

Кинематические различия элемента, выполняемого большим махом с поворотом на 360° и 540° на разновысоких брусьях у высококвалифицированных российских и зарубежных гимнасток

Собитова Мадина Зарифовна¹

Крючков Андрей Сергеевич¹, кандидат педагогических наук, доцент

Мякинченко Павел Евгеньевич¹, кандидат педагогических наук

Фендель Татьяна Владимировна², кандидат педагогических наук, доцент

¹Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва

²Чайковская государственная академия физической культуры и спорта

Аннотация

Цель исследования – выявить различия показателей времени реализации и пиков угловой скорости элемента, выполняемого большим махом с поворотом на 360° и 540° на разновысоких брусьях, у высококвалифицированных гимнасток России и зарубежных стран.

Методы и организация исследования. Применяли анализ и обобщение данных научно-методической литературы, видеоанализ, методы математической статистики. Анализировали выступления высококвалифицированных гимнасток из числа сборной команды России и зарубежных национальных сборных команд на соревнованиях различного уровня. Кинематические параметры соревновательных упражнений рассчитывали с помощью ПО «Kinovea».

Результаты исследования и выводы. Кинематический анализ выявил принципиальные различия в технике поворота на 360° между ведущими иностранными и отечественными спортсменками. Зарубежные гимнастки отличаются более быстрым производством движения в плечевом и тазобедренном суставах и смещением пиков угловой скорости в фазу перехода между вращениями. Выявленные кинематические характеристики свидетельствуют о наличии единой универсальной моторной стратегии, при которой увеличение сложности элемента достигается за счёт адаптации параметров без изменения базового двигательного паттерна. Даны рекомендации по синхронизации времени достижения пиковой угловой скорости движений в суставах в ходе обучения.

Ключевые слова: спортивная гимнастика, упражнения на разновысоких брусьях, биомеханика спорта, кинематический анализ

Для цитирования: Кинематические различия элемента, выполняемого большим махом с поворотом на 360° и 540° на разновысоких брусьях у высококвалифицированных российских и зарубежных гимнасток / Собитова М. З., Крючков А. С., Мякинченко П. Е., Фендель Т. В. DOI 10.5930/1994-4683-2026-7-105-111 // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2026. № 7 (257). С. 105–111.

Kinematic differences in the element performed with a big swing and a 360° and 540° rotation on uneven bars by highly qualified Russian and foreign gymnasts

Sobitova Madina Zarifovna¹

Kryuchkov Andrey Sergeevich¹, candidate of pedagogical sciences, associate professor

Myakinchenko Pavel Evgenevich¹, candidate of pedagogical sciences

Fendel Tatyana Vladimirovna², candidate of pedagogical sciences, associate professor

¹Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow

²Tchaikovsky State Academy of Physical Culture and Sports

Abstract

The purpose of the study is to identify differences in the indicators of execution time and peak angular velocity of the element performed with a big swing and a 360° and 540° rotation on uneven bars by highly qualified Russian and foreign gymnasts.

Research methods and organization. Analysis and synthesis of scientific and methodological literature, video analysis, and methods of mathematical statistics were used. Performances of highly qualified gymnasts from the Russian national team and foreign national teams at competitions of various levels were analyzed. Kinematic parameters of competitive routines were calculated using the Kinovea software.

Research results and conclusions. Kinematic analysis revealed fundamental differences in the technique of the 360° rotation between leading foreign and domestic athletes. Foreign gymnasts were distinguished by a faster generation of movement in the shoulder and hip joints and a shift in peak angular velocity to the transition phase between rotations. The identified kinematic characteristics indicate the presence of a single universal motor strategy, in which an increase in the difficulty of the element is achieved through the adaptation of parameters without changing the basic movement pattern. Recommendations were given on synchronizing the time of reaching peak angular velocity of joint movements during the learning process.

Keywords: artistic gymnastics, uneven bars exercises, sports biomechanics, kinematic analysis

For citation: Sobitova M. Z., Kryuchkov A. S., Myakinchenko P. E., Fendel T. V. (2026), "Kinematic differences in the element performed with a big swing and a 360° and 540° rotation on uneven bars by highly qualified Russian and foreign gymnasts", *Scientific notes of P.F. Lesgaft university*, No 7 (257), pp. 105–111, DOI 10.5930/1994-4683-2026-7-105-111.

Введение. На сегодняшний день в спортивной гимнастике наблюдается выраженная тенденция к повышению сложности соревновательных программ посредством включения элементов повышенной трудности. В соответствии с правилами Международной федерации гимнастики, к обязательным требованиям композиции на разновысоких брусьях относится исполнение элемента без полёта с поворотом не менее 360° [1].

Статистический анализ официальных протоколов соревновательных выступлений гимнасток высокого класса за период с 2011 по 2022 гг. позволил выявить существенное отставание российских спортсменок по частоте исполнения элементов с поворотом на брусьях разной высоты в условиях международных и российских соревнований. На крупнейших международных соревнованиях ведущие спортсменки мира выполнили поворот на 540° – 34 раза, на 360° – 301 раз [2]. В то же время российские спортсменки выполнили элемент с поворотом на 540° – 0 раз, а на 360° – 52 раза [2]. В связи с тем, что поворот на 360° российские гимнастки выполняют, а на 540° даже не пытаются, можно предположить, что перенос навыка поворота с 360° на 540° на разновысоких брусьях у них не происходит. В этой связи особый научный интерес представляет изучение кинематических различий в выполнении поворота на 360° на разновысотных брусьях между ведущими иностранными и российскими спортсменками. Речь идет о специфике изменений угловой скорости движения в различных фазах выполнения элементов поворота на 360° на разновысоких брусьях. Выявление пространственно-временных различий выполнения поворота на 360 градусов на брусьях разной высоты между российскими гимнастками и их конкурентками позволит объективнее сформулировать требования к выбору специально-подготовительных упражнений при совершенствовании поворота на 360° на разновысотных брусьях, что в свою очередь создаст предпосылки для обучения российских спортсменок повороту на 540° [3, 4, 5].

Цель исследования – выявить различия показателей времени реализации и пиков угловой скорости элемента, выполняемого большим махом с поворотом на 360° и 540° на разновысоких брусьях у высококвалифицированных гимнасток России и зарубежных стран.

Методика и организация исследования. Исследуемая выборка спортсменов состояла из 23 российских и 24 иностранных гимнасток высокой квалификации – членов сборных команд национального уровня. Были проанализированы видеозаписи выполнения элемента, выполняемого большим махом с поворотом на 540° и 360° на разновысоких брусьях в рамках следующих соревнований: Олимпийские игры (2016, 2012), чемпионат мира (2022, 2019, 2018, 2017, 2014, 2013), чемпионат Европы (2022), Кубок Америки (2011), чемпионат Китая (2022, 2021, 2018, 2017, 2016, 2012), чемпионат России (2023, 2021), Спартакиада России (2022).

Соревновательные упражнения были разделены на 3 фазы: 1 фаза – от начала выполнения движения с поворотом вокруг вертикальной оси до окончания поворота на 180°; 2 фаза – от окончания поворота на 180° до окончания поворота на 360°; 3 фаза – от окончания поворота на 360° до окончания поворота на 540° (только у зарубежных гимнасток). Кинематические параметры: время достижения пика угловой скорости и пик угловой скорости в тазобедренном и плечевом суставах рассчитывались для каждой фазы изучаемого гимнастического элемента с помощью специализированного программного обеспечения «Kinovea».

Достоверность различий рассчитывалась по U-критерию Манна-Уитни с альфа-уровнем 0,05. Все статистические анализы были выполнены с использованием пакета данных ПО «Microsoft Excel».

Результаты исследования. Кинематический анализ динамики угловой скорости в тазобедренном суставе при выполнении элемента, выполняемого большим махом вперед с поворотом на 360°, выявил существенные различия между ведущими гимнастками мира и российскими спортсменками. На рисунке 1 представлены результаты сравнения угловой скорости в тазобедренном суставе при выполнении первой фазы.

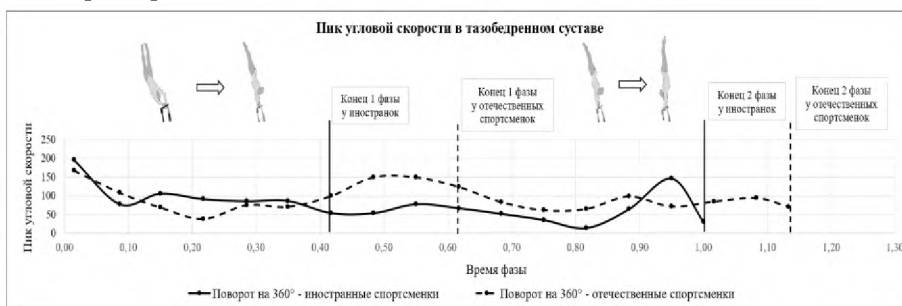


Рисунок 1 – Сравнительный анализ пиков угловой скорости в тазобедренном суставе при выполнении элемента с поворотом на 360° в исполнении иностранных и отечественных гимнасток

В первой фазе движения зарубежные гимнастки демонстрируют один пик угловой скорости в тазобедренном суставе – в начале фазы. Российские спортсменки демонстрируют два выраженных пика угловой скорости – в стартовой и финальной частях фазы движения. При этом иностранные гимнастки намного быстрее, чем российские спортсменки, выполняют движение в тазобедренном суставе. Соответственно, российские спортсменки отличаются меньшим градиентом наращивания угловой скорости в начале фазы движения и, как следствие, создают дополнительное угловое ускорение в финальной части движения в тазобедренном суставе с целью достижения требуемого положения тела для перехода в следующую фазу движения.

Во второй фазе движения у иностранных гимнасток наблюдается пик угловой скорости в конце фазы, что обеспечивает монолитный и качественный переход в следующую фазу движения, тогда как российские спортсменки демонстрируют пик угловой скорости намного раньше до окончания текущей фазы движения.

При этом у отечественных гимнасток во второй фазе отсутствует ярко выраженный пик угловой скорости, а динамика угловой скорости относительно равномерна с последующим спадом. Слабо выраженный пик угловой скорости в тазобедренном суставе отражает снижение величины вращательного импульса и инерции перехода к следующей фазе движения, что приводит к удлинению времени и потере монолитности вращения.

На рисунке 2 представлены результаты сравнения пика угловой скорости в плечевом суставе при выполнении элемента с поворотом на 360° в исполнении ведущих спортсменов мира и отечественных гимнасток.

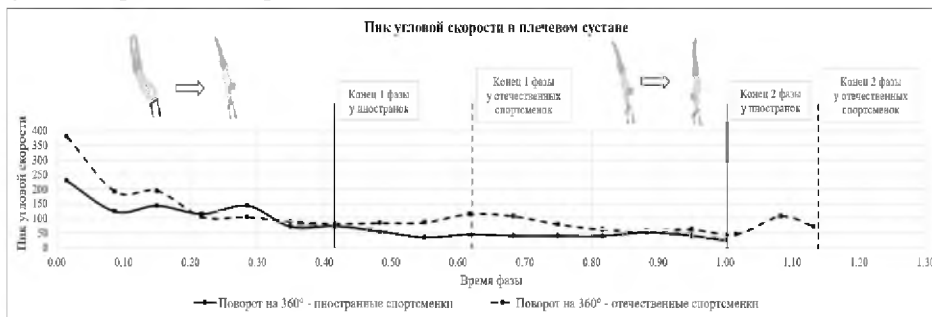


Рисунок 2 – Сравнительный анализ пиков угловой скорости плечевого сустава при выполнении элемента с поворотом на 360° в исполнении иностранных и отечественных гимнасток

В первой фазе у иностранных гимнасток пик угловой скорости плечевого сустава сближен по времени с пиком угловой скорости тазобедренного сустава, обеспечивая синхронизированный вращательный импульс в кинематической цепи «тазобедренный-плечевой сустав».

У российских гимнасток амплитуда пика угловой скорости плечевого сустава значительно превышает показатели иностранных спортсменок. Это указывает на возможную компенсаторную активацию мышц плечевого пояса в ответ на недостаточную инициацию угловой скорости в тазобедренном суставе.

Рисунок 3 иллюстрирует сравнение пиковых значений угловой скорости тазобедренного сустава у ведущих спортсменов мира при выполнении элемента, выполняемого большим махом вперед с поворотом на 540° и 360° .

В первой фазе поворота на 540° у ведущих гимнасток мира пик угловой скорости тазобедренного сустава в начале фазы имеет меньшую величину, чем при повороте на 360° , но при этом сама динамика угловой скорости практически идентична.



Рисунок 3 – Сравнительный анализ пиков угловой скорости тазобедренного сустава при выполнении элементов с поворотом на 540° и 360° в исполнении иностранных гимнасток

При этом анализ заключительных фаз поворота на 360° и 540° (рис. 4) выявил наличие пиков угловой скорости в конце движения, обеспечивающих разгон для последующего элемента.

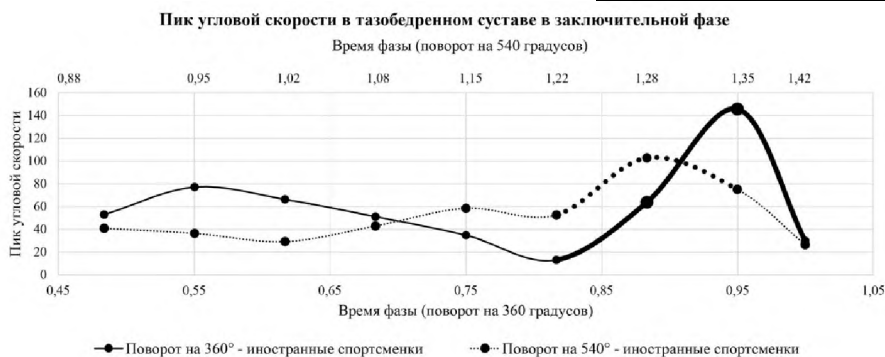


Рисунок 4 – Сравнительный анализ пиков угловой скорости тазобедренного сустава при выполнении заключительных фаз элементов с поворотом на 540° и 360° в исполнении иностранных гимнасток

На рисунке 5 представлены результаты сравнительного анализа пиковых значений угловой скорости плечевого сустава при выполнении элемента с поворотом на 540° и 360° ведущими гимнастками мира.



Рисунок 5 – Сравнительный анализ пиков угловой скорости плечевого сустава при выполнении элементов с поворотом на 540° и 360° в исполнении иностранных гимнасток

В первой фазе поворота на 360° у ведущих иностранных гимнасток пик угловой скорости плечевого сустава синхронизирован по времени с пиком тазобедренного сустава, что обеспечивает последовательный перенос импульса от таза к плечам с последующим снижением угловой скорости.

При повороте на 540° пик угловой скорости плечевого сустава реализуется позже пика угловой скорости в тазобедренном суставе и характеризуется меньшей амплитудой, что напрямую соответствует сниженной интенсивности стартового ускорения таза в первой фазе. Эта временная десинхронизация и уменьшение пиковой величины отражают адаптивную стратегию контроля сложного вращения, где плечи активируются не одновременно с тазом, а с контролируемым опозданием для компенсации увеличенного углового пути.

Такой подход обусловлен биомеханической необходимостью предотвратить преждевременный дисбаланс момента сил: ранняя или чрезмерная активация плеч при повороте на 540° могла бы привести к неконтролируемому перераспределению вращательного импульса, потере равновесия или раннему истощению мышечного резерва. Вместо этого отсроченный умеренный импульс плечевого сустава обеспечивает последовательную передачу момента от таза вверх по кинематической

цепи, сохраняя стабильность оси вращения и равномерность углового перемещения на всём протяжении элемента.

При этом при анализе заключительных фаз соревновательных упражнений динамика угловой скорости практически идентична (рис. 6).

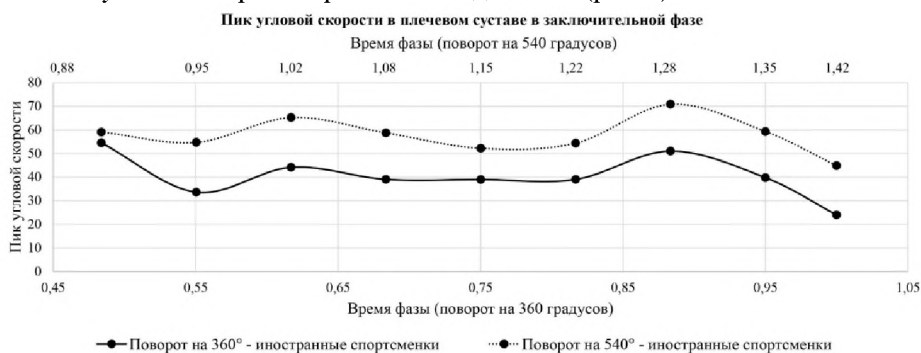


Рисунок 6 – Сравнительный анализ пиков угловой скорости плечевого сустава при выполнении заключительных фаз элементов с поворотом на 540° и 360° в исполнении иностранных гимнасток

Выводы. Кинематический анализ выявил принципиальные различия в технике поворота на 360° между ведущими иностранными спортсменками и отечественными спортсменками. Зарубежные гимнастки создают высокий стартовый пик угловой скорости в тазобедренных суставах с синхронизированным пиком скорости в плечевых суставах. При этом в финальной фазе присутствует второй пик угловой скорости в тазобедренных суставах для захода на следующий элемент.

У российских спортсменок второй пик угловой скорости в тазобедренном суставе приходится на конец первой фазы, и отсутствует финальное ускорение во второй фазе. При этом спортсменки демонстрируют чрезмерно высокую амплитуду угловой скорости плечевых суставов в начале первой фазы, что приводит к временной десинхронизации пиков угловой скорости и увеличению длительности выполнения элемента.

Техника поворота на 540° у иностранных гимнасток представляет собой логическое развитие кинематической модели поворота на 360°, которая характеризуется контролируемым снижением пиковой угловой скорости в тазобедренном суставе в начале первой фазы с последующей активацией плечевого сустава, сохраняя при этом координацию и финальные ускорения для перехода к следующему элементу. Выявленные кинематические характеристики свидетельствуют о наличии единой универсальной моторной стратегии, при которой увеличение сложности элемента достигается за счёт адаптации параметров без изменения базового двигательного паттерна, в отличие от техники российских гимнасток при повороте на 360°, препятствующей прогрессированию к повороту на 540°.

Для синхронизации времени достижения пиковой угловой скорости движений в суставах в ходе обучения рекомендуется придерживаться следующего алгоритма:

- а) обеспечить повышение взрывной силы мышц соответствующих звеньев тела;
- б) научить концентрировать усилия в начале «рабочей амплитуды»;
- в) обеспечить синхронизацию времени достижения пиковой угловой скорости в тазобедренном и плечевом суставах;
- г) постепенно усложнять движение по единой моторной модели.

Список источников

- 1 Federation Internationale de Gymnastique. URL: <https://www.gymnastics.sport/site/> (дата обращения: 31.03.2026).
- 2 Собитова М. З., Крючков А. С., Мьякинченко П. Е. Кинематические показатели выполнения элемента на брусьях разной высоты с поворотом на 360° и 540° в исполнении гимнасток сборной команды России и ведущих спортсменов мира // XII Международный научный конгресс «Спорт, Человек, Здоровье». Санкт-Петербург, 2025. С. 172–175. EDN: AAOJQH.
- 3 Dhahbi W. Advancing biomechanics: enhancing sports performance, mitigating injury risks, and optimizing athlete rehabilitation. DOI 10.3389/fspor.2025.1556024 // *Frontiers in Sports and Active Living*. 2025. Vol. 7. P. 1556024. EDN: KPWNZI.
- 4 Teferi G., Endalew D. Methods of Biomechanical Performance Analyses in Sport: Systematic Review. DOI 10.12691/ajssm-8-2-2 // *American Journal of Sports Science and Medicine*. 2020. V. 8 (2). P. 47–52.
- 5 Yeadon M. R., Pain M. T. G. Fifty years of performance-related sports biomechanics research. DOI 10.1016/j.jbiomech.2023.111666 // *Journal of Biomechanics*. 2023. Vol. 155. P. 111666. EDN: GGXBPP.

Информация об авторах:

Собитова М.З., аспирант, ORCID: 0009-0002-2773-7339, SPIN-код: 2853-3265.

Крючков А.С., начальник Национального Центра Спорта, ORCID: 0000-0001-9423-8092, SPIN-код: 8272-7820.

Мьякинченко П.Е., научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-2810-3506, SPIN-код: 3309-8458.

Фендель Т.В., проректор по учебно-воспитательной работе, ORCID: 0000-0002-6696-6102, SPIN-код: 2410-5985.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 20.05.2026.

Принята к публикации 02.06.2026.

References

- 1 “Federation Internationale de Gymnastique”, URL: <https://www.gymnastics.sport/site/> (date of application: 31.03.2026).
- 2 Sobitova M. Z., Kryuchkov A. S., Myakinchenko P. E. (2025), “Kinematic indicators of the performance of an element on bars of different heights with a turn of 360° and 540° performed by gymnasts of the Russian national team and the world's leading athletes”, *XII International Scientific Congress «Sport, Man, Health»*, St. Petersburg, pp. 172–175.
- 3 Dhahbi W. (2025), “Advancing biomechanics: enhancing sports performance, mitigating injury risks, and optimizing athlete rehabilitation”, *Frontiers in Sports and Active Living*, Vol. 7, p. 1556024, DOI 10.3389/fspor.2025.1556024.
- 4 Teferi G., Endalew D. (2020), “Methods of Biomechanical Performance Analyses in Sport: Systematic Review”, *American Journal of Sports Science and Medicine*, V. 8 (2), pp. 47–52, DOI 10.12691/ajssm-8-2-2.
- 5 Yeadon M. R., Pain M. T. G. (2023), “Fifty years of performance-related sports biomechanics research”, *Journal of Biomechanics*, Vol. 155, p. 111666, DOI 10.1016/j.jbiomech.2023.111666.