

# МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОРТИВНОГО ВЫСТУПЛЕНИЯ В СКАЛОЛАЗАНИИ

Ю. В. Котченко

*Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия*

Представлены результаты многолетних исследований по поиску путей повышения соревновательной эффективности в дисциплине «трудность» среди женщин. Рассматриваются основные характеристики лазания, способствующие максимальной реализации соревновательного потенциала. Представлена математическая модель, предназначенная для полуфинальных и финальных трасс крупных международных турниров категории трудности не ниже 8a+ он-сайт. В качестве исходных данных использовались показатели лазания, полученные в ходе изучения 1 440 стартов высококлассных спортсменок на официальных международных соревнованиях. Модель позволяет выполнить подробный анализ выступления, рассчитать соревновательный потенциал спортсменки, разложить итоговый результат на составные части и оценить общую эффективность прохождения трассы.

**Ключевые слова:** скалолазание, международные соревнования, эффективность выступления, лазание на трудность.

В современном мире достижение высоких результатов на международной спортивной арене для всех стран считается очень престижным. В спорт вкладываются большие средства, и отдача оправдывает эти затраты. В первую очередь это относится к олимпийским видам спорта.

До недавнего времени скалолазание сильно отставало в этом плане от более массовых и популярных видов, в том числе и в области научных исследований. К примеру, только по лёгкой атлетике в СССР и Российской Федерации подготовлено свыше 1 100 диссертационных работ [1], в то время как по скалолазанию такие работы единичны.

Включение скалолазания в олимпийскую программу способствует позитивным переменам, и хотя быстрых изменений ожидать не стоит, они, несомненно, произойдут. Но для благоприятных перемен нужны результаты, и уже сегодня необходимо вести поиск новых путей повышения конкурентоспособности российских спортсменов.

Эффективность спортивного выступления обусловлена множеством составляющих, из которых наиболее важным является уровень предсоревновательной подготовки. Существуют также и другие, менее значимые компоненты соревновательного процесса (СП), способные оказать решающее влияние на результат.

Выразить такие компоненты в удобном для изучения виде можно через пространственно-временные характеристики лазания. Но сначала их нужно установить и выявить наиболее значи-

мые. Такие попытки предпринимались ранее, но они сводились к исследованию множественного влияния частных (описывающих одно качество скалолаза) факторов [4–6]. В некоторых работах число таких факторов доходило до 45 и более [2], что существенно снижало возможность внедрения результатов теоретических исследований в соревновательную практику.

С нашей точки зрения более перспективным является подход, позволяющий смоделировать результат через комплексные (включающие сразу несколько компонентов) переменные. Рассмотрим один из способов решения этой задачи на примере женских соревнований в дисциплине сложного лазания.

**Цель исследования:** построение модели эффективности прохождения женской трассы на крупных международных соревнованиях.

Исходные данные для анализа собирались на протяжении шести соревновательных сезонов с 2012 г. Изучались выступления высококлассных спортсменок на этапах кубка и чемпионатах мира. В общей сложности проанализировано 1 440 стартов на полуфинальных и финальных трассах. При этом было использовано более 21 000 наблюдений по семи частным компонентам, десяти пространственно-временным характеристикам лазания и двум параметрам соревновательной трассы.

**Методы исследования:** графическое отображение, корреляционный анализ, гребневая регрессия, нейронная сеть. Данные анализировались в пакете Statistika 10.

**Результаты.** Сложность исследований обусловлена в первую очередь отсутствием стандартизации трасс в дисциплине лазания на трудность. В отличие от скорости, где параметры эталонной трассы одинаковы на всех соревнованиях, в сложном лазании спортсменам предлагаются каждый раз новые маршруты, отличные как по протяжённости ( $Y_{top}$ ), так и по категории трудности ( $K_d$ ) [3]. А это наиболее важные параметры, к которым необходимо привязаться.

Исследования показали, что в зависимости от протяжённости соревновательной трассы (и категории) характеристики лазания могут меняться, снижая или увеличивая степень связи с итоговым результатом. Кроме этого, они также могут быть обусловлены уровнем мастерства спортсменки. Например, степень связи темпа лазания с результатом внутри лидирующей группы спортсменок (первая шестёрка) на 14 % выше, чем в общей группе. Такие трансформации, свойственные ряду компонентов СП, были подробно изучены и описаны в работе Ю. В. Котченко «Сложное лазание: Теория соревновательного процесса» [2].

Для моделирования итогового результата отобраны наиболее важные компоненты СП и построено уравнение общей группы, для трасс протяжённостью до  $Y_{top} = 55$  и категорией трудности от 8a+ до 8c. В этот диапазон за редким исключением попадают практически все соревновательные трассы крупных международных турниров. Модель эффективности для общей группы спортсменок, включающая пять переменных, имеет вид

$$Y_e = \sum_{z=1}^{z_i} z + \sum_{d=1}^{d_i} 0,924d - 0,214w + 0,015p + 0,012t_2,$$

где  $Y_e$  — теоретический результат выступления;  $z$  — сумма скрытых движений;  $d$  — сумма результативных движений;  $w$  — темп лазания;  $t_2$  — чистое время работы на трассе;  $p$  — плотность лазания.

Основные характеристики модели представлены в таблице.

Включённые в уравнение пять переменных являются единственной на данном этапе исследований комбинацией компонентов СП, позволяющих получить адекватную модель. Наибольший вклад в результат вносит уровень предстартовой подготовки, выраженный через число результативных движений ( $\beta_d$ ). В процентном выражении  $\beta_d = 78,5$  % успеха. При условии, конечно, что спортсменка не допускает ошибок. Вклад других

### Характеристики модели эффективности

| Коэффициент детерминации                  | $R^2$       | 0,9997      |
|---|-------------|-------------|
| Критерий Фишера ( $p < 0,0001$ )          | $F$         | 481 000     |
| Стандартная ошибка                        | $m$         | 0,74        |
| Уровень значимости $\beta$ -коэффициентов | $p$         | $\ll 0,001$ |
| Коэффициент смещения оценки               | $\lambda$   | 0,0006      |
| Критерий Дарбина — Уотсона                | DW          | 1,77        |
| Среднее прогнозируемое $Y_e$ в остатке    | $\bar{e}_i$ | 0,012       |

компонентов распределяется в следующем порядке: скрытое движение  $\beta_z = 6,8$  %; темп лазания  $\beta_w = 4,2$  %; плотность  $\beta_p = 3,6$  %; чистое время активных действий  $\beta_{t_2} = 6,9$  %.

Следует отметить, что такой расклад характерен только для рассматриваемой пятикомпонентной модели. Если попробовать ввести в уравнение дополнительную переменную, например, интенсивность лазания, показатели вклада изменятся, но незначительно. Также они изменятся, если построить уравнение с этими же переменными, но для элитных спортсменок, выступающих, например, на длинной трассе. Это будет уже более точная, целенаправленная модель.

Однако введение в уравнение дополнительных переменных ведёт к неоправданному усложнению модели, а исключение наименее весомой (плотности лазания) нарушает структуру, и модель становится неадекватной.

Качество рассматриваемой модели можно оценить по вероятностному графику остатков, рис. 1, и графику фактических ( $Y_{фк}$ ) и прогнозируемых ( $Y_{пр}$ ) значений, рис. 2.

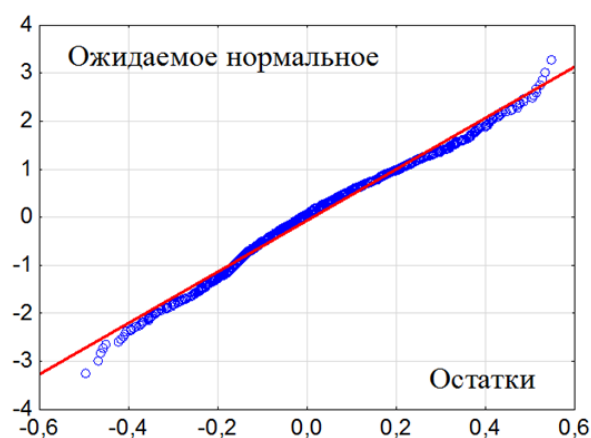


Рис. 1. Нормальный вероятностный график остатков

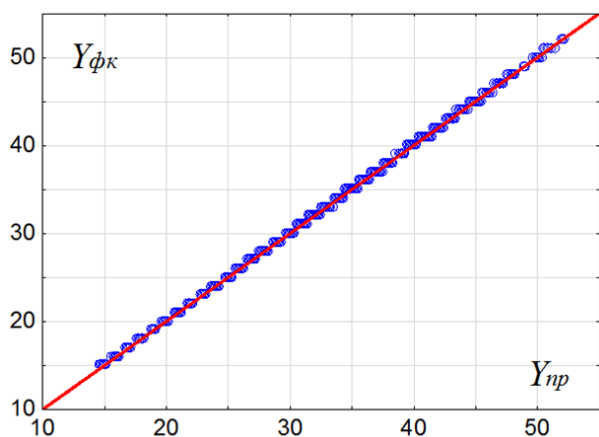


Рис. 2. Фактические и прогнозируемые значения

Модель позволяет разложить итоговый результат выступления на составные части и получить отдельную оценку по каждому компоненту. Таким образом, можно увидеть и количественно оценить эффективность прохождения трассы, выраженную в набранных и потерянных баллах. Методика такого расчёта изложена в [7. С. 252]. Величина ошибки при этом составит не более 2,3 %.

С помощью модели можно получить ответы на ряд важных вопросов и использовать эти знания в ходе предсоревновательной подготовки и непосредственно во время соревнований. Например, анализ выступления, выполненный с помощью данной модели, позволит узнать:

- Были ли отклонения от оптимальных характеристик лазания, и если да, то по каким компонентам?
- Какова количественная оценка таких отклонений?
- Сумела ли спортсменка полностью реализовать свой потенциал, и если нет, то в чём причины неудачного выступления?
- Какой была эффективность выступления?
- На что надо обратить внимание, чтобы повысить эффективность?

В современном соревновательном скалолазании, в итоговом протоколе спортсменки располагаются очень плотно. Очень распространённой является ситуация, когда сразу несколько (до десяти) спортсменок занимают одно место или их отделяет всего один балл. В призовой зоне стоимость балла очень высока, и в такой напряжённой обстановке модель эффективности позволит помочь понять причины проигрыша хорошо подготовленной спортсменки, совсем не-

много не дотянувшей до призового места, и дать оценку этим причинам по каждому компоненту СП в отдельности.

Величина ошибки модели (2,3 %) по всем канонам является весьма комфортной, поскольку требования регрессионного анализа допускают ошибку в 5 % (по некоторым данным до 10 %), особенно в случаях с плохо прогнозируемым человеческим фактором. Однако нужно заметить, что 2,3 % в абсолютном выражении соответствуют 1 баллу для трассы протяжённостью  $Y_{top} = 44$ . Следовательно, на более протяжённых трассах, вероятность ошибиться на 1 и более балл будет выше.

При тестировании модели на контрольной выборке (100 стартов на этапах кубка мира) среднее значение ошибки составило 0,6 %, максимальное — 2,4 %, что полностью отвечает требованиям анализа.

Представленная модель учитывает все основные характеристики лазания: уровень предстартовой подготовки, способность к выполнению скрытых движений (пропуск зацепов), степень специальной выносливости, умение брать тактические паузы отдыха и двигаться в оптимальном для себя темпе и в нужном режиме плотности. Всё это хорошо работает при одном условии: если спортсменка не совершает явных ошибок. В противном случае даже высококлассные скалолазки с высочайшим уровнем подготовки, допустив всего одну грубую ошибку, оказываются в группе аутсайдеров, как, например Anak Verhoeven, занявшая 27-е место на этапе кубка мира 2018 г., Villars (SUI), в результате всего одной ошибки в полуфинале.

Введение в модель эффективности такой переменной (тактической ошибки) позволило бы оценить результат выступления с учётом неверных действий спортсменки на трассе. Как показал предварительный анализ, это достаточно сложный компонент лазания, имеющий сложный алгоритм расчёта. Тем не менее исследования в этом направлении ведутся.

**Выводы.** Построена модель эффективности прохождения соревновательной трассы в женском лазании на трудность. Модель предназначена для международных соревнований высокого уровня и позволяет оценить эффективность прохождения соревновательной трассы по пространственно-временным характеристикам лазания.

### Список литературы

1. Грец, Н. И. Анализ диссертационных работ в лёгкой атлетике / Г. Н. Грец, В. Н. Баранов, Б. Н. Шустин // Учёные зап. Ун-та им. П. Ф. Лесгафта. — 2016. — № 5 (135). — С. 64–69.
2. Котченко, Ю. В. Сложное лазание: теория соревновательного процесса / Ю. В. Котченко. — Симферополь : Науч. мир, 2018. — 288 с.
3. Категории трасс // Скалолазание и наука. — URL: <http://rcrs.info/category/kategorii-trass/>
4. Котченко, Ю. В. Оценка степени готовности к прохождению короткой скалолазной трассы / Ю. В. Котченко // Здоровье человека, теория и методика физ. культуры и спорта. — 2018. — № 3 (10). — С. 67–79. — URL: <http://journal.asu.ru/zosh/article/view/4500>
5. Bertuzzi, R. Performance Determining Factors in Indoor Climbing: One of the Contributions of Professor Maria Augusta Kiss to the Development of Sports Sciences in Brazil / R. Bertuzzi, F. Pires, A. Lima-Silva, J. Gagliardi, F. De-Oliveira // Revista Brasileira De Medicina Do Esporte. — 2011. — Vol. 2. — P. 84–87.
6. España-Romero, V. Climbing time to exhaustion is a determinant of climbing performance in high level sport climbers / V. España-Romero, F. B. Ortega, E. G. Artero, D. Jiménez-Pavón, A. Gutiérrez, M. J. Castillo, J. R. Ruiz // European J. of Applied Physiology. — 2009. — Vol. 107, iss. 7. 5. — P. 517–525.
7. Magiera, A. The Structure of Performance of a Sport Rock Climber / A. Magiera // J. of Human Kinetics. — 2013. — Vol. 36, iss. 1. — P. 107–117.

Поступила в редакцию 10 марта 2019 г.

**Для цитирования:** Котченко, Ю. В. Модель эффективности спортивного выступления в скалолазании / Ю. В. Котченко // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. — 2019. — Т. 4, № 2. — С. 71–75.

### Сведения об авторе

**Котченко Юрий Васильевич** — кандидат технических наук, доцент кафедры физического воспитания и спорта, Севастопольский государственный университет. Севастополь, Россия. [skala7b@rambler.ru](mailto:skala7b@rambler.ru)

---

**PHYSICAL CULTURE. SPORT. TOURISM. MOTOR RECREATION**  
2019, vol. 4, no. 2, pp. 71–75.

### Model of the Efficiency of Sports Performances in Climbing

**Kotchenko Yu.V.**

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia. [skala7b@rambler.ru](mailto:skala7b@rambler.ru)

The article presents the results of a very long-term research to find ways to increase competitive efficiency in the discipline of difficulty among women. Discusses the main characteristics of climbing to facilitate the maximum realization of competitive potential. The mathematical model for semifinal and final routes of large international tournaments, the category of difficulty not lower than 8A+ on-site. As inputs were used climb indicators obtained during the study of 1440 starts of high-class athletes at official international competitions were used. The model allows you to carry out a detailed analysis of the performance, to calculate the competitive potential of the athlete, to decompose the final result into component parts and to assess the overall efficiency of the route.

**Keywords:** *climbing, international competitions, efficiency of performance, lead climbing.*

### References

1. Grets G.N., Baranov V.N., Shustin B.N. Analiz dissertatsionnykh rabot v lyogkoy atletike [Analysis of athletics dissertations]. *Uchyonyye zapiski Universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University P.F. Lesgaft], 2016, no. 5 (135), pp. 64–69. (In Russ.).
2. Kotchenko Y.V. *Slozhnoye lazaniye: teoriya sorenovatel'nogo protsessa* [Complex climbing: Theory of the competitive process]. Simferopol, Scientific world, 2018. 288 p. (In Russ.).
3. *Skalolazaniye i nauka. Kategorii trass* [Rock Climbing and Science. Categories of trails]. Available at: <http://rcrs.info/category/kategorii-trass/>, accessed 12.02.2019. (In Russ.).
4. Kotchenko, Yu.V. Otsenka stepeni gotovnosti k prokhozheniyu korotkoy skalolaznoy trassy [Evaluation of readiness to undergo a short climbing route]. *Zdorov'ye cheloveka, teoriya i metodika fizicheskoy kul'tury i sporta* [Human Health, theory and methods of physical culture and sports], 2018, no. 3 (10), pp. 67–79. URL: <http://journal.asu.ru/zosh/article/view/4500>. (In Russ.).

5. Bertuzzi R.F., Pires D., Lima-Silva A., Gagliardi J., De-Oliveira F. Performance Determining Factors in Indoor Climbing: One of the Contributions of Professor Maria Augusta Kiss to the Development of Sports Sciences in Brazil. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*, 2011, no. 2, pp. 84–87.

6. España-Romero V. et al. Climbing time to exhaustion is a determinant of climbing performance in high level sport climbers. *European Journal of Applied Physiology*, 2009, no. 107 (5), pp. 517–525.

7. Magiera A. et al. The Structure of Performance of a Sport Rock Climber. *Journal of Human Kinetics*, 2013, no. 36 (1), pp. 107–117.