Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_36
УДК 796.92

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_36
UDC 796.92

ОЦЕНКА РИТМО-СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЛЫЖНЫХ ГОНКАХ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПО-РИТМОВОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ

В.Ю. Куимов
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Цель исследования: оценить ритмо-структурные показатели лыжников-гонщиков при изменении темпо-ритмовых режимов движения. ***Методы.*** В исследовании приняли участие 8 лыжников-гонщиков, имеющих разряд кандидата в мастера спорта. Тестирование проходило в г. Красноярске (Многофункциональный спортивный комплекс «Академия биатлона») на подъеме длиной 200 метров и с уровнем наклона 6-7 градусов. Измерение угловой скорости осуществлялось с помощью инерциального датчика «WitMotion» во время конькового одновременного одношажного хода в трех различных режимах темпо-ритмового движения: с полной амплитудой движения, в стандартном тренировочном темпе, с частичной амплитудой движения (укороченный мах). ***Результаты.*** Установлено, что частота основного колебания амплитудного спектра угловой скорости увеличивается при повышении интенсивности темпо-ритмового режима движения. Смещение большей части значений количества махов при повышении интенсивности темпо-ритмового режима движения проявляется в сторону срединных показателей асимметрии (на уровне 50%). ***Заключение.*** Ключевыми ритмо-структурными показателями, характеризующими зависимость темпа движения от рельефа лыжной трассы, оказались частота основного колебания амплитудного спектра и число махов в рамках заданного диапазона асимметрии.
Ключевые слова: лыжные гонки, биомеханика, ритмо-структурные характеристики, угловая скорость, частота, амплитуда, асимметрия, рельеф, датчик акселерации.

ASSESSMENT OF RHYTHMIC-STRUCTURAL INDICES IN CROSS-COUNTRY SKIING WHEN CHANGING THE TEMPO-RHYTHMIC MODES OF MOVEMENT

V.Yu. Kuimov
Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The objective of the study was to evaluate the rhythmic-structural parameters of ski racers when changing the tempo-rhythmic modes of movement. ***Methods.*** Eight cross-country skiers with the Candidate Master of Sports rank participated in the study. Testing took place in Krasnoyarsk (the “Biathlon Academy” Multifunctional Sports Complex) on a 200-meter climb with a 6-7 degree incline. Angular velocity was measured using a WitMotion inertial sensor during a skating, simultaneous, single-step gait in three different tempo-rhythmic modes: 1) full range of motion, 2) standard training tempo, and 3) partial range of motion (shortened swing). ***Results.*** It was found that the fundamental oscillation’s frequency of the angular velocity’s amplitude spectrum enhances with increasing intensity of the tempo-rhythmic mode of movement. With increasing intensity of the tempo-rhythmic mode of movement, the majority of the values of the number of swings shift toward the median asymmetry values (at the 50% level). ***Conclusion.*** The key rhythmic-structural indices characterizing the dependence of the movement tempo on the relief of the ski track turned out to be the frequency of the amplitude spectrum’s main oscillation and the number of swings within a given asymmetry range.
Keywords: cross-country skiing, biomechanics, rhythmic-structural characteristics, angular velocity, frequency, amplitude, asymmetry, terrain, acceleration sensor.

Введение. Концептуальный подход в скоростно-силовой подготовке лыжников-гонщиков за последнее десятилетие приобрел особую значимость при построении тренировочного процесса [1-3]. Основываясь на поляризованной модели подготовки относительно интенсивности частоты сердечных сокращений, тренеры и специалисты лыжного спорта внедряют в систему тренировок формат блоковой периодизации силового тренинга (основы программы по Иссурину В.Б.) [4] общей физической подготовки, подбирая преимущественно комплекс упражнений, задействующих основные группы

мышц, которые используются с применением специального инвентаря. Особое значение в специальном силовом тренинге лыжников-гонщиков имеют тренировки, направленные на развитие медленных мышечных волокон при непосредственном оказании внешнего сопротивления на мышцы со стороны рельефа лыжных трасс [5], дополнительного веса (жилет, пояс) и т.п. Комбинированный подход силового тренинга лыжников-гонщиков оказывает особое воздействие на структуру мышечного волокна и саркоплазматическую сеть. Рассматривая рельеф лыжной трассы как внешнее сопротивление со стороны силового компонента, нужно обратить внимание на нагрузку, воздействующую на медленные мышечные волокна, поскольку она имеет прямую пропорциональность по отношению к увеличению уровня градиента рельефа. Основной объем тренировочной нагрузки сосредоточен в аэробной зоне интенсивности, что характерно для развития окислительных способностей мышечного волокна в видах спорта на выносливость. Для проведения сравнительного анализа скоростно-силовых способностей у двух групп испытуемых Гурский А.В. и соавт. внедрили скоростно-силовой комплекс подготовки для основной группы и провели тестирование, которое показало, что наибольшие различия в результатах зафиксированы по показателям времени, затраченного на прохождение стометровой дистанции на лыжероллерах одновременным бесшажным ходом за счет одних только толчков руками. По мнению Гурского А.В. и соавт., повышение скорости прохождения дистанции у испытуемых основной группы было достигнуто в основном за счет увеличения длины шага, т.е. увеличения силы отталкивания, а не за счет повышения темпа движения [6].

Hay J.G. считает, что в циклических видах спорта основным фактором увеличения скорости передвижения до максимальной является повышение частоты движений в цикле [7]. Многие авторы отмечают, что темп движений в структуре лыжных передвижений является единственным способом регулирования скорости, в то время как длина цикла преимущественно остается постоянной [8]. По мнению А.С. Дорожко, показатели ритмо-структурных характеристик позволяют тренерам и специалистам лыжного спорта провести оперативный контроль двигательных действий в период приложения усилий палочками на различном по уровню градиента рельефе, основываясь на изменении угловой скорости, тензометрических показаний, обработанных с датчиков, встроенных в палочки и лыжероллеры [5].

Гусейнов Д.И. с другими авторами в исследовании рассматривает ритмо-структурные характеристики как оценку технической подготовленности, основанной на показателях реципрокной координации движений [9].

Процентное соотношение развитых медленных и быстрых мышечных волокон образовано и распределено с учетом индивидуальных физиологических особенностей лыжников-гонщиков, а также степени их тренированности. Проявление быстроты или силы воздействия на клеточном уровне по оказываемой форме нагрузки при вовлечении большого количества мышечных волокон в специальном двигательном действии, преодолевая подъемы лыжных трасс различной крутизны, можно наблюдать при измерении ритмо-структурных характеристик, показатели которых отличаются по степени проявления амплитуды, частоты и асимметрии колебаний угловой скорости. А.С. Дорожко и др. отмечено, что на изменение ритмо-структурных характеристик оказывает влияние уровень градиента рельефа [5]. Отклик проприорецепторов мышечного волокна на оказываемую нагрузку со стороны внешнего сопротивления (рельеф лыжной трассы) регулируется спортсменом самостоятельно на основе субъективных ощущений, практических наблюдений тренеров, тестирования и оценки с помощью измерительных устройств. Большинство авторов научных исследований рассматривают ритмо-структурные характеристики как средство изучения техники двигательного действия, а не как метод оценки тренировочной нагрузки при оказываемой внешней нагрузке, сформированной различной формой крутизны рельефа.

Цель исследования – оценить ритмо-структурные показатели лыжников-гонщиков при изменении режимов темпо-ритмового движения.

Методы и организация исследования. Исследование проходило на базе Многофункционального спортивного комплекса «Академии биатлона». В рамках проведенного исследования было протестировано 8 лыжников-гонщиков, имеющих квалификацию кандидата в мастера спорта. Измерение было выполнено на подъеме 200 метров с углом наклона, равным 6-7° (пологий подъем). Условия трассы – твердая, приблизительно до 2 см покрыта слоем свежего снега, основание покрова лыжной трассы очень жесткое. Скольжение хорошее, тестирование осуществлялось на лыжах «Fisher 3D speed max». Измерение угловой скорости производилось с помощью датчика акселерации «WitMotion» с частотой измерения параметров равной 200 Гц. Сигналы данных с датчика передавались по радиоканалам Bluetooth, принимались и архивировались в мобильном смартфоне. Датчик акселерации «WitMotion WT9011DCL» при измерении был закреплен посередине плеча (рис. 1).

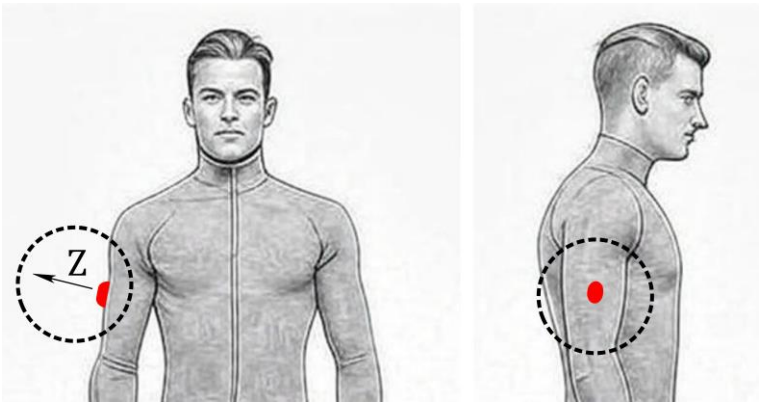


Рис. 1. Место закрепления и направление оси Z датчика WitMotion

Тестирование проводилось в условиях преимущественно аэробного энергообеспечения при передвижении коньковым одновременным одношажным ходом на подъеме 6-7°. Испытуемые преодолевали подъем в трех установленных режимах темпо-ритмового движения: работа в стандартном темпе, с полной амплитудой движения, с частичной амплитудой движения (укороченный мах). В контексте биомеханического анализа темпо-ритмовой структуры движений амплитуда интерпретируется как характеристика махового действия (отталкивание лыжными палками в подъем), дифференцируемая на стандартную, сокращенную и полную.

Обработка данных измерений угловой скорости проводилась с использованием программирования на языке Python 3.12. С целью избавиться от высокочастотных шумов данные измерения угловой скорости датчика относительно оси Z обрабатывались с использованием фильтра низких частот.

Затем все измерения разделялись на отдельные колебания (махи), каждое из которых начиналось и заканчивалось в местах, где угловая скорость меняла знак с отрицательной на положительную, т.е. $w_i<0$ и $w_{(i+1)}>0$, где w_i – i-я точка измерения. Отдельное колебание (мах), обозначенное в непрерывных данных, можно увидеть на рисунке 2.

После того, как все данные были разбиты на отдельные махи, для каждого из них были получены величины:

1) размах колебаний P (разница между максимальным и минимальным значениями), °/с;

2) период колебания T, с;

3) время t^+, в течение которого угловая скорость была положительной, с.

После чего высчитывалась ассиметрия (Asym, %) как отношение времени t^+ к общему времени T: $Asym = t^+/T \bullet 100$.

Обработка данных проведена с применением традиционных методов математической статистики в программном обеспечении Excel 2019: расчет среднегрупповых значений (M), стандартного квадратичного отклонения (σ), оценка выборок на соответствие нормальному распределению (тест Шапиро-Уилка), определение достоверности различий между результатами тестирования по t-критерию Стьюдента. Критическим уровнем статистической значимости различий считался $p<0,05$.

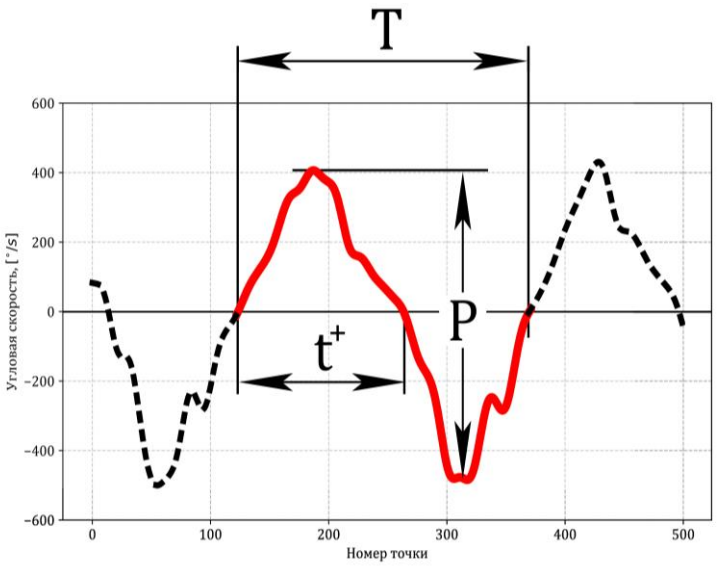


Рис. 2. Пример отдельного колебания, маха (сплошная линия на графике) и величин, измеряемых для каждого из колебаний

Результаты исследования и их обсуждение. После проведения тестирования и обработки данных угловой скорости были получены результаты ритмо-структурных характеристик у 8 лыжников-гонщиков в трех режимах темпо-ритмового движения. Оценивались следующие показатели: частота основного колебания (ОК) амплитудного спектра, асимметрия колебаний и амплитуда (размах колебаний) угловой скорости, количество махов в определенном диапазоне асимметрии (рис. 3).

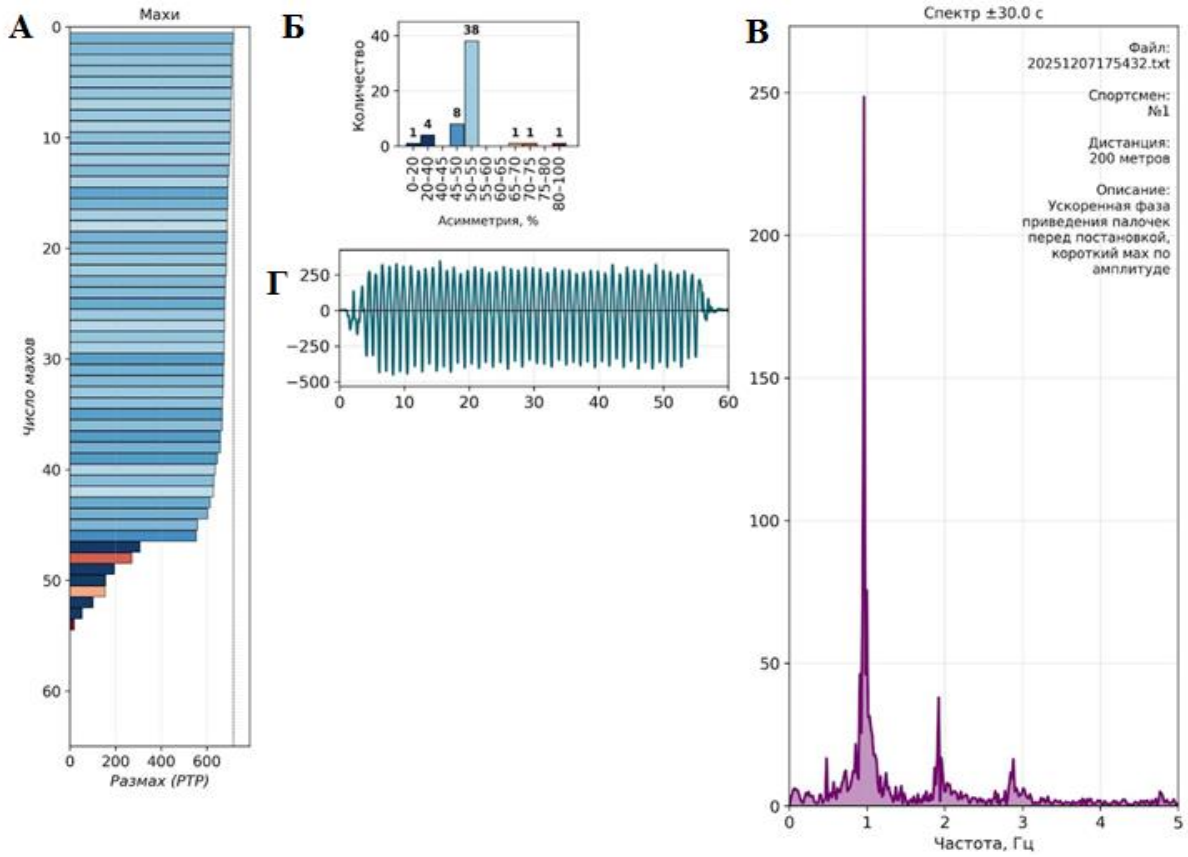


Рис. 3. Ритмо-структурные показатели одного из участников тестирования после обработки данных изменения угловой скорости. А – амплитуда (размах угловой скорости колебания) и число махов; Б – количество махов при асимметрии в %; В – график изменения частоты основного колебания амплитудного спектра от амплитуды амплитудного спектра угловой скорости; Г – график изменения угловой скорости.

Отмечается, что самые низкие значения частоты ОК амплитудного спектра были зафиксированы в режиме при махе с полной амплитудой отталкивания (табл. 1). Наиболее высокие показатели частоты ОК амплитудного спектра наблюдались в тесте у группы испытуемых при укороченном махе с частичной амплитудой движения.

Результаты асимметрии колебаний угловой скорости были зафиксированы с низкими значениями в режиме со стандартным темпо-ритмовым движением при низкоинтенсивной равномерной тренировке, далее расположились результаты с режимом использования частичной амплитуды движения (укороченный мах), наиболее высокие показатели наблюдались при полной амплитуде движения. Количество махов при асимметрии с повышением интенсивности режима темпо-ритмового движения прослеживается смещением большей части данных измерений в область асимметрии, равную 50-55%. Значительная область данных количества махов при асимметрии сосредоточилась в диапазоне 55-60% при темпо-ритмовом режиме с полной амплитудой движения, что указывает на наиболее продолжительное время при отталкивании с задействованием преимущественно силовых способностей лыжников-гонщиков.

Таблица 1

Показатели ритмо-структурных характеристик у лыжников-гонщиков в трех темпо-ритмовых режимах движения

Показатели	Лыжники-гонщики							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Работа в стандартном темпе								
Амплитуда, °/с	552	547,6	561,3	573,8	556,4	535,2	581	572,1
Частота, Гц	0,877	0,895	0,892	0,900	0,879	0,887	0,889	0,895
Асимметрия, %	51,3	50,9	49,4	53,7	49,8	50,4	48,5	54,3
Количество махов при асимметрии 50-55%	43	38	32	27	26	30	41	32
Полная амплитуда движения при отталкивании								
Амплитуда, °/с	503,1	505	552,4	526,5	517,2	489,7	530,4	501,7
Частота, Гц	0,869	0,841	0,875	0,877	0,856	0,871	0,868	0,879
Асимметрия, %	56,1	58,7	57,2	56,5	54,8	54,9	57,9	57,1
Количество махов при асимметрии 55-60%	32	29	34	27	30	26	36	31
Частичная амплитуда (укороченный мах)								
Амплитуда, °/с	520	518,2	524	569,1	562	553,4	549,7	541
Частота, Гц	0,941	0,989	0,919	0,997	0,975	0,96	0,971	0,931
Асимметрия, %	54	54,1	55,3	52,6	53,7	55,1	52,9	51,4
Количество махов при асимметрии 50-55 и 55-60%	28 и 26	35 и 30	26 и 28	34 и 33	31 и 24	23 и 27	40 и 36	32 и 28

В таблице 2 представлены результаты среднего значения показателей ритмо-структурных характеристик у лыжников-гонщиков, показывающие увеличение или уменьшение по данным измерений частоты ОК амплитудного спектра, асимметрии и амплитуды угловой скорости. Среднее значение показателей частоты ОК амплитудного спектра выделяются в режиме при отталкиваниях с использованием частичной амплитуды движения (короткая фаза отталкивания), измерения которого имеют наибольшие показатели, что можно визуализировать на тренировках по специальной физической подготовке.

В настоящей работе было установлено, что измерение ритмо-структурных характеристик в трех режимах темпо-ритмового движения можно оценить с использованием наиболее информативных показателей частоты ОК амплитудного спектра, изменения угловой скорости и количества махов при определенной асимметрии. Увеличение частоты ОК амплитудного спектра сопровождается повышением интенсивности темпо-ритмового режима движения при

аэробной нагрузке на подъеме 6 градусов. Можно предположить, что при повышении темпо-ритмового режима движений смещение большего количества махов в зону асимметрии 50% указывает на тенденцию к применению режима, адаптированного по интенсивности и силе отталкивания. Такой подход позволяет развивать скоростно-силовые качества, не выходя за пределы аэробной зоны энергообеспечения, и способствует их сбалансированному развитию без преимущественного акцента на специальную силу у лыжников-гонщиков.

Таблица 2

Среднее значение показателей ритмо-структурных характеристик у лыжников-гонщиков в трех темпо-ритмовых режимах движения (n=8), M±σ

Темпо-ритмовый режим движения	Амплитуда, °/с	Частота, Гц	Асимметрия, %	Количество махов
Стандартный тренировочный темп (1)	559,92±5,38*	0,889±0,003*	51,04±0,72*	33,62±2,24*
Полная амплитуда движения при отталкивании (2)	515,75±7,1*	0,867±0,004*	56,65±0,48*	30,62±1,19*
Частичная амплитуда (укороченный мах) (3)	542,17±6,94*	0,96±0,009*	53,64±0,46*	31,12±1,91*
P<	P_{1-2} – 0,001 P_{2-3} –0,032 P_{1-3} –0,048	P_{1-2} – 0,003 P_{2-3} – 0,001 P_{1-3} – 0,001	P_{1-2} – 0,001 P_{2-3} – 0,005 P_{1-3} – 0,042	–

Примечание: * – различия статистически достоверны между темпо-ритмовыми режимами у показателей (амплитуды, частоты, асимметрии) при 5% уровне значимости.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о том, что ритмо-структурные характеристики являются информативными показателями воздействия рельефа на темпо-ритмовый режим движения. У всей группы испытуемых повышение интенсивности темпо-ритмового режима движения сопровождалось ростом частоты основного колебания в амплитудном спектре угловой скорости и концентрацией количества махов в зоне срединных значений асимметрии (на уровне 50%). Проведенное исследование позволило установить, что наиболее значимыми ритмо-структурными показателями, отражающими влияние рельефа лыжной трассы (как фактора внешней нагрузки) на темпо-ритмовый режим движения, являются частота основного колебания амплитудного спектра и количество махов при определенном диапазоне асимметрии.

Конфликт интересов. Автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теоретико-методологический анализ скоростно-силовой подготовки высококвалифицированных лыжников-гонщиков / А.Е. Глинчикова, О.Л. Спицын, А.А. Калмыков, Д.В. Семенихин // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 5(171) – С. 75-79.
2. Грушин, А.А. Скоростно-силовая подготовка в циклических видах спорта с проявлением выносливости (на примере лыжных гонок) / А.А. Грушин, С.В. Нагейкина, Е.Н. Приходько // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 2. – С. 11-16.
3. Гурский, А.В. Развитие силовых показателей основных мышечных групп лыжников-гонщиков высокой квалификации / А.В. Гурский, В.Н. Чернова, О.М. Бубненкова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 12(202). – С. 114-119.
4. Иссурин, В.Б. Подготовка спортсменов XXI века: научные основы и построение тренировки / В.Б. Иссурин. – М.: СПОРТ, 2016. – 464 с.
5. Дорожко, А.С. Влияние уклона трассы на силу и мощность отталкивания лыжников-гонщиков при передвижениях одновременным одношажным коньковым стилем / А.С. Дорожко // Мир спорта. – 2021. – № 1(82). – С. 26-32.
6. Гурский, А.В. Индекс проявления скоростно-силовых возможностей и его роль в тренировочном процессе лыжников-гонщиков высокой квалификации / А.В. Гурский, А.А.

Николаев // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2022. – № 2(40) – С. 19-23
7. Hay, J.G. Technique analysis in elite athletes using principal component analysis / J.G. Hay // Journal of Applied Biomechanics. – 2002. – No. 18(3). – P. 257-270.
8. Nilsson, J. Effects of speed on temporal patterns in classical style and freestyle cross-country skiing / J. Nilsson, P. Tveit, O. Eikrehagen // Sports Biomechanics. – 2004. – No. 3(1). – P. 85-107.
9. Гусейнов, Д.И. Особенности педагогической оценки и контроля технической подготовленности лыжников-гонщиков по показателям реципрокной координации движений / Д.И. Гусейнов, В.Е. Васюк, Ш.Р. Юсупов // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11. – № 3. – С. 56-65.

REFERENCES

1. Glinchikova A.E., Spitsyn O.L., Kalmykov A.A., Semenikhin D.V. Theoretical and methodological analysis of speed and power training of highly qualified skiers-racers. *Scientific Notes of P.F. Lesgaft University*, 2019, no. 5, pp. 75-79. (in Russ.)
2. Grushin A.A., Nageikina S.V., Prikhodko E.N. Speed-strength training in cyclic sports with endurance (using cross-country skiing as an example). *Sports science bulletin*, 2018, no. 2, pp. 11-16. (in Russ.)
3. Gursky A.V., Chernova V.N., Bubnenkova O.M. Development of strength indicators of the main muscle groups of highly qualified skiers. *Scientific Notes of P.F. Lesgaft University*, 2021, no. 12, pp. 114-119. (in Russ.)
4. Issurin V.B. Training of athletes of the 21st century: scientific foundations and training structure. Moscow: “SPORT”, 2016, 464 p. (in Russ.)
5. Dorozhko A.S. Influence of the track incline on the push-off force and power of cross-country skiers performing V2 skating technique. *Mir Sports*, 2021, no. 1, pp. 26-32. (in Russ.)
6. Gursky A.V., Nikolaev A.A. Exertion index of speed-strength possibilities and its role in the training process of highly qualified cross-country skiers. *Fizicheskoe vospitanie i sportivnaya trenirovka*, 2022, no. 2, pp. 19-23. (in Russ.)
7. Hay J.G. Technique analysis in elite athletes using principal component analysis. *Journal of Applied Biomechanics*, 2002, vol. 18, no. 3, pp. 257-270.
8. Nilsson J., Tveit P., Eikrehagen O. Effects of speed on temporal patterns in classical style and freestyle cross-country skiing. *Sports Biomechanics*, 2004, vol. 3, no. 1, pp. 85-107.
9. Guseinov D.I., Vasuk V.E., Yusupov Sh.R. Features of pedagogical assessment and control of technical preparedness of cross-country skiers according to indicators of reciprocal coordination of movements. *Science and sport: current trends*, 2023, vol. 3, no. 11, pp. 56-65. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Вадим Юрьевич Куимов – аспирант кафедры теории и методики спортивных дисциплин института физической культуры, спорта и туризма, Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: Vadim.Cuimow@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7658-790X.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR:

Vadim Yu. Kuimov – Postgraduate Student of the Department of Theory and Methodology of Sports Disciplines, Institute of Physical Education, Sports, and Tourism, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: Vadim.Cuimow@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7658-790X.

Для цитирования: Куимов, В.Ю. Оценка ритмо-структурных показателей в лыжных гонках при изменении темпо-ритмового режима движения / В.Ю. Куимов // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_36

For citation: Kuimov V.Yu. Assessment of rhythmic-structural indices in cross-country skiing when changing the tempo-rhythmic modes of movement. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_36