

## БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНИКИ ПОПЕРЕМЕННОГО ДВУХШАЖНОГО ЛЫЖНОГО ХОДА ЛЫЖНИЦ-ГОНЩИЦ РАЗЛИЧНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

**Н.Б. Новикова**, [novik-nat@mail.ru](mailto:novik-nat@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9514-0051>

**И.Г. Иванова**, [iivanova@spbniifk.ru](mailto:iivanova@spbniifk.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5700-6559>

**А.Н. Белёва**, [belyova.anka@yandex.ru](mailto:belyova.anka@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4299-9054>

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры,  
Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** Цель: определение кинематических характеристик попеременного двухшажного классического хода лыжниц-гонщиц различной квалификации и выявление резервов совершенствования технической подготовленности юных спортсменов. **Материалы и методы.** Исследование техники попеременного двухшажного классического хода 30 сильнейших лыжниц-гонщиц проводилось на этапе Кубка мира 2022 г. в Финляндии, а 50 юных лыжниц-гонщиц – на первенстве России среди юношей и девушек 15–16 лет в Сыктывкаре. Видеозаписи обрабатывались в программе Dartfish Pro, и рассчитывались пространственные и временные кинематические характеристики техники. Статистическая обработка результатов исследования производилась в программе R-studio. **Результаты.** Сильнейшие лыжницы демонстрируют статистически значимо более высокую скорость, длину шага и длину проката при меньшей частоте движений, соотношение периода скольжения к периоду стояния составляет у девушек 0,22:0,28 с, а у женщин – 0,28:0,24 с. Анализ величин суставных углов в ключевых позициях лыжного хода показал, что большинство юных лыжниц-гонщиц выполняют активное подседание, но при этом чрезмерно широкий выпад, что не позволяет эффективно использовать инерцию отталкивания в скольжении шаге. Сравнение угловых скоростей движения звеньев тела свидетельствуют, что молодые спортсменки способны демонстрировать высокую скорость отталкивания, а основной причиной долгого периода стояния является неоптимальная кинематическая структура лыжного хода. **Заключение.** Кинематические характеристики попеременного двухшажного лыжного хода сильнейших спортсменов мира отражают современные тенденции в лыжных гонках и могут быть ориентиром в технической подготовке юных лыжниц-гонщиц.

**Ключевые слова:** лыжные гонки, техника лыжных ходов, лыжницы-гонщицы, попеременный двухшажный ход, кинематические характеристики

**Для цитирования:** Новикова Н.Б., Иванова И.Г., Белёва А.Н. Биомеханический анализ техники попеременного двухшажного лыжного хода лыжниц-гонщиц различной квалификации // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 3. С. 127–134. DOI: 10.14529/hsm230317

Original article  
DOI: 10.14529/hsm230317

## BIOMECHANICAL ANALYSIS OF DIAGONAL STRIDE TECHNIQUES IN CROSS-COUNTRY SKIERS OF DIFFERENT SKILL LEVELS

**N.B. Novikova**, [novik-nat@mail.ru](mailto:novik-nat@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9514-0051>

**I.G. Ivanova**, [iivanova@spbniifk.ru](mailto:iivanova@spbniifk.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5700-6559>

**A.N. Belyova**, [belyova.anka@yandex.ru](mailto:belyova.anka@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4299-9054>

Saint-Petersburg Scientific and Research Institute for Physical Culture, Saint-Petersburg, Russia

**Abstract. Aim.** To identify the kinematic characteristics of diagonal stride in cross-country skiers of different skill levels and detect the potential for technique enhancement in young athletes. **Materials and methods.** The biomechanical analysis of diagonal stride was performed on 30 strongest female cross-country skiers before the FIS Cross-Country World Cup (Finland) and 50 female cross-country skiers

before the National Championships among cross-country skiers ages 15–16 (Syktyvkar). Video records were processed with the Dartfish Pro software to obtain space- and time-kinematic characteristics. The statistical processing of the data obtained was performed in R Studio. **Results.** The strongest female skiers demonstrate statistically higher speed, step and sliding length with a lower frequency of movements. The sliding to standing period ratio was 0.22:0.28 and 0.28:0.24 s for girls and women, respectively. An analysis of joint angles in key positions showed that young cross-country skiers performed an active squat with an excessively wide lunge, which did not allow the effective use of push off in the sliding step. The comparison of angular velocities indicates that young athletes demonstrate high push off speed, and the main reason for long standing is the non-optimal kinematic structure of their skiing technique. **Conclusion.** The kinematic characteristics of diagonal stride in elite athletes reflect current trends in cross-country skiing and can be a guideline in the technical training of young cross-country skiers.

**Keywords:** cross-country ski, skiing technique, female cross-country skiers, diagonal stride, kinematic characteristics

**For citation:** Novikova N.B., Ivanova I.G., Belyova A.N. Biomechanical analysis of diagonal stride techniques in cross-country skiers of different skill levels. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(3):127–134. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230317

**Введение.** Эффективная техника лыжных ходов – один из значимых факторов результативности в лыжных гонках, позволяющий наиболее полно реализовать моторный потенциал спортсмена в условиях соревнований. Биомеханике лыжных ходов высококвалифицированных спортсменов посвящено достаточно много исследований в России и за рубежом [1, 4, 6–8, 10], иностранными авторами определены гендерные различия в показателях работоспособности и техники лыжных ходов [9], однако особенности техники юных спортсменов изучены в меньшей степени. Представляется очевидным, что основы технически правильных движений должны закладываться в детском и юношеском возрасте. Одним из основных требований к технике лыжников-гонщиков является соответствие индивидуальной структуры движений уровню подготовленности, анатомо-физиологическим и возрастным особенностям. То есть, с одной стороны, тренеры юных спортсменов должны ориентироваться на эталоны техники сильнейших лыжников-гонщиков, а с другой – учитывать возможности своих подопечных, и в соответствии с этим строить процесс технической подготовки.

Попеременный двухшажный классический ход (ПДШХ) является естественным способом передвижения, и именно с него начинается обучение технике лыжных ходов в детских спортивных школах [2]. Основой ПДШХ является уверенное одноопорное скольжение, своевременный перенос веса тела и согласованные действия мышц при отталкивании руками и ногами. Этими двигательными

навыками лыжники должны овладевать с детского возраста, однако практические исследования свидетельствуют о большом количестве технических ошибок у спортсменов различной квалификации [3, 5].

Изменения, происходящие в лыжных гонках в последние десятилетия, в значительной степени влияют на технику лыжных ходов, приводят к появлению новых способов передвижения и изменению двигательной структуры традиционных ходов [8]. Сильнейшие лыжники и лыжницы обладают высоким уровнем скоростно-силовых способностей, позволяющих совершать более быстрое и мощное отталкивание и относительно дольше скользить на одной лыже [5, 10]. Несомненно, физические и технические возможности юных лыжниц-гонщиц далеки от показателей сильнейших спортсменок, однако основные требования к эффективной технике должны быть актуальны и в юношеском возрасте: своевременность и точность приложения сил при отталкивании, передача усилия без потерь и эффективное использование инерции толчка в скользящем шаге [4].

Техника попеременного двухшажного хода юных лыжниц-гонщиц исследована недостаточно, а угловые характеристики фаз классического хода юных девушек на репрезентативной выборке ранее не измерялись.

Целью исследования было определение кинематических характеристик попеременного двухшажного классического хода лыжниц-гонщиц различной квалификации и выявление резервов совершенствования технической подготовленности юных спортсменок.

**Методы и организация исследований.**

Видеосъемка техники юных лыжниц-гонщиц осуществлялась на Первенстве России среди юношей и девушек 15–16 лет на дистанции 5 км классическим стилем 16 февраля 2022 г. Видеокамера Sony HDR-CX 730 EV была установлена неподвижно, перпендикулярно лыжне на участке пологого подъема, крутизной 6°, так, чтобы в кадр попадало как минимум три цикла лыжного хода. В день гонки была стабильная погода, облачно, температура воздуха –0,7–1,2 °С, трасса жесткая, температура снега –2,3 °С. Видеосъемка техники попеременного двухшажного хода сильнейших лыжниц-гонщиц проводилась аналогичным образом на этапе Кубка мира в Лахти (Финляндия) 27 февраля 2022 г. в верхней части подъема крутизной 6°. Температура воздуха во время гонки составляла 0,5 °С, температура снега –2,1 °С, облачно, без осадков. Полученные видеозаписи были обработаны в программе Dartfish Pro, определены кинематические характеристики техники ПДШХ 50 лучших юных лыжниц-гонщиц России и 30 сильнейших лыжниц мира.

**Результаты исследований.** В Первенстве России среди юношей и девушек 15–16 лет участвовали лучшие спортсмены этого возраста из 76 регионов нашей страны. В гонке классическим стилем на дистанцию 5 км при-

няла участие 221 девушка. Кинематические характеристики попеременного двухшажного классического хода представлены в табл. 1. Юные лыжницы продемонстрировали меньшую скорость передвижения, длину шага и длину проката при большей частоте движений. Это согласуется с данными иностранных ученых о том, что длина цикла, которая чаще всего рассматривается как основной фактор, определяющий скорость передвижения на лыжах, также связана с экономичностью и уровнем мастерства [6].

Макрокинематические показатели в значительной степени зависят от условий соревновательной деятельности, в частности, скольжения лыж, а на временные параметры техники качество экипировки и состояние лыжни влияют в меньшей степени. Время отталкивания ногой и время подседания у девушек больше, а время проката меньше, чем у взрослых спортсменок (все различия статистически значимы). Соответственно, у девушек выявлена совершенно иная ритмовая структура классического хода, при которой отношение периода скольжения к периоду стояния составляет 0,22:0,28 с, тогда как у женщин – 0,28:0,24 с.

Сравнение темпоритмовой структуры лыжного хода девушек и женщин продемонстрировало явные различия в соотношении

Таблица 1  
Table 1

**Кинематические характеристики техники попеременного двухшажного классического хода на подъемах ( $\bar{X} \pm \sigma$ )**  
**Kinematic characteristics of diagonal strides on uphill ( $\bar{X} \pm \sigma$ )**

Показатель Parameter	Девушки / Girls n = 50	Женщины / Women, n = 30	Уровень значимости различий Level of significance (Wilcoxon test, p)
Скорость, м/с Speed, m/s	3,16 ± 0,26	3,37 ± 0,2	***
Длина шага, м Step length, m	3,3 ± 0,29	3,72 ± 0,25	***
Частота движений, цикл/мин Frequency of movements, cycles/min	57,68 ± 4,39	54,5 ± 2,83	**
Время отталкивания ногой, с Push off time, s	0,15 ± 0,02	0,13 ± 0,01	***
Время подседания, с Squat time, s	0,13 ± 0,02	0,11 ± 0,02	**
Время проката, с Sliding time, s	0,22 ± 0,05	0,28 ± 0,03	***
Длина проката, м Sliding length, m	0,66 ± 0,15	0,91 ± 0,11	***

*Примечание.* Здесь и в табл. 2–5 \*\*\* –  $p < 0,001$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \* –  $p < 0,05$ ; ns –  $p$  «незначимо».

*Note.* Here and in the table. 2–5 \*\*\* –  $p < 0.001$ ; \*\* –  $p < 0.01$ ; \* –  $p < 0.05$ ; ns – not significant.

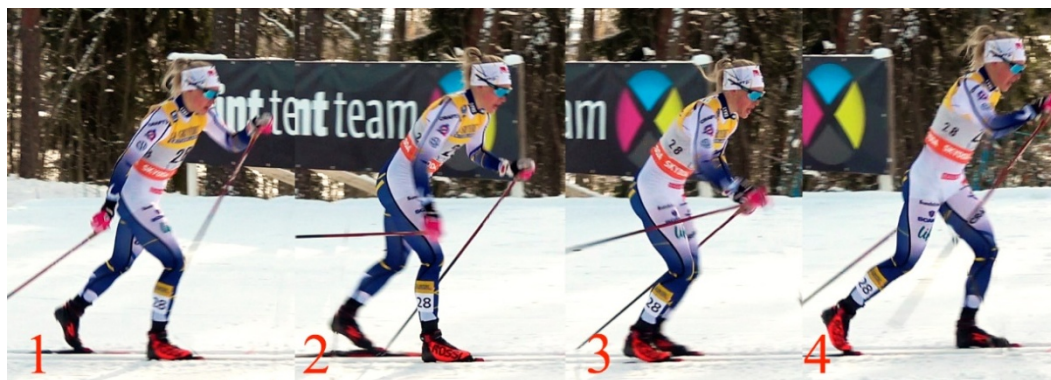
активной и пассивной фаз лыжного шага. Спортсменки высокой квалификации на подъеме той же крутизны имеют короткий период подседания-отталкивания и долгий период относительного расслабления мышц. Отличия временных параметров ПДШХ девушек могут объясняться не только их относительно низкими физическими возможностями, но и техническими недочетами. Для выявления резервов совершенствования техники были определены угловые показатели ПДШХ в ключевых моментах лыжного хода.

Измерение угловых характеристик проводилось в трех позициях: момент окончания отталкивания (измерялись углы выпада и углы опорной ноги), момент остановки лыжи (углы опорной ноги), момент подседания, когда колени находились на одной линии (углы опорной ноги) (см. рисунок).

Рассмотрим последовательно угловые характеристики в полувращении попеременного двухшажного лыжного хода. Анализ техники начинался с момента окончания отталкивания левой ногой (последний кадр, при котором колодка лыжи касается снега) (табл. 2). В этой позиции измерялись углы в суставах правой

ноги, выполняющей выпад. Одна из особенностей современной техники – узкий выпад, позволяющий быстро сместить вес тела на опорную ногу. Сильнейшие лыжницы-гонщицы перед отрывом толчковой ноги от снега выполняют короткий шаг маховой ногой, голень сильнее наклонена вперед, чем у девушек, колено согнуто до 123° (в среднем), а бедро расположено ближе к вертикали. Юные лыжницы демонстрируют более широкий выпад, в некоторых случаях даже выдвигая стопу вперед, что приводит к отставанию проекции центра масс и требует дополнительных мышечных усилий для перемещения веса тела вперед во время одноопорного скольжения.

После окончания отталкивания спортсменки скользят на лыже, разгибая опорную ногу, одновременно выполняя мах другой ногой. Скольжение на одной лыже продолжается до ее остановки (табл. 3). Угол наклона голени в этой позиции у женщин и девушек одинаковый, а величины углов в коленном и тазобедренном суставах у женщин статистически значимо больше. Это позволяет сильнейшим лыжницам занимать более высокое положение, при котором проекция центра



**Ключевые позиции лыжного хода, в которых проводились измерения**  
**Key positions for measurements**

**Таблица 2**  
**Table 2**

**Углы выпада в момент окончания отталкивания (градусы,  $\bar{X} \pm \sigma$ )**  
**Lunge angles at the end of push off (degrees,  $\bar{X} \pm \sigma$ )**

Показатель Parameter	Девушки Girls, n = 50	Женщины Women, n = 30	Уровень значимости различий Level of significance (Wilcoxon test, p)
Угол наклона голени Lower leg angle	78,19 ± 7,49	73,2 ± 6,1	**
Угол в коленном суставе Knee angle	133,62 ± 6,61	128,44 ± 7,3	**
Угол в тазобедренном суставе Hip angle	108,49 ± 6,99	112,36 ± 4,61	**

масс тела приближена к опоре. С одной стороны, такое положение более экономично, так как позволяет затрачивать меньше сил на удержание равновесия на скользящей лыже, а с другой – приводит к уменьшению траектории движения таза во время последующего подседания и, соответственно, сокращению длительности этого периода.

В следующей фазе начинается активное сгибание опорной ноги во всех суставах, продолжающееся до сведения коленей (табл. 4). Соотношение величин суставных углов в момент подседания должно быть таким, чтобы проекция подвздошной кости приходилась на переднюю часть стопы. В этой фазе девушки

сильнее наклоняют голень, чем взрослые спортсменки, а углы в коленном и тазобедренном суставах не имеют существенных различий. Такое активное положение в момент подседания соответствует современным тенденциям техники лыжного хода и должно способствовать эффективному отталкиванию.

Следующая фаза лыжного хода – отталкивание, выполняемое за счет активного разгибания ноги в коленном и тазобедренном суставах. В табл. 5 представлены величины суставных углов толчковой ноги в момент окончания отталкивания. Это то же положение, с которого мы начинали анализ угловых характеристик, но лыжницы в этот момент

Таблица 3  
Table 3Углы в суставах опорной ноги в момент остановки лыжи (градусы,  $\bar{X} \pm \sigma$ )  
Joint angles of the supporting leg at the ski stop phase (degrees,  $\bar{X} \pm \sigma$ )

Показатель Parameter	Девушки Girls, n = 50	Женщины Women, n = 30	Уровень значимости различий Level of significance (Wilcoxon test, p)
Угол наклона голени Lower leg angle	84,25 ± 7,13	84,57 ± 3,8	ns
Угол в коленном суставе Knee angle	142,31 ± 9,28	148,04 ± 6,37	**
Угол в тазобедренном суставе Hip angle	106,13 ± 8,36	111,84 ± 5,44	***

Таблица 4  
Table 4Углы в суставах в момент подседания (градусы,  $\bar{X} \pm \sigma$ )  
Joint angles at the squat phase (degrees,  $\bar{X} \pm \sigma$ )

Показатель Parameter	Девушки Girls, n = 50	Женщины Women, n = 30	Уровень значимости различий Level of significance (Wilcoxon test, p)
Угол наклона голени Lower leg angle	46,56 ± 5,23	49,65 ± 4,75	**
Угол в коленном суставе Knee angle	113,35 ± 6,36	116,14 ± 5,62	ns
Угол в тазобедренном суставе Hip angle	112,55 ± 6,65	115,47 ± 4,61	ns

Таблица 5  
Table 5Углы в суставах толчковой ноги в момент окончания отталкивания (градусы,  $\bar{X} \pm \sigma$ )  
Joint angles of the supporting leg at the end of the push off phase (degrees,  $\bar{X} \pm \sigma$ )

Показатель Parameter	Девушки Girls, n = 50	Женщины Women, n = 30	Уровень значимости различий Level of significance (Wilcoxon test, p)
Угол наклона голени Lower leg angle	39,36 ± 5,81	38,26 ± 2,88	ns
Угол в коленном суставе Knee angle	154,46 ± 10,24	151,46 ± 4,18	***
Угол в тазобедренном суставе Hip angle	165,29 ± 11,54	165,1 ± 16,37	ns

заканчивают отталкивание правой ногой и делают выпад левой.

В этой позиции у девушек и женщин нет различий в величинах угла наклона голени и угла в тазобедренном суставе, но юные лыжницы сильнее разгибают ногу в коленном суставе.

Таким образом, анализ угловых характеристик попеременного двухшажного хода лыжниц-гонщиц показал, что основные отличия техники девушек заключаются в выполнении широкого выпада, большего сгибания ноги в коленном суставе и наклона туловища в момент остановки лыжи и в более полном разгибании ноги при отталкивании. Для оценки динамических характеристик подседания и отталкивания были рассчитаны угловые скорости движения в суставах.

Во время подседания лыжницы обеих групп активно наклоняют голень и сгибают ногу в коленном суставе, причем угловые скорости в голеностопном и тазобедренном суставах не имеют существенных различий у юных и взрослых спортсменок ( $-5,06$  и  $-5,44$  рад/с в голеностопном суставе,  $0,62$  и  $0,84$  рад/с – в тазобедренном суставе у женщин и девушек соответственно), а скорость движения сгибания колена статистически значимо выше у высококвалифицированных лыжниц ( $-4,94$  рад/с – у женщин и  $-3,93$  рад/с – у девушек,  $p < 0,05$ ). Во время отталкивания спортсменки продолжают наклонять голень, и девушки делают это активнее, чем женщины. Скорость разгибания колена не имеет существенных отличий ( $4,84$  и  $4,97$  рад/с), а скорость разгибания тазобед-

ренного сустава значимо больше у юных лыжниц ( $6,33$  рад/с – у женщин и  $6,79$  рад/с – у девушек). Полученные величины угловых скоростей свидетельствуют, что молодые спортсменки способны демонстрировать высокую скорость отталкивания, а долгое подседание и отталкивание выполняют из-за неоптимальной кинематической структуры движений.

**Заключение.** В ходе исследований были измерены кинематические характеристики техники попеременного двухшажного хода сильнейших лыжниц-гонщиц на дистанции Кубка мира и показатели юных лыжниц-гонщиц 15–16 лет, лидеров Первенства России. Сравнительный анализ полученных данных показал, что в настоящее время большинство юных лыжниц-гонщиц демонстрируют вариант техники ПДШХ, не позволяющий эффективно использовать инерцию отталкивания в скользящем шаге. Приближение проекции центра тяжести к стопе опорной ноги в скользящем шаге позволит повысить экономичность хода за счет уменьшения усилий по поддержанию равновесия, сократит амплитуду и продолжительность подседания. Акцент на выполнение более короткого выпада будет способствовать сокращению времени отталкивания и увеличению продолжительности скольжения.

Кинематические характеристики попеременного двухшажного лыжного хода сильнейших спортсменок мира отражают современные тенденции в лыжных гонках и могут быть ориентиром в технической подготовке юных лыжниц-гонщиц.

### **Список литературы**

1. Гурский, А.В. Биомеханическое моделирование оптимального соотношения компонентов скорости передвижения лыжников-гонщиков разного уровня подготовленности / А.В. Гурский, Н.А. Демко // Вестник спортивной науки. – 2014. – № 2. – С. 3–8.
2. Квашук, П.В. Лыжные гонки: Примерная программа для системы дополнительного образования детей: детско-юношеских спортивных школ, специализированных детско-юношеских спортивных школ олимпийского резерва / П.В. Квашук. – М.: Совет. спорт, 2005. – 72 с.
3. Крылова, Е.А. Анализ технической подготовки юных лыжников-гонщиков / Е.А. Крылова // Актуальные вопросы подготовки лыжников-гонщиков высокой квалификации: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. тренеров по лыжным гонкам. – Смоленск: СГАФКСТ, 2017. – С. 142–146.
4. Новикова, Н.Б. Анализ динамики угловых характеристик попеременного двухшажного классического хода сильнейших лыжников / Н.Б. Новикова, Г.Г. Захаров, Н.Б. Котелевская // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 2. – С. 17–20.
5. Реуцкая, Е.А. Техническая подготовка юных лыжников-гонщиков на этапах многолетней подготовки / Е.А. Реуцкая, Т.В. Полторацкая. – Омск: ООО «ЮНЗ», 2020. – 160 с.

6. Biomechanical determinants of cross-country skiing performance: a systematic review / C. Zoppiroli [et al.] // *Journal of sports sciences*. – 2020. – Vol. 38, no. 18. – P. 2127–2148. DOI: 10.1080/02640414.2020.1775375

7. General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing? / T. Stöggl [et al.] // *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. – 2011. – Vol. 21, no. 6. – P. 791–803. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.01078.x

8. Pellegrini, B. Developments in the biomechanics and equipment of olympic cross-country skiers / B. Pellegrini, T.L. Stöggl, H.-C. Holmberg // *Frontiers in physiology*. – 2018. – P. 976. DOI: 10.3389/fphys.2018.00976

9. Sandbakk, Ø. Gender differences in endurance performance by elite cross-country skiers are influenced by the contribution from poling / Ø. Sandbakk, G. Ettema, H.-C. Holmberg // *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. – 2014. – Vol. 24, no. 1. – P. 28–33. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2012.01482.x

10. Stöggl, T. Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing / T. Stöggl, S. Lindinger, E. Müller // *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. – 2007. – Vol. 17, no. 4. – P. 362–372. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2006.00589.x

### References

1. Gurskiy A.V., Demko N.A. [Biomechanical Modeling of the Optimal Ratio of the Components of the Speed of Movement of Cross-Country Skiers of Different Levels]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Sports Science Bulletin], 2014, no. 2, pp. 3–8. (in Russ.)

2. Kvashuk P.V. *Lyzhnye gonki: Primernaya programma dlya sistemy dopolnitel'nogo obrazovaniya detey: detsko-yunosheskih sportivnyh shkol, specializirovannyh detsko-yunosheskih sportivnyh shkol olimpiyskogo rezerva* [Cross-Country Skiing. An Exemplary Program for the System of Additional Education for Children. Children's and Youth Sports Schools, Specialized Children's and Youth Sports Schools of the Olympic Reserve]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2005. 72 p.

3. Krylova E.A. [Analysis of the Technical Training of Young Cross-Country Skiers]. *Aktual'nye voprosy podgotovki lyzhnikov-gonshchikov vysokoy kvalifikacii: materialy IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii trenerov po lyzhnym gonkam* [Actual Issues of Training Highly Qualified Ski Racers. Materials of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference of Coaches in Cross-Country Skiing], 2017, pp. 142–146. (in Russ.)

4. Novikova N.B., Zaharov G.G., Kotelevskaya N.B. [Analysis of the Dynamics of the Angular Characteristics of the Alternating Two-Step Classical Move of the Strongest Skiers]. *Sportivnyy nauchnyy bylluten* [Sports Science Bulletin], 2018, no. 2, pp. 17–20. (in Russ.)

5. Reutskaya E.A., Poltoratskaya T.V. *Tekhnicheskaya podgotovka yunyh lyzhnikov-gonshchikov na etapah mnogoletney podgotovki* [Technical Training of Young Cross-Country Skiers at the Stages of Long-Term Training]. Omsk, OOO YuNZ Publ., 2020. 160 p.

6. Zoppiroli C. et al. Biomechanical Determinants of Cross-Country Skiing Performance: a Systematic Review. *Journal of Sports Sciences*, 2020, vol. 38, no. 18, pp. 2127–2148. DOI: 10.1080/02640414.2020.1775375

7. Stöggl T. et al. General Strength and Kinetics: Fundamental to Sprinting Faster in Cross Country Skiing? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2011, vol. 21, no. 6, pp. 791–803. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.01078.x

8. Pellegrini B., Stöggl T.L., Holmberg H.C. Developments in the Biomechanics and Equipment of Olympic Cross-Country Skiers. *Frontiers in Physiology*, 2018, p. 976. DOI: 10.3389/fphys.2018.00976

9. Sandbakk Ø., Ettema G., Holmberg H.C. Gender Differences in Endurance Performance by Elite Cross-Country Skiers are Influenced by the Contribution from Poling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2014, vol. 24, no. 1, pp. 28–33. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2012.01482.x

10. Stöggl T., Lindinger S., Müller E. Analysis of a Simulated Sprint Competition in Classical Cross Country Skiing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2007, vol. 17, no. 4, pp. 362–372. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2006.00589.x

*Информация об авторах*

**Новикова Наталья Борисовна**, кандидат педагогических наук, руководитель сектора «Современные технологии подготовки высококвалифицированных спортсменов», Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физкультуры и спорта, Санкт-Петербург, Россия.

**Иванова Инна Георгиевна**, научный сотрудник, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физкультуры и спорта, Санкт-Петербург, Россия.

**Белёва Анна Николаевна**, младший сотрудник, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физкультуры и спорта, Санкт-Петербург, Россия.

*Information about the authors*

**Natalia B. Novikova**, Candidate of Pedagogical Sciences, Head of Modern Technologies for the Training of Highly Skilled Athletes, Saint Petersburg Scientific and Research Institute for Physical Culture, St. Petersburg, Russia.

**Inna G. Ivanova**, Researcher, Saint Petersburg Scientific and Research Institute for Physical Culture, St. Petersburg, Russia.

**Anna N. Belyova**, Junior Researcher, Saint Petersburg Scientific and Research Institute for Physical Culture, St. Petersburg, Russia.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

**Статья поступила в редакцию 30.06.2023**

**The article was submitted 30.06.2023**