

ТЕМПОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЙ НА КОРОТКИХ СКАЛОЛАЗНЫХ ТРАССАХ

Аннотация. В статье представлены материалы анализа темповых характеристик лазания, их влияние и взаимосвязь с результатом прохождения коротких скалолазных трасс. В период с 2013 по 2024 гг., были изучены 1343 выступления скалолазов мужчин на крупных международных турнирах. Исследования позволили определить степень взаимосвязи темпа с результатом выступления, и установить, что в зависимости от уровня мастерства скалолаза, степень связи колеблется в диапазоне от $r = -0,30$ до $r = -0,45$, оставаясь при этом всегда высокозначимой. Полученные данные позволяют утверждать, что более высокий темп выполнения движений способствует хорошим результатам выступления на коротких спортивных трассах, на уровне не ниже $p = 0,007$, вне зависимости от степени мастерства скалолаза. В ходе эксперимента были построены математические модели для четырёх кластеров скалолазов, распределённых в соответствии с спортивными результатами в дисциплине лазания на трудность. Модели позволяют рассчитать оптимальный темп лазания, способствующий достижению запланированного результата.

Ключевые слова: скалолазание, соревнования, трудность, темп лазания, влияющие факторы, результат, моделирование, короткие трассы.

Kotchenko Y. V.

Sevastopol State University

Russia, Sevastopol

skala7b@rambler.ru

TEMPO CHARACTERISTICS OF MOVEMENTS ON SHORT CLIMBING ROUTES

Abstract. The article presents the analysis of the tempo characteristics of climbing, their influence and relationship with the result of passing short climbing routes. In the period from 2013 to 2024, 1343 performances of male climbers at major international tournaments were studied. The studies allowed us to determine the degree of relationship between the tempo and the performance result, and to establish that, depending on the skill level of the climber, the degree of relationship fluctuates in the range from $r = -0.30$ to $r = -0.45$, while always remaining highly significant. The data obtained allow us to assert that a higher tempo of movement execution contributes to good performance results on short sports routes, at a level of at least $p = 0,007$, regardless of the skill level of the climber. During the experiment, mathematical models were built for four clusters of climbers distributed in accordance with their sports results in the discipline of lead climb-

ing. The models allow us to calculate the optimal climbing tempo that contributes to achieving the planned result.

Keywords: rock climbing, competitions, difficulty, climbing pace, influencing factors, result, modeling, short routes.

Актуальность. Во время прохождения скалолазной трассы, на спортивный результат скалолаза оказывает влияние множество факторов. Главными и определяющими факторами успешного выступления, являются общий уровень мастерства и текущий уровень готовности, включающий все виды предстартовой подготовки. По этой причине, и с учетом того, что скалолазание относится к атлетическим, сложнокоординационным видам спорта, большинство научных публикаций в спортивном скалолазании посвящено изучению специфической силы [1, 2] и специальной выносливости [3, 4], а также различным антропометрическим характеристикам скалолаза [5, 6, 7].

По результатам отдельных крупных исследовательских обзоров, публикации по этим трем направлениям составляют 90,6% от числа всех научных работ, связанных с детерминантами производительности в спортивном скалолазании, при этом ряд исследователей отмечает, что антропометрические характеристики не оказывают существенного влияния на результативность спортивного выступления [8].

Реестр менее значимых, но не менее важных факторов успеха в скалолазании весьма обширный, и включает несколько разделов по теории тренировочного процесса [9, 10], педагогического контроля [11], психологии [12], моделирования соревновательной эффективности и динамики спортивного результата [13]. В отличии от этих разделов, анализ характеристик двигательных действий скалолаза непосред-

ственно в момент выступления и их влияние на конечный результат, остается малоизученной областью соревновательной практики в дисциплине лазания на трудность.

Одной из таких характеристик является темп выполнения движений во время прохождения скалолазом спортивной трассы. Темп показывает время, затраченное спортсменом для выполнения одного движения, и рассчитывается как отношение рабочего времени лазания к сумме выполненных результативных движений [14, с. 152].

Сложность анализа темповых характеристик обусловлена изменчивостью параметров соревновательных трасс, а именно категорией трудности и протяжённостью, а также уровнем мастерства участников. В случае с протяжённостью, отсутствие стандарта длины трассы позволяет судьям готовить маршруты в относительно широком диапазоне: от 30-35 перехватов до 50 и более, что отражается на всех временных и двигательных характеристиках лазания, в том числе и на темпе выполнения движений. Кроме этого, одна из гипотез исследования предполагала, что темповые характеристики лазания свойственные спортсменам общей группы (низкий и средний уровень подготовки), будут отличаться от характеристик свойственных группе лидеров (первая шестёрка), или призёров, что учитывалось при формировании экспериментальной выборки.

Цель исследования. Изучить зависимость и определить степень влияния темпа лазания на результат вы-

ступления скалолазов мужчин на коротких спортивных трассах в дисциплине лазания на трудность.

Методы исследования. Исходные данные для анализа собраны на международных соревнованиях в период с 2013 по 2024 гг. База данных включала $n = 1343$ выступления на полуфинальном и финальном этапах соревнований, таких как этапы кубка и чемпионаты мира. Используемые методы: видеоанализ старта, кластеризация, корреляция, регрессия.

Результаты. Темп выполнения движений (w) в скалолазании формируется под влиянием ряда аспектов и личных качеств спортсмена, и зависит от:

- уровня физической и технической подготовки;
- способности скалолаза к пространственному мышлению;
- умения быстро находить оптимальную позицию для выполнения следующего движения;
- индивидуальных особенностей лазания и личных предпочтений.

В зависимости от степени готовности скалолаза и его личных качеств, сложность одного выполняемого перехвата может сильно различаться по абсолютным показателям: от 2-3 до 15-20 секунд. По этим причинам темп характеризуется высокой степенью лабильности: скорость выполнения единично го результативного движения постоянно меняется в зависимости от трудности и вариативности отдельного участка трассы.

Величина темпа определялась как отношение чистого времени лазания (паузы отдыха в ходе выступления исключались из наблюдений) к сумме результативных движений:

$$w = \frac{t_2}{\sum_{d=1}^{d_i} d_i} \quad (1)$$

где w – темп лазания; t_2 – чистое время работы на трассе; d – сумма результативных движений.

Рабочая гипотеза исследования предполагала, что более эффективным в плане результативности выступления, будет более быстрое движение по маршруту. Однако соревновательная практика показывает, что далеко не все спортсмены лезут в высоком темпе, и при этом выигрывают соревнования. С одной стороны, высокий темп лазания способствует экономизации энергозатрат. С другой, сокращается время оперативного мышления, необходимое для выбора оптимальной позиции, что способствует росту вероятности возникновения тактической ошибки.

В ситуации, когда прохождение отдельных участков маршрута требует высоких физических затрат и предельной концентрации внимания, происходит снижение быстроты принятия решений и скорости выполнения отдельных двигательных действий. Далеко не все спортсмены способны поддерживать высокий темп лазания, особенно когда протяжённость трассы (Y_{top}) достигает 45-50 и более перехватов. Предполагая, что длина трассы оказывает влияние на темп выполнения движений, для анализа были отобраны только выступления спортсменов на коротких трассах, где $Y_{top} \leq 42$.

Следующий этап исследования – кластеризация данных по уровню спортивного мастерства. Несмотря на то, что показатели недостаточно подготовленных скалолазов, не прошедших квалификационный отбор, были исключены из общей выборки данных,

сформированный кластер спортсменов, включающий и мастеров, и элиту мирового скалолазания, требовал дополнительной градации.

На предварительном этапе исследования был проведён анализ всех собранных наблюдений, включающий данные и с коротких ($Y_{top} \leq 42$), и с длинных ($Y_{top} > 42$) трасс, который показал, что в общем случае парной связи «темп – результат» наблюдается обратная линейная зависимость: высоким результатам способствует более быстрый темп лазания, $r = -0,40$, $p \ll 0,01$.

Больше всего спортсменов (80%), работают во временном диапазоне, от 4,8 до 7,3 секунд. Очень высокие значения ($w < 4,8$ с) сосредоточены в узком диапазоне, размером всего в 0,8 секунды (4,0-4,8 с), и как правило, не способствуют достижению высокого результата: среднее место среди спортсменов, работающих в таком темпе – восьмое. Низкие значения имеют гораздо больший разброс: от 7,4 до 11 секунд. И это еще более худший вариант, поскольку в этом случае средняя позиция в итоговом протоколе – 12 место.

На коротких трассах вид зависимости не меняется, степень парной связи темп – результат ($w - Y$) снижается до $r = -0,30$, но продолжает оказывать влияние на итог выступления, рис. 1. Абсолютное большинство показателей находится в интервале 5,0-7,6 секунды. Спортсмены двигаются несколько медленнее (на 5%), чем на трассах средней или высокой протяженности, а показатели эффективности выступления меняются только частично.

Так, при высоком темпе, изменений не наблюдается: средний результат у скалолазов с показателем $w < 5,0$ с – также восьмое место. Отличия присутствуют при значениях, когда $w > 7,6$ с. При таких показателях темпа, закономерности парной связи « $w - Y$ » характерные для низкой скорости выполнения движений меняются и средний показатель результативности понижается с 12 до 14 места.

В кластере лидеров (первая шестёрка) уровень связи темпа с результатом ненамного (на 2 пункта) выше, чем в общем кластере спортсменов. Незначительность роста объясняется тем, что в состав общего кластера входят и показатели элиты. Если эти показатели исключить, величина превышения сразу достигает 9 пунктов. В целом, большинство лидеров, на коротких трассах работает в интервале $4,9 < w < 7,6$, затрачивая на одно результативное движение, в среднем $\bar{w} = 6,15$ секунды. Этот интервал можно охарактеризовать как зону оптимального темпа лазания.

Более детальный анализ показал, что при кластеризации совокупности наблюдений на три подкластера (спортсмены, занимающие 4-6 места, призеры и чемпионы), проявляется закономерность, наглядно демонстрирующая, что достижению призовых мест, сопутствует и способствует более высокий темп выполнения движений.

На рисунках 1 - 4 представлены данные анализа зависимости парной связи « $w - Y$ » на коротких трассах для четырёх кластеров.

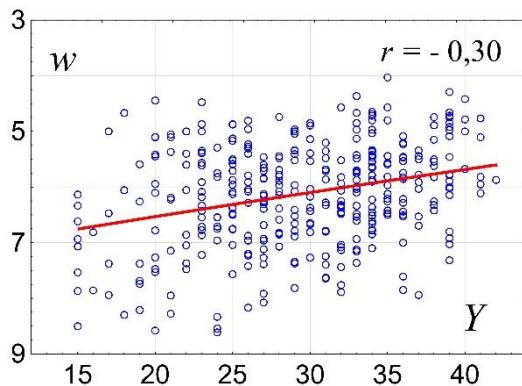


Рисунок 1. Кластер общей группы

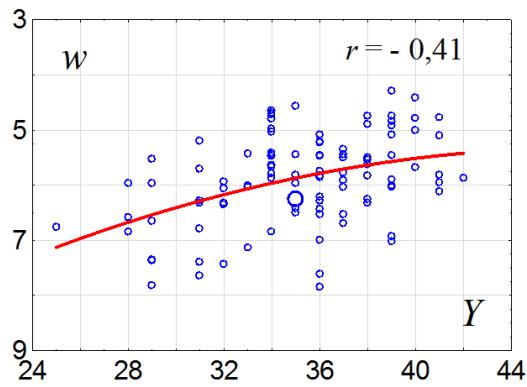


Рисунок 3. Кластер результатов 2-3 место

Расчёты показывают, что в группе чемпионов, умение работать быстрее, чем конкуренты, играет более заметную роль, а степень связи с результатом вырастает до $r = -0,45$, $p \ll 0,01$. Одновременно меняются и средние показатели темпа: для 4-6 места, $\bar{W} = 6,1$ с; для призеров $\bar{W} = 5,9$ с; для чемпионов $\bar{W} = 5,7$ с.

Регрессионный анализ позволил построить формулы взаимосвязи темпа лазания с результатом выступления. Для общего кластера спортсменов:

$$w_{общ} = 7,618 - 0,048Y + \varepsilon_i \quad (2)$$

где $w_{общ}$ – темп общей группы, Y – результат, ε_i – влияние неучтённых факторов. Стандартная ошибка $m = 0,98$. Уровень значимости: $p = 5,02E-09$. Рабочий диапазон формулы $15 \leq Y \leq 42$.

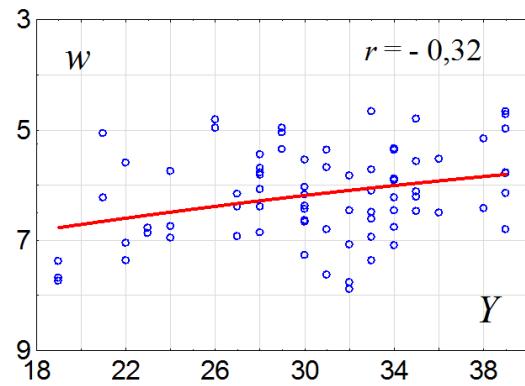


Рисунок 2. Кластер результатов 4-6 место

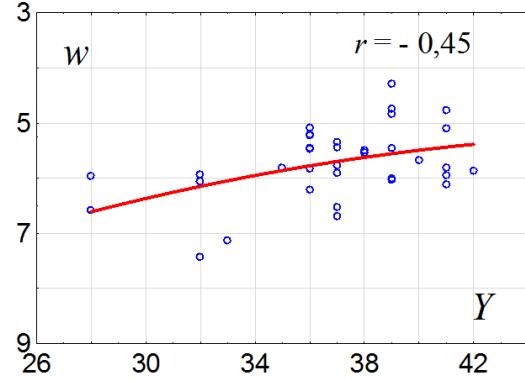


Рисунок 4. Кластер результатов 1 место

Для скалолазов, занимающих 4-6 место:

$$w_{4-6} = 7,632 - 0,048Y + \varepsilon_i \quad (3)$$

где w_{4-6} – темп спортсменов, занимающих 4-6 места, Y – результат, ε_i – влияние неучтённых факторов. Стандартная ошибка $m = 0,79$. Уровень значимости: $p = 0,007$. Рабочий диапазон формулы $15 \leq Y \leq 42$.

Для призеров соревнований, 2-3 место:

$$w_{2-3} = 9,185 - 0,093Y + \varepsilon_i \quad (4)$$

где w_{2-3} – темп спортсменов, занимающих 2-3 место, Y – результат, ε_i – влияние неучтённых факторов. Стандартная ошибка $m = 0,74$. Уровень значимости: $p = 2,04E-05$. Рабочий диапазон формулы $15 \leq Y \leq 42$.

Для чемпионов (лучший результат на трассе, 1 место):

$$w_1 = 8,898 - 0,086Y + \varepsilon_i \quad (5)$$

где w_1 – темп лазания спортсменов, занявших 1 место, Y – результат, ε_i – влияние неучтённых факторов. Стандартная ошибка $m = 0,60$. Уровень значимости: $p = 0,007$. Рабочий диапазон формулы $15 \leq Y \leq 42$.

Представленные регрессионные модели 2-5, позволяют рассчитать теоретические значения темпа лазания для достижения конкретного результата, и использовать эти данные в тренировочном процессе, в качестве ориентировочно-оптимальных показателей при прохождении спортивной трассы. Например, при сравнении реальных показателей спортсмена с оптимальными.

Необходимо также отметить, что в силу различных факторов, в реальных соревнованиях всегда возможны отклонения в ту или иную сторону. Высокие показатели темпа более свойственны элитным спортсменам, но даже среди скалолазов этой группы, очень быстрое лазание не является отличительным признаком. Тем не менее, в ряде случаев, они с очень высокими показателями темпа ($< 4,8$ с), занимают первое место. Вероятность такого события невысокая и оценивается как $P(Y_{top}) = 0,163$. А для случая с очень низкими показателями, вероятность достижения первого места в шестнадцать раз ниже: $P(Y_{top}) = 0,01$.

Заключение. По итогам проведенного исследования была выявлена обратная отрицательная зависимость между темпом выполнения движений и результатом выступления скалолаза на

коротких спортивных трассах. Установлено, что более высокий темп лазания сопутствует и способствует более высоким результатам. Корреляционный анализ показал рост степени связи от слабой до умеренной и высокозначимой, в зависимости от мастерства спортсмена, уровня его подготовки, и эффективности выступления.

Регрессионный анализ позволил построить математические модели, позволяющие рассчитать оптимальный темп лазания в зависимости от планируемого результата, и использовать полученные данные в качестве рекомендуемых показателей темпа в тренировочном процессе.

Список литературы

1. Власенко, П. С. Измерение максимальной силы хватов и ее взаимосвязь с уровнем лазания спортсменов-скалолазов / П. С. Власенко // Актуальные проблемы науки XXI века: материалы 2 междунар. науч.-практ. конф., М., – 2015. – С. 109–113.
2. Шунько, А. В. Особенности педагогического контроля физической подготовленности квалифицированных скалолазов / А. В. Шунько, Т. А. Кравчук // М-лы всеросс. науч.-практ. конф., по скалолазанию, М.: ГКУ «ЦСТИСК», 2019. – С. 58–65.
3. Determinants of Climbing Performance: When Finger Flexor Strength and Endurance Count / G. Marcolin, S. Faggian, M. Muschietti, L. Matteraglia, A. Paoli // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2022. – 36(4); 1099-1104. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003545

4. Rokowski R., et al. Muscle strength and endurance in high-level rock climbers. Sports biomechanics. 2024. – 23(8); 1057-1072.

5. Руднев, С. Г. Исследования состава тела спортсменов-скалолазов / С. Г. Руднев // Материалы всеросс. науч.-практ. конф., по скалолазанию, М.: ГКУ «ЦСТиСК», 2019. – С. 22–29.
6. Body Composition, Anthropometric Parameters, and Strength-Endurance Characteristics of Sport Climbers: A Systematic Review / M. Ginszt, M. Saito, E. Zięba, P. Majcher, N. Kikuchi // Journal of Strength and Conditioning Research. 2023. – 37(6). – 1339–1348. DOI: 10.1519/JSC.00000000000004464
7. Курашвили, В. А. Антропологические особенности скалолазов / В. А. Курашвили // Материалы всеросс. науч.-практ. конф., по скалолазанию, М.: ГКУ «ЦСТиСК», 2019. – С. 29–31.
8. Faggian S., et al. Sport climbing performance determinants and functional testing methods: A systematic review / S. Faggian, et al. // Journal of Sport and Health Science. – 2025. – V. 14. DOI: 10.1016/j.jshs.2024.100974
9. Ломовцев, Д. Ю. Оптимизация тренировочного процесса скалолазов, специализирующихся в лазании на трудность, на основе комплексного анализа уровня физической подготовленности / Д. Ю. Ломовцев, Т. А. Кравчук // Омский научный вестник. – 2012. – № 4-111. – С. 247–249.
10. Пиратинский, А. Е. Метод вариаций в тренировке спортсменов-скалолазов / А. Е. Пиратинский // Материалы междунар. науч.-практ. конгр., М.: РГУФКСМиТ, 2014. – С. 114–115.
11. Шувалов, А. В. Метод текущего контроля в скалолазании для дисциплин "трудность" и "боулдеринг" / А. В. Шувалов, Ш. З. Хуббиеев, Т. И. Баранова // Вестник спортивной науки. – 2023. – №6. – С. 19–24.
12. Михайлов, М. А. Измененные состояния сознания вследствие психоактивных действий / М. А. Михайлов // Материалы всеросс. науч.-практ. конф., по скалолазанию, М.: ГКУ «ЦСТиСК», 2019. – С. 79–86.
13. Виноградов М. А. Математическое моделирование динамики спортивного результата в видах спорта на выносливость / М. А. Виноградов, Е. Б. Акимов, Е. А. Тимме. – Пущино: Dynamics, 2015. – 62 с.
14. Котченко, Ю. В. Сложное лазание: Теория соревновательного процесса / Ю. В. Котченко. – Симферополь: Научный мир, 2018. – 288 с.

References

1. Vlasenko P.S. Measuring maximal grip strength and its relationship with climbing performance in competitive rock climbers. *Aktual'nyye problemy nauki XXI veka: materialy 2 mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* 2015; 109–113. (In Russ.).
2. Shunko A.V., Kravchuk T.A. Osobennosti pedagogicheskogo kontrolya fizicheskoy podgotovlennosti kvalifitsirovannykh skalolazov. *Materialy vseross. nauch.-prakt. konf., po skalolazaniyu.* 2019; 58–65.
3. Marcolin G., Faggian S., Muschietti M., Matteraglia L., Paoli A. Determinants of Climbing Performance: When Finger Flexor Strength and Endurance Count. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2022, 36(4); 1099–1104. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003545
4. Rokowski R., et al. Muscle strength and endurance in high-level rock climbers. *Sports biomechanics.* 2024, 23(8); 1057-1072.
5. Rudnev S.G. Research of body composition of rock climbers. *Materialy*

vseross. nauch.-prakt. konf., po skalolazaniyu. 2019; 22–29.

6. Ginszt, Michał¹; Saito, Mika²; Zięba, Ester¹; Majcher, Piotr¹; Kikuchi, Naoki². Body Composition, Anthropometric Parameters, and Strength-Endurance Characteristics of Sport Climbers: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2023, 37(6); 1339–1348. DOI: 10.1519/JSC.00000000000004464

7. Kurashvili V.A. Anthropological features of rock climbers. *Materialy vseross. nauch.-prakt. konf., po skalolazaniyu*. 2019; 29–31.

8. Faggian S., et al. Sport climbing performance determinants and functional testing methods: A systematic review. *Journal of Sport and Health Science*. 2025, Volume 14. DOI: 10.1016/j.jshs.2024.100974

9. Lomovtsev D.Yu., Kravchuk T.A. Optimization of the training process of rock climbers specializing in difficulty climbing based on a comprehensive anal-

ysis of the level of physical fitness. *Omskiy nauchnyy vestnik*. 2012; 4(111): 247–249.

10. Piratinsky A.E. Method of variations in training of rock climbers. *Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. kongr.* 2014; 114–115.

11. Shuvalov A.V., Khubbiev Sh.Z., Baranova T.I. Current control method in rock climbing for the disciplines "difficulty" and "bouldering". *Vestnik sportivnoy nauki*. 2023; 6: 19–24.

12. Mikhailov M.A. Altered states of consciousness due to psychoactive actions. *Materialy vseross. nauch.-prakt. konf., po skalolazaniyu*. 2019; 79–86.

13. Vinogradov M.A., Akimov E.B., Timme E.A. Mathematical modeling of the dynamics of sports results in endurance sports. *Pushchino: Dynamics*. 2015; 62.

14. Kotchenko Yu.V. Complex climbing: Theory of the competitive process. *Simferopol': Nauchnyy mir*. 2018; 288.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Котченко Юрий Васильевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Физического воспитания и спорта, Севастопольский государственный университет. Севастополь, Россия. 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kotchenko Yury Vasilevich – candidate of technical sciences, associate professor, Department of physical education and sport. Sevastopol State University. Russia, Sevastopol, Universitetskaya Street, 33.