Hand (— · · · — · · · —), shoulder (— · — · — · —), thigh (— · — · — · —),
 knee (— · — · — · —), ankle (— — — — —)

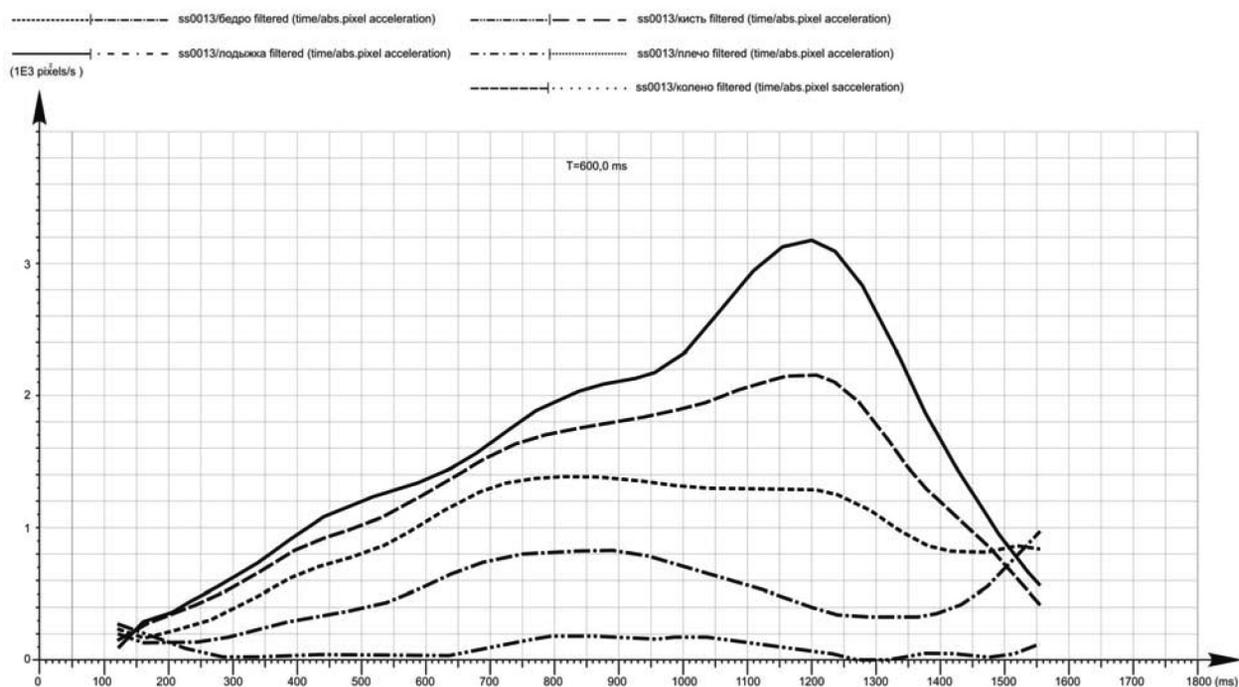


Рис. 12. Модуль ускорения. Кисть (— · — · — · —), плечо (— · — · — · —), бедро (— · — · — · —), колено (— · — · — · —), лодыжка (— · — · — · —)

Fig. 12. Acceleration Module. Hand (— · — · — · —), shoulder (— · — · — · —), thigh (— · — · — · —), knee (— · — · — · —), ankle (— · — · — · —)

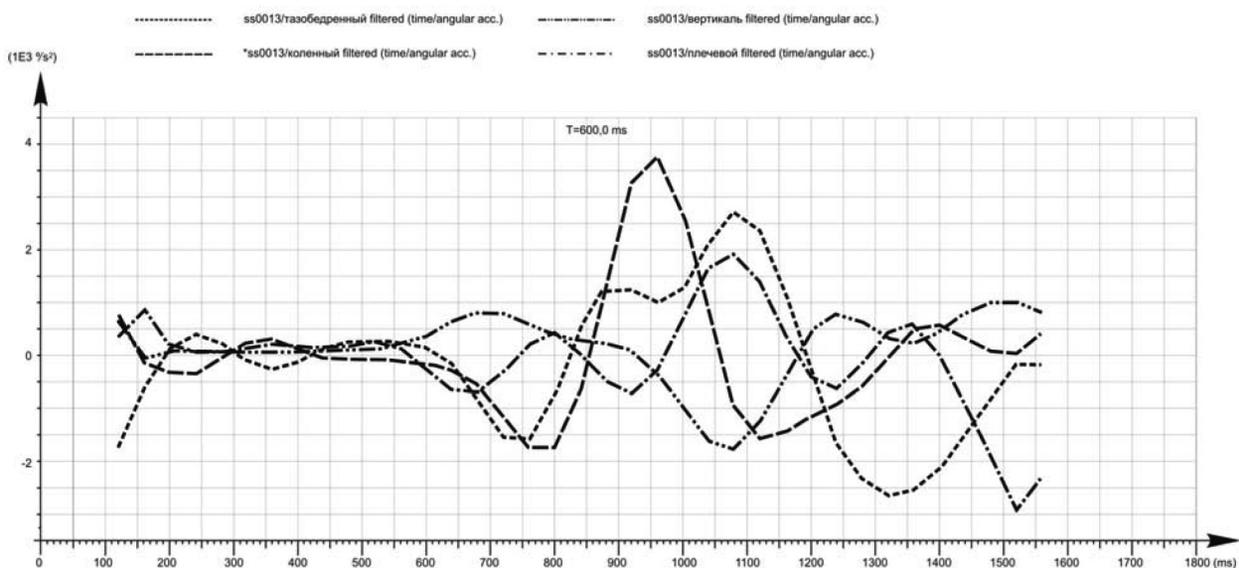


Рис. 13. Угловое ускорение. С вертикалью (— · — · — · —), плечевой сустав (— · — · — · —), тазобедренный сустав (— · — · — · —), коленный сустав (— · — · — · —)

Fig. 13. Angular acceleration. With vertical (— · — · — · —), shoulder joint (— · — · — · —), hip joint (— · — · — · —), knee joint (— · — · — · —)

**Результаты сравнительного анализа временной структуры
 классической и современной техники исполнения большого оборота назад на перекладине**

**Results of comparative analysis of time structure
 for classical and modern method of execution for giant Felge backward on the crossbar**

Положение тела	Классическая техника, мс	Современная техника, мс
Вертикальное вниз головой (начальное)	0.0	0,0
Горизонтальное справа	0,766	600
Вертикальное внизу	0,1120	920
Горизонтальное слева	0,1400	1200
Вертикальное вниз головой (конечное)	2160	1680

Как видно из таблицы, современная техника исполнения большого оборота назад на перекладине характеризуется меньшим временем исполнения упражнения по сравнению с классической (77,8 %), большими скоростями и ускорениями. Фазовая структура по составу в обоих случаях аналогична: разгон, замах, бросок, финал. Однако в финальной фазе современного варианта техники исполнения гимнасты

не выпрямляются в стойку на руках в верхнем положении, а проходят его в сильно согнутом в плечевых суставах положении (порядка 90°), выпрямляясь под 45° (сравн. рис. 1 и 14). На последнем рис. 14 представлена фазовая x(y)-диаграмма классического способа большого оборота назад на перекладине в исполнении высококвалифицированного гимнаста. Различия в технике очевидны.

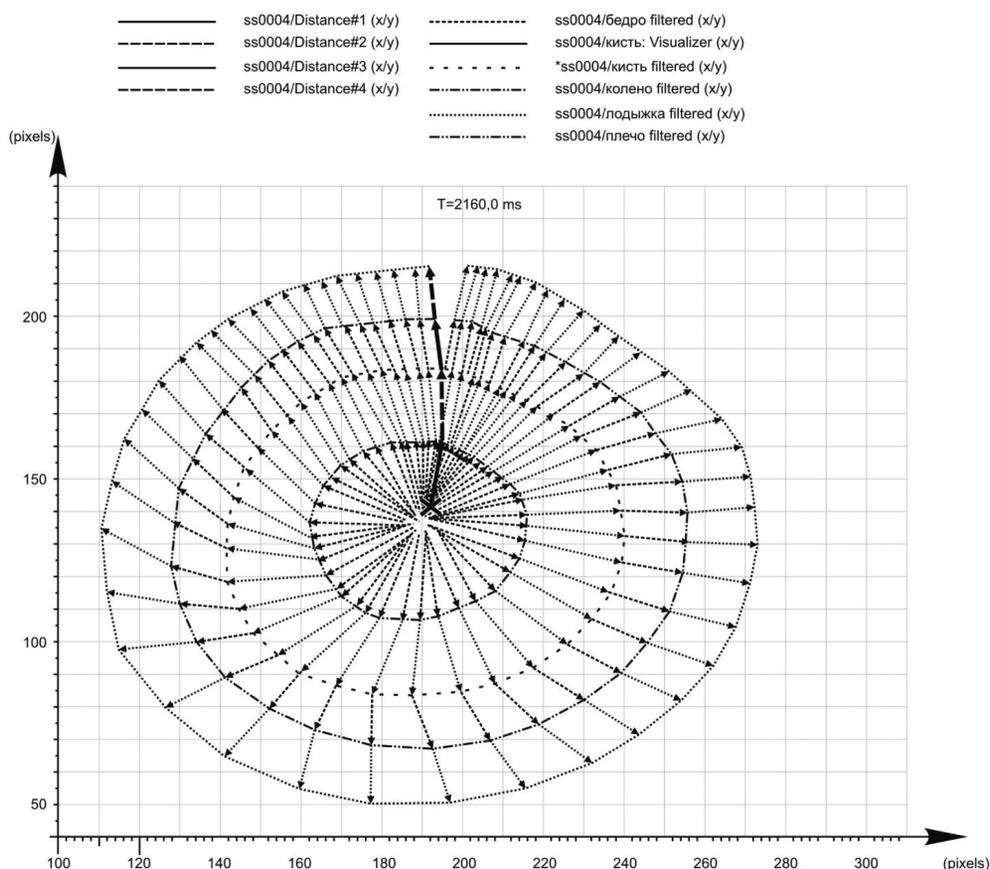


Рис. 14. Фазовая XY-диаграмма классического способа большого оборота назад на перекладине в исполнении высококвалифицированного гимнаста

Fig. 14. Phasal XY-diagram of the classical method of giant Felge backward on the bar performed by a highly skilled gymnast

Таким образом, с использованием современных инструментальных методов исследования кинематическая структура современной техники исполнения большого оборота назад на перекладине и сравнена с классической техникой в исполнении высококвалифицированного гимнаста. Выявлено, что современная техника обеспечивает большую максимальную скорость в нижней точке маха и создает более благоприятные скоростные и структурные условия для выполнения последующих сложных перелетов и соскоков с перекладины.

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. URL: <http://lib.sportedu.ru> (дата обращения: 10.06.2019).
2. Бернштейн Н.А. О построении движений. М.: Медгиз, 1947. 255 с. URL: <https://eknigi.org> (дата обращения: 13.06.2019).
3. Бранков Г. Основы биомеханики / пер. с болг. М.: Мир, 1981. 254 с. URL: <http://wikipower.ru> (дата обращения: 08.07.2019).
4. Гавердовский Ю.К. Упражнения на перекладине. М.: ФиС, 1975. 173 с. URL: <https://www.twirpx.com> (дата обращения: 15.07.2019).
5. Гавердовский Ю.К. Обучение спортивным упражнениям. М.: ФиС, 2007. 912 с. URL: <https://gym.sportedu.ru> (дата обращения: 10.06.2019).
6. Гернет М.М., Тихонов В.Н. Экспериментальное определение моментов инерции человеческого тела и его верхних и нижних конечностей // Теор. и практ. физич. культ. 1967. № 11. С. 27–30. URL: <https://www.twirpx.com> (дата обращения: 05.07.2019).
7. Гросс Х.Х. Методология педагогической кинезиологии. Тематическая терминология: учебный материал. Таллин, 1983. Ч. 1. 55 с. URL: <http://textarchive.ru> (дата обращения: 10.07.2019).
8. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика спорта. М.: ФиС, 1981. 143 с. URL: <https://www.twirpx.com> (дата обращения: 10.06.2019).
9. 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. URL: <http://www.wikidocs.ru> (дата обращения: 10.06.2019).
10. Дударев В.Г. К вопросу повышения качества обучения сложным гимнастическим упражнениям на перекладине на основе сопряженной технической и физической подготовки // Совершенствование технической и физической подготовки в физическом воспитании: межвуз. сб. науч. тр. / Минпрос РСФСР, МОПИ им. Н.К. Крупской. М., 1985. С. 9–14. URL: <https://search.rsl.ru> (дата обращения: 16.07.2019).
11. 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. URL: <https://monographies.ru> (дата обращения: 16.07.2019).
12. 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. URL: <https://mirznanii.com> (дата обращения: 18.07.2019).
13. Евсеев С.П., Халилов А.А. Большой оборот назад на брусках // Гимнастика. М.: ФиС, 1984. Вып. 1. С. 25–26. URL: <http://sportlib.su> (дата обращения: 20.06.2019).
14. Евсеев С.П., Рыкунов Ю.Н. Обучение гимнастическим упражнениям с помощью технических средств управления суставными движениями // Гимнастика. М.: ФиС, 1985. Вып. 2. С. 17–22. URL: <http://sportlib.su> (дата обращения: 20.06.2019).

15. Курьеров Н.А. Фазность действий гимнаста. М.: ФиС, 1961. 121. URL: <http://www.cnorm.ru> (дата обращения: 26.06.2019).
16. Назаров В.Т. Упражнения на перекладине. М.: ФиС, 1973. 135 с. URL: <https://search.rsl.ru> (дата обращения: 03.07.2019).
17. Романовский К.Н., Уланов А.А. Большой оборот вперед в висячем положении на перекладине // Теор. и практ. физич. культ. 1969. № 3. С. 41–43. URL: <http://lib.sportedu.ru> (дата обращения: 03.07.2019).
18. Сучилин Н.Г., Шевчук Ю.В. Кинетика выполнения гимнастических соскоков с перекладины // Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева. 2012. № 3, т. 1: Психолого-педагогические науки. С. 159–161. URL: <http://vestnik.kspu.ru> (дата обращения: 15.07.2019).
19. Сучилин Н.Г., Шевчук Ю.В. Исследование движения тела спортсмена в безопорном периоде спортивных упражнений // Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева. Психолого-педагогические науки. 2014. № 1 (27). С. 119–126. URL: <http://vestnik.kspu.ru> (дата обращения: 15.07.2019).
20. Укран М.Л. О технической подготовке гимнастов // Теория практ. физич. культ. 1965. № 9. С. 59–63. URL: <http://lib.sportedu.ru> (дата обращения: 03.07.2019).
21. Фарфель В.С. Управление движениями в спорте. М.: ФиС, 1975. 208 с. URL: <https://search.rsl.ru> (дата обращения: 01.07.2019).
22. Цомая А.А. К эффективности использования механического моделирования пространственных и временных параметров движения при обучении большим оборотам на перекладине // Программированное обучение и применение технических средств в спортивной тренировке. Минск: Полымя, 1969. С. 149–152. URL: <https://studbooks.net> (дата обращения: 19.07.2019).
23. Цомая А.А. Специальный тренажер для обучения сложным гимнастическим упражнениям на перекладине (ТЦ-2) // Приборы и методы в спортивной тренировке и эксперименте: матер. к Всерос. науч.-метод. конф. 27–31 окт. 1969 г. Л., 1969. С. 168–169. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 19.07.2019).
24. Alem N.M., Melvin J.W., Holsnein G.L. Biomechanics applications of direct linear transformation in close-range photogrammetry // Proceedings of Sixth New England Bioengineering Conference, Kingston, Rhode Island / Ed. by D. Jason. New York: Pergamon Press, 1978. P. 202–206. URL: <https://link.springer.com> (access date: 19.06.2019).
25. Angulo R.M. and Dapena J. Comparison of film and video techniques for estimating three-dimensional coordinates within a large field // International Journal of Sport Biomechanics. 1992. № 8. P. 145–151. URL: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de> (access date: 17.06.2019).
26. Hay J.G. The Biomechanics of Sports Techniques. 2-nd ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1978. P. 156–161. URL: <https://link.springer.com> (access date: 14.06.2019).
27. Irwin G., Kerwin D.G. Inter-segmental coordination in progressions for the longswing on high bar // Sports Biomech. 2007. May. № 6 (2). 131–44. URL: <https://link.springer.com> (access date: 27.06.2019).
28. King A.I. A Review of Biomechanical Models // Journal of Biomechanical Engineering. 1984. No. 106 (2). P. 97–104. URL: <https://link.springer.com> (access date: 28.06.2019).

KINEMATIC STRUCTURE OF MODERN METHOD OF EXECUTION FOR GIANT FELGE BACKWARD ON THE BAR AS MEANS FOR INCREASING SPEED PARAMETERS

Yu.V. Shevchuk (Krasnoyarsk, Russia)

Abstract

Statement of the problem. Modern method of execution for giant Felge backward on the bar is one of the basic elements of modern artistic gymnastics, and is widely used by gymnasts. However, if the structural differences between modern and classical methods of execution for this element are obvious, in quantitative terms they are not developed enough. To solve this problem, it is necessary to study the kinematic structure of the modern giant Felge backward using modern instrumental methods and compare it with the classical one. The above said proves the relevance of this study.

The purpose of this article is to explore the kinematic structure of the modern method of execution for of giant Felge backward on the bar in the performance of a highly skilled gymnast. With the use of video and modern software the study is meant to determine the movement, velocity and acceleration of the reference points of the four-link model of the athlete's body, as well as joint movement, angular velocity and angular acceleration. Reference points and angles are aimed to be identified.

The research methodology consists of a set of instrumental research methods, in particular, the use of video and software "MaxTrack" for processing video materials, computer technology, as well as theoretical analysis and synthesis of special literature data by international and Russian scientists and program documents.

Research results. The kinematic structure is studied of the modern method of execution for giant Felge backward on the crossbar performed by a highly qualified gymnast.

Conclusions. Using modern instrumental methods, movements, velocities and accelerations of reference points of the four-link model of the athlete's body, articular movements, angular velocities and accelerations are determined. Plots of control points and angles are constructed. It is proved that a modern method provides greater maximum velocity at the lower point of the swing and creates more favorable velocity and structural conditions for the implementation of subsequent complex flights and jumps from the crossbar.

Keywords: *gymnastics, gymnasts, crossbar, giant Felge backward, modern method of execution, video, software, kinematics, phase structure, analysis.*

References

1. Arkayev L.Y., Suchilin N.G., Savelyev V.S. Pedagogical and biomechanical analysis of sports movements technique on the basis of software and hardware video complex // *Teoria i praktika fizicheskoy kultury (Theory and practice of physical culture)*. 1996. No. 4. P. 12–20. URL: <http://lib.sportedu.ru> (access date: 10.06.2019).
2. Bernshtein N.A. On construction of movements. Moscow: Medgiz, 1947. 255 p. URL: <https://eknigi.org> (access date: 13.06.2019).
3. Brankov G. Fundamentals of biomechanics / Translated from Bulgarian. Moscow: Mir, 1981. 254 p. URL: <http://wikipower.ru> (access date: 08.07.2019).
4. Gaverdovskiy Yu.K. Exercises on the bar. Moscow: FiS, 1975. 173 p. URL: <https://www.twirpx.com> (access date: 15.07.2019).
5. Gaverdovskiy Yu.K. Teaching sports exercises. Moscow: FiS, 2007. 912 p. URL: <https://gym.sportedu.ru> (access date: 10.06.2019).
6. Gernet M.M., Tikhonov V.N. Experimental determination of moments of inertia for human body and its upper and lower limbs // *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury (Theory and practice of physical education)*. 1967. No. 11. P. 27–30. URL: <https://www.twirpx.com> (access date: 05.07.2019).
7. Gross H.H. Methodology of pedagogical kinesiology. Thematic terminology: educational material. Part 1. Tallinn, 1983. 55 p. URL: <http://textarchive.ru> (access date: 10.07.2019).
8. Donskoy D.D., Zatsiorskiy V.M. Biomechanics of sports. Moscow: FiS, 1981. 143 p. URL: <https://www.twirpx.com> (access date: 10.06.2019).

9. Donskoy D.D. On the ways of biomechanical rationale for sport technique. In: Fundamental issues of biomechanical analysis of sports motor actions: Collection of scientific works. Moscow: MOGIFK, 1986. Malakhovka, 1987. P. 20–25. URL: <http://www.wikidocs.ru> (access date: 10.06.2019).
10. Dudarev V.G. To the question of improving the quality of teaching complex gymnastic exercises on the bar on the basis of joint technical and physical training. In: Improvement of technical and physical preparation in physical education: interuniversity collection of scientific works. Moscow: Minpros RSFSR, MOPI im. N.K. Krupskoy, 1985. P. 9–14. URL: <https://search.rsl.ru> (access date: 16.07.2019).
11. Dyachkov V.M. Study of leading elements and phases of movements and their reflection in the rhythm of technically complex kinds of sports. In: Problems of higher sportsmanship: Collection of scientific works. Moscow: VNIIFK, 1968. P. 17–25. URL: <https://monographies.ru> (access date: 16.07.2019).
12. Dyachkov V.M., Suchilin N.G., Fedyayev Y.A., Selivanova T.G. Fundamentals of sports-targeted perspective and prognostic programming process of improving technical skills of elite athletes of the highest sports skill: Collection of scientific works. Moscow: VNIIFK, 1980. P. 99–130. URL: <https://mirznanii.com> (18.07.2019).
13. Evseyev S.P., Khalilov A.A. Giant Felge backward ago on bars // *Gimnastika (Gymnastics)*. Moscow: FIS, 1984. Is. 1. P. 25–26. URL: <http://sportlib.su> (access date: 20.06.2019).
14. Evseyev S.P., Rykunov Y.N. Teaching gymnastic exercises with the help of technical means of controlling joint movements // *Gimnastika (Gymnastics)*. Moscow: FiS, 1985. Is. 2. P. 17–22. URL: <http://sportlib.su> (access date: 20.06.2019).
15. Kurierov N.A. Power phase of gymnast actions. Moscow: FiS, 1961. 121 p. URL: <http://www.cnopm.ru> (access date: 26.06.2019).
16. Nazarov V.T. Exercises on the bar. Moscow: FiS, 1973. 135 p. URL: <https://search.rsl.ru> (access date: 03.07.2019).
17. Romanovskiy K.N., Ulanov A.A. Giant Felge forward at reverse hang on the bar // *Teoria i praktika fizicheskoy kultury (Theory and practice of physical culture)*. 1969. No. 3. P. 41–43. URL: <http://lib.sportedu.ru> (access date: 03.07.2019).
18. Suchilin N.G., Shevchuk Y.V. Kinetics of the execution of gymnastic dismounts from the crossbar // *Bulletin of Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev*. 2012. Vol. 1; Psychological and pedagogical sciences. No. 3. P. 159–161. URL: <http://vestnik.kspu.ru> (access date: 15.07.2019).
19. Suchilin N.G., Shevchuk Y.V. Study of athlete body movement in the unsupported period of sports exercises // *Bulletin of Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev. Psychological and pedagogical sciences*. 2014. No. 1 (27). P. 119–126. URL: <http://vestnik.kspu.ru> (access date: 15.07.2019).
20. Ukran M.L. On technical training of gymnasts // *Teoria i praktika fizicheskoy kultury (Theory and practice of physical culture)*. 1965. No. 9. P. 59–63. URL: <http://lib.sportedu.ru> (access date: 03.07.2019).
21. Farfel V.S. Managing movements in sports. M.: FiS, 1975. 208 p. URL: <https://search.rsl.ru> (access date: 01.07.2019).
22. Tsomaya A.A. On the effectiveness of the use of mechanical modeling of spatial and temporal parameters of motion in the training of giant Felge on the crossbar. In: Programmed training and the use of technical means in sports training. Minsk: Polymya, 1969. P. 149–152. URL: <https://studbooks.net> (access date: 19.07.2019).
23. Tsomaya A.A. Special simulator for training complex gymnastic exercises on the crossbar (TC-2) // *Proceedings of the All-Russia scientific and methodical conference "Devices and methods in sports training and experiment"*. 27–31 Oct. 1969. Leningrad, 1969. P. 168–169. URL: <https://cyberleninka.ru> (access date: 19.07.2019).
24. Alem N.M., Melvin J.W., Holsnein G.L. Biomechanics applications of direct linear transfor-

- mation in close-range photogrammetry. Proceedings of Sixth New England Bioengineering Conference, Kingston, Rhode Island (Edited by Jason, D.). New York: Pergamon Press, 1978. P. 202–206. URL: <https://link.springer.com> (access date: 19.06.2019).
25. Angulo R.M. and Dapena J. (1992). Comparison of film and video techniques for estimating three-dimensional coordinates within a large field // *International Journal of Sport Biomechanics*, 1992. No. 8. P. 145–151. URL: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de> (access date: 17.06.2019).
26. Hay J.G. *The Biomechanics of Sports Techniques*. 2-nd ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1978. P. 156–161. URL: <https://link.springer.com> (access date: 14.06.2019).
27. Irwin G., Kerwin D.G. Inter-segmental coordination in progressions for the longswing on high bar. *Sports Biomech.* 2007 May; No. 6(2). P. 131–44. URL: <https://link.springer.com> (access date: 27.06.2019).
28. King A.I. A Review of Biomechanical Models // *Journal of Biomechanical Engineering*. 1984. No. 106 (2). P. 97–104. URL: <https://link.springer.com> (access date: 28.06.2019).