

Спортивная тренировка Sports training

Научная статья

УДК 796.42.093.61:612.06

DOI: 10.14529/hsm220111

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ВИДОВ В ЖЕНСКИХ ЛЕГКОАТЛЕТИЧЕСКИХ МНОГОБОРЬЯХ

Б.В. Ермолаев¹, ermolaev-boris@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9990-8371>

В.В. Мехрикадзе², vitaliyvarl@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7314-5727>

А.Б. Лампего², lampegoab@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9124-1333>

¹Московский политехнический университет, Москва, Россия,

²Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования. Обосновать универсальные процессы взаимной адаптации функциональной структуры отдельных видов многоборья (пятиборья и семиборья) и интегративного воздействия каждого вида многоборья на итоговый результат в процессе спортивной подготовки высококвалифицированных спортсменов. **Материалы и методы.** Проведен корреляционный анализ между результатами видов многоборья на модели пятиборья (198 результатов, показанных в период с 2000 по 2019 год, – по 10 лучших результатов чемпионатов мира в сезоне) и семиборья (136 результатов, показанных на чемпионатах мира в период с 1983 по 2019 год, – по 8 лучших результатов каждого чемпионата). При сравнительном анализе пятиборья и семиборья для определения характера влияния видов на итоговый результат многоборья, исследовалась связь каждого вида многоборья с совокупностью остальных. **Результаты.** Анализ парных корреляционных зависимостей видов легкоатлетического пятиборья и семиборья показал их подобие для видов с одинаковой функциональной организацией. При этом структура видов семиборья представляет собой более «связное» образование по сравнению с пятиборьем. Связующим («узловым») видом семиборья является бег на 200 м. Метания вступают в противоречие с беговыми видами, имея с ними только отрицательные значимые связи. Данные исследования воздействия прогресса каждого вида на совокупность остальных продемонстрировали, что прыжковые виды и спринтерский бег стимулируют их прогресс, а метания и бег на 800 м – угнетают. Оценка степени воздействия отдельного вида на оставшиеся показала, что рост результата прыжка в длину в семиборье обуславливает 14 % (4 % для пятиборья) роста суммы остальных видов, а рост результата в толкании ядра на 6 % (2 % для пятиборья) снижает оставшуюся сумму многоборья. **Заключение.** Развитие представлений о специфичности функциональной структуры отдельных видов многоборья в случае их взаимоприспособления позволяет статистически прогнозировать системные эффекты, возникающие в процессе спортивной подготовки многоборков экстра-класса.

Ключевые слова: функциональная структура, множественная корреляция, «связность» видов, стимулирующие и угнетающие виды, коэффициент детерминации, коррелятивное приспособление

Для цитирования: Ермолаев Б.В., Мехрикадзе В.В., Лампего А.Б. Сравнительный анализ взаимосвязи видов в женских легкоатлетических многоборьях // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 1. С. 75–81. DOI: 10.14529/hsm220111

COMPARATIVE ANALYSIS OF FEMALE TRACK AND FIELD EVENTS WITHIN COMBINED TRACK AND FIELD EVENTS

B.V. Ermolaev¹, ermolaev-boris@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9990-8371>

V.V. Mekhrikadze², vitaliyvarl@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7314-5727>

A.B. Lampego², lampegoab@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9124-1333>

¹Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

²Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to justify mutual adaptation of the functional structure of certain track and field events (pentathlon and heptathlon) and the integral effect of each of these events on sports performance in highly skilled female athletes. **Materials and methods.** Correlation analysis was performed for the results of pentathlon (10 best world results for each season between 2000 and 2019, 198 results in total) and heptathlon events (8 best results of each world championships between 1983 and 2019, 136 results in total). The correlation of each event with the sum of the rest of the events was found. **Results.** The analysis of pair correlations performed for pentathlon and heptathlon events showed their similarity with respect to functionally similar events. However, the structure of heptathlon events is more homogeneous compared with pentathlon events. The central integral event among heptathlon events is 200 metres. Throwing events contradict running events as seen from negative significant correlations between them. The effect of each of the events on the rest of the events shows that jumping events and sprinting contribute to performance enhancement while throwing events and 800 metres impede the progress. The assessment of the effect of certain events on the rest of the events showed that the long jump explained 14% of performance enhancement in heptathlon events (4% in pentathlon events), while the shot put explained 6% of performance decrease in heptathlon events (2% in pentathlon events). **Conclusion.** The study on the features of the functional structure of certain pentathlon and heptathlon events in case of their mutual adaptation allows to statistically predict system effects that arise as a result of performance enhancement in highly skilled female athletes.

Keywords: functional structure, multiple correlation, coefficient of determination, correlative adaptation

For citation: Ermolaev B.V., Mekhrikadze V.V., Lampego A.B. Comparative analysis of female track and field events within combined track and field events. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(1):75–81. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220111

Введение. Легкоатлетические многоборья включают базовые виды легкой атлетики: бег, прыжки и метания. Функциональная структура (функциональный орган, функциональная система – понятия, традиционно используемые при анализе исполнительного действия [3]) отдельного вида специфична как по способам и тактикам осуществления двигательной задачи, программе ее выполнения, механизмам контроля и коррекции в процессе движения, так и по обеспечивающим ее физическим качествам и двигательным умениям и навыкам. Это предопределяет существенные и многоплановые отличия видов многоборья. Практическое значение приобретают исследования взаимосвязи видов, составляющих многоборья [7, 10], взаимозависимости двигательных способностей [1], позволяющие учитывать сопряженное воздействие разных средств подготовки при обосновании сбалансирован-

ности тренировочных программ [2, 8]. Легкоатлетическое многоборье является уникальной моделью функционально-структурного взаимоприспособления (коррелятивного приспособления, коадаптации) разных типов организации движения в процессе спортивной подготовки.

Цель исследования. Обосновать универсальные процессы взаимной адаптации функциональной структуры (и обеспечивающих ее двигательных ресурсов) отдельных видов многоборья в процессе спортивной подготовки высококвалифицированных спортсменов.

Материалы и методы. Исследовались два массива данных: 198 результатов, показанных пятиборцами в период с 2000 по 2019 год (по 10 лучших результатов чемпионатов мира в сезоне), и 136 результатов, показанных семиборцами на чемпионатах мира в период с 1983

по 2019 год (по 8 лучших результатов каждого чемпионата) [13].

Проведен корреляционный анализ между результатами видов многоборья (пятиборья и семиборья). В беговых видах многоборья уменьшение значения времени бега соответствует росту результата, поэтому для стандартизации данных результаты всех видов многоборья переводились в очки в соответствии со специальной таблицей, разработанной и утвержденной ИААФ. Кроме того, для определения характера взаимовлияния (взаимосвязи) вида на итоговый результат многоборья исследовалась связь каждого вида многоборья с суммой оставшихся.

Результаты исследования. Данные парных корреляций видов в пятиборье представлены в табл. 1. При интерпретации полученных корреляционных взаимосвязей слабая связь ($-0,3 < r < 0,3$) по шкале Чеддока [5] не учитывалась. Единственная значимая умеренная положительная связь в пятиборье выявлена между прыжком в длину и бегом на 60 м с барьерами. Остальные виды слабо связаны друг с другом, представляя достаточную попарную независимость видов (слабую «связность») в процессе многоборной подготовки.

Парные корреляции видов в семиборье представлены в табл. 2. Темным фоном в корреляционной матрице табл. 2 обозначены

Таблица 1
Table 1

Матрица парных корреляций видов женского легкоатлетического пятиборья
(жирным шрифтом выделены корреляции $|r| \geq 0,3$)

Pairwise correlation matrix of women's pentathlon events (boldface indicates $|r| \geq 0.3$)

	Бег на 60 м с/б 60 m hurdles	Прыжок в высоту High jump	Толкание ядра Shot put	Прыжок в длину Long jump	Бег на 800 м 800 meters
Бег на 60 м с/б 60 m hurdles	1	0,16	-0,21	0,38	0,05
Прыжок в высоту High jump		1	0,03	0,19	-0,02
Толкание ядра Shot put			1	-0,06	-0,15
Прыжок в длину Long jump				1	-0,04
Бег на 800 м 800 meters					1

Таблица 2
Table 2

Матрица парных корреляций видов женского легкоатлетического семиборья
(жирным шрифтом выделены корреляции $|r| \geq 0,3$)

Pairwise correlation matrix of women's heptathlon events (boldface indicates $|r| \geq 0.3$)

	Бег на 100 м с/б 100 m hurdles	Прыжок в высоту High jump	Толкание ядра Shot put	Бег на 200 м 200 meters	Прыжок в длину Long jump	Метание копья Javelin throw	Бег на 800 м 800 meters
Бег на 100 м с/б 100 m hurdles	1	0,06	-0,32	0,58	0,42	-0,15	0,16
Прыжок в высоту High jump		1	-0,06	0,10	0,34	0,11	0,06
Толкание ядра Shot put			1	-0,30	-0,15	0,25	-0,38
Бег на 200 м 200 meters				1	0,50	-0,36	0,38
Прыжок в длину Long jump					1	-0,16	0,13
Метание копья Javelin throw						1	-0,50
Бег на 800 м 800 meters							1

корреляционные связи видов семиборья с аналогичной структурой (барьерный бег на 60 м и 100 м) или тождественных видам пятиборья.

Показано, что парные корреляции видов пятиборья и семиборья с одинаковой функциональной структурой подобны (см. табл. 1 и фрагмент табл. 2 с темным фоном), несмотря на то, что табл. 2 содержит существенно больше значимых корреляционных связей (положительных и отрицательных) по сравнению с табл. 1. Эти данные позволяют дифференцировать систему подготовки в семиборье и пятиборье – включение двух видов (бег на 200 м, метание копья) со специфически особой функциональной структурой не только увеличивает количество значимых корреляций, особенно во фрагменте табл. 2 со светлым фоном, но и представляет целостную структуру семиборья более «связным» образованием по сравнению с пятиборьем (10 существенных парных корреляций у семиборья против 1 – у пятиборья). При этом самый связный вид («узловой» вид семиборья) – бег на 200 м, у него самое большое число (пять из шести возможных) значимых связей с другими видами. Данные табл. 2 показывают, что функциональная структура метаний (толкания ядра и метания копья) вступает в противоречие с функциональной структурой беговых видов, имея только отрицательные значимые связи с бегом на 200 и 800 м, а для толкания ядра еще и с бегом на 100 м с барьерами. Необходимо учитывать, что толкание ядра – единственный вид многоборья, в функциональной структуре которого отсутствует бег.

С другой стороны, исследовалась корреляция каждого вида многоборья с суммой остальных видов, то есть фактически определялся множественный коэффициент корреляции каждого вида с совокупностью оставшихся. Результаты показывают, как каждый вид многоборья коррелятивно приспособлен (взаимосвязан, взаимодействует) к комплексу остальных видов. Другими словами, определено, насколько функциональная структура и двигательные ресурсы, обеспечивающие каждый вид многоборья, обуславливают остальные виды в совокупности. Результаты исследования для видов пятиборья и семиборья представлены на рис. 1 и 2 соответственно.

Рис. 1 и 2 демонстрируют полную эквивалентность, позволяющую утверждать, что для каждого вида многоборья существует специфическая функциональная структура

(и обеспечивающие ее физические качества и двигательные навыки), которая либо стимулирует функциональную структуру другого вида, либо угнетает ее развитие. Системное проявление этого свойства – в существовании угнетающих и стимулирующих видов, которые усиливают (или ослабляют) результативность совокупности оставшихся видов, составляющих многоборье. В пятиборье и семиборье стимулирующими являются прыжковые виды (в высоту и в длину) и спринтерский бег (барьерный и бег на 200 м), а угнетающими являются метания (толкание ядра и метание копья) и бег на 800 м (преимущественно из-за противоречий его функциональной структуры с метаниями (см. табл. 1 и особенно табл. 2). То есть рост результатов в любом виде прыжков или спринта статистически неизбежно приводит к росту результата суммы оставшихся видов многоборья и, наоборот, в случае роста результата в метаниях или в беге на 800 м происходит снижение оставшейся суммы многоборья.

Данные исследования выборочных совокупностей показывают, что спортсменки, имеющие высокие результаты в прыжках или спринте (барьерном беге и беге на 200 м), имеют определенное преимущество в многоборьях. Тем более, учитывая особенности системы преобразования результатов видов в баллы [9], преимущество будут иметь «спортсменки, отличающиеся достижением высоких результатов в легкоатлетических прыжках и в беге с барьерами на 100 м» в соответствии с классификацией Н. Добрынской и Е. Козловой [4]. Это отвечает общим концепциям (для мужчин и женщин), обосновывающим преимущество «спринтеров» и «прыгунов» в многоборьях [11, 12]. При этом показано, что максимальное количество сильных видов ограничено 3 у пятиборок и 4 у семиборок (см. рис. 1 и 2). Результаты в метаниях и беге на 800 м должны быть достаточно высокого «базового уровня», однако дальнейшее совершенствование каждого из этих видов будет существенно ухудшать результаты совокупности остальных видов.

Существование видов, стимулирующих и угнетающих совокупность оставшихся видов, обеспечивается попарным коррелятивным приспособлением видов, составляющих многоборья (см. табл. 1 и 2). Исследования характера связи между результатом отдельного вида и совокупности оставшихся показали, что

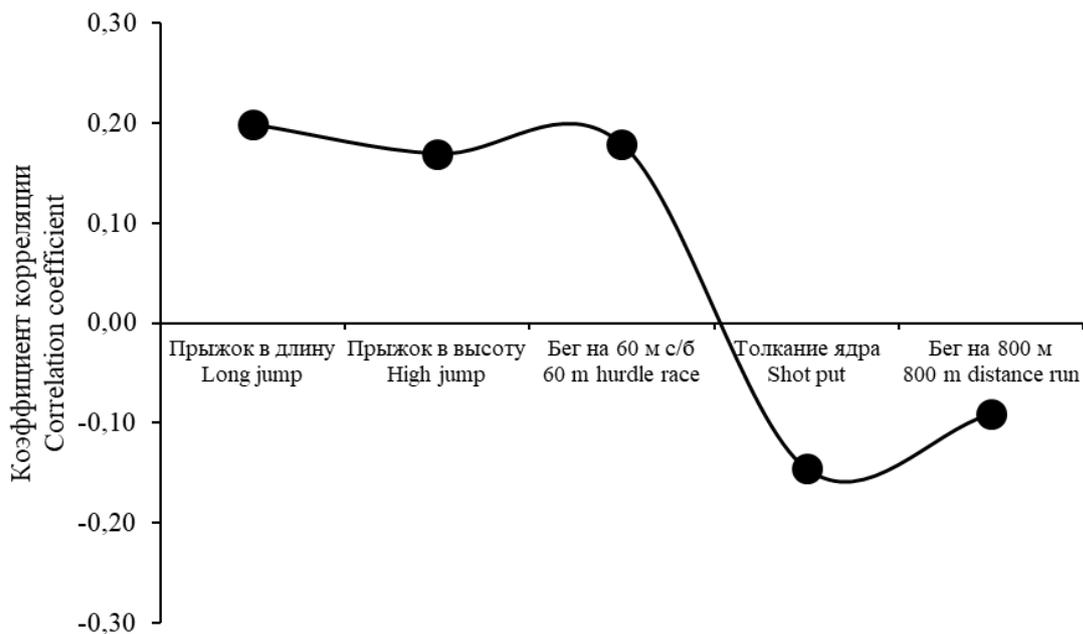


Рис. 1. Взаимосвязь результатов отдельных видов пятиборья с совокупным результатом оставшихся видов

Fig. 1. Correlation between certain pentathlon events and the rest of the events

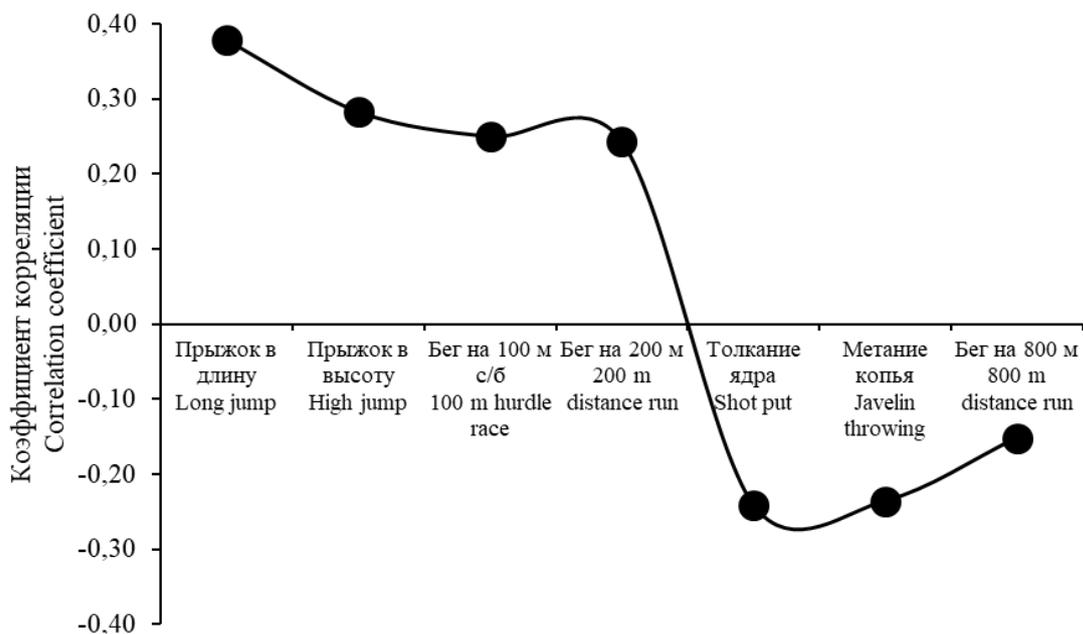


Рис. 2. Взаимосвязь результатов отдельных видов семиборья с совокупным результатом оставшихся видов

Fig. 2. Correlation between certain heptathlon events and the rest of the events

для всех видов пятиборья и семиборья связь близка к линейной. Однако для отдельных видов (преимущественно для толкания ядра и метания копья в семиборье) некоторая нелинейность проявляется только у лидеров многоборья, показатели которых сами по себе являются «особенными».

Исследование не только подтверждает существование стимулирующих и угнетаю-

щих видов, выявленное ранее при сопоставлении лидеров и аутсайдеров каждого вида семиборья [6], для всей совокупности результатов, но и на основании полученных данных (см. рис. 1 и 2), позволяет определить степень воздействия изменчивости вида на совокупность оставшихся при их совместной вариации. Оценка универсальной меры зависимости случайной величины от совокупности

остальных (коэффициента детерминации R^2) показывает, какая доля изменчивости результирующего признака объясняется (прогнозируется) изменением факторного признака: рост результата прыжка в длину в семиборье может обуславливать 14 % (4 % для пятиборья) роста суммы остальных видов, а рост результата в толкании ядра – 6 % (2 % для пятиборья) снижения оставшейся суммы многоборья.

Заключение. Исследование коррелятивного приспособления легкоатлетических видов с разным типом организации движения показало их разделение по принципу интегративного воздействия отдельного вида на сово-

купный результат оставшихся. Подтверждена точка зрения, согласно которой прыжки (в длину и высоту) и спринт (200, 100 и 60 м с/б) обладают стимулирующим действием, рост результатов в которых одновременно увеличивает рост суммы оставшихся, а метания (толкание ядра и метание копья) и бег на 800 м – угнетающим. Развитие представлений о специфичности функциональной структуры отдельных видов многоборья в случае их взаимоприспособления (коадаптации) позволяет статистически прогнозировать системные эффекты, возникающие в процессе спортивной подготовки многоборков экстра-класса.

Список литературы

1. *Верхошанский, Ю.В. Основы специальной силовой подготовки в спорте / Ю.В. Верхошанский. – М.: Совет. спорт, 2013. – 216 с.*
2. *Временные тренды структуры соревновательного результата в женском легкоатлетическом семиборье / О.Б. Немцев, Н.А. Немцева, А.М. Доронин, М.Н. Скидан // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 7 (161). – С. 197–202.*
3. *Гордеева, Н.Д. Экспериментальная психология исполнительного действия / Н.Д. Гордеева. – М.: Тривола, 1995. – 324 с.*
4. *Добрынская, Н. Моделирование соревновательной деятельности как основа индивидуализации построения многолетней подготовки в легкоатлетическом многоборье (женщины) / Н. Добрынская, Е. Козлова // Наука в олимп. спорте. – 2013. – № 3. – С. 31–37.*
5. *Медик, В.А. Математическая статистика в медицине / В.А. Медик, М.С. Токмачев. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 800 с.*
6. *Мехрикадзе, В.В. Взаимосвязь видов в женском легкоатлетическом семиборье / В.В. Мехрикадзе, Б.В. Ермолаев, Е.В. Славкина // Вестник спортивной науки. – 2019. – № 2. – С. 9–13.*
7. *Ушакова, Н.А. Взаимосвязи между видами в женском легкоатлетическом семиборье / Н.А. Ушакова, А.А. Ушаков // Теория и практика физ. культуры. – 1999. – № 7. – С. 35–37.*
8. *Dinnie, A. Strategic target setting in the heptathlon / A. Dinnie, P. O'Donoghue // Journal of Sports Analytics. – 2020. – Vol. 6, no. 7. – P. 129–145. DOI: 10.3233/JSA-200351*
9. *Gassmann, F. Structural Analysis of Women's Heptathlon / F. Gassmann, M. Fröhlich, E. Emrich // Sports. – 2016. – Vol. 4, no. 12. – P. 1–11. DOI: 10.3390/sports4010012*
10. *Park, J. Multivariate Statistical Analysis of Decathlon Performance Results in Olympic Athletes (1988–2008) / J. Park, V.M. Zatsiorsky // World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Sport and Health Sciences. – 2011. – Vol. 5, no. 5. – P. 779–782. DOI: 10.5281/zenodo.1334870*
11. *Sports Analytics: Analysis, Visualisation and Decision Making in Sports Performance / A. Jayal, A. McRobert, G. Oatley, P. O'Donoghue. – London: Routledge, 2018. – 272 p.*
12. *Woolf, A. Grouping of Decathlon Disciplines / A. Woolf, L. Ansley, P. Bidgood // Journal of Quantitative Analysis in Sports. – 2007. – Vol. 3 (4). – P. 1–13. DOI: 10.2202/1559-0410.1057*
13. <https://www.worldathletics.org/competitions/world-athletics-championships/>

References

1. *Verhoshanskiy Ju.V. Osnovy special'noy silovoy podgotovki v sporte [Fundamentals of Special Physical Preparation of the Athletes]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2013. 216 p.*
2. *Nemcev O.B., Nemceva N.A., Doronin A.M., Skidan M.N. [Time Trends of Result Structure in the Female Heptathlon]. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta [Research Notes of P.F. Lesgaft University], 2018, no. 7 (161), pp. 197–202. (in Russ.)*
3. *Gordeeva N.D. Eksperimental'naya psihologiya ispolnitel'nogo deystviya [Experimental Psychology of Executive Action]. Moscow, Trivola Publ., 1995. 324 p.*

4. Dobrynskaya N., Kozlova E. [Modeling of Competitive Activity as a Basis of Individualization of the Structure of Multi-Year Training in Athletics Combined Events (Women)]. *Nauka v olimpiyskom sporte* [Science in the Olympic Sport], 2013, no. 3, pp. 31–37. (in Russ.)

5. Medik V.A., Tokmachev M.S. *Matematicheskaya statistika v medicine* [Mathematical Statistics in Medicine]. Moscow, Finance and Statistics Publ., 2007. 800 p.

6. Mehrikadze V.V., Ermolaev B.V., Slavkina E.V. [Interrelation Between Events in Women's Track and Field Heptathlon]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2019, no. 2, pp. 9–13. (in Russ.)

7. Ushakova N.A., Ushakov A.A. [Interconnections Between Events of Female Athletics Heptathlon]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 1999, no. 7, pp. 35–37. (in Russ.)

8. Dinnie A., O'Donoghue P. Strategic Target Setting in the Heptathlon. *Journal of Sports Analytics*, 2020, vol. 6, no. 7, pp. 129–145. DOI: 10.3233/JSA-200351

9. Gassmann F., Fröhlich M., Emrich E. Structural Analysis of Women's Heptathlon. *Sports*, 2016, vol. 4, no. 12, pp. 1–11. DOI: 10.3390/sports4010012

10. Park J., Zatsiorsky V.M. Multivariate Statistical Analysis of Decathlon Performance Results in Olympic Athletes (1988–2008). World Academy of Science, Engineering and Technology. *International Journal of Sport and Health Sciences*, 2011, vol. 5, no. 5, pp. 779–782. DOI: 10.5281/zenodo.1334870

11. Jayal A., McRobert A., Oatley G., O'Donoghue P. *Sports Analytics: Analysis, Visualisation and Decision Making in Sports Performance*. London: Routledge, 2018. 272 p. DOI: 10.4324/9781315222783

12. Woolf A., Ansley L., Bidgood P. Grouping of Decathlon Disciplines. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 2007, vol. 3 (4), pp. 1–13. DOI: 10.2202/1559-0410.1057

13. Available at: <https://www.worldathletics.org/competitions/world-athletics-championships/>.

Информация об авторах

Ермолаев Борис Валерьевич, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры физического воспитания, Московский политехнический университет. Россия, 107023, Москва, ул. Большая Семеновская, д. 38.

Мехрикадзе Виталий Варламович, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры теории и методики легкой атлетики имени Н.Г. Озолина, Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК). Россия, 105122, Москва, Сиреневый бульвар, д. 4.

Лампего Александра Борисовна, студент кафедры теории и методики легкой атлетики имени Н.Г. Озолина, Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК). Россия, 105122, Москва, Сиреневый бульвар, д. 4.

Information about the authors

Boris V. Ermolaev¹, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor at the Department of Physical Education, Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia.

Vitaliy V. Mekhrikadze², Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Theory and Methodology of Athletics named after N.G. Ozolin, Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow, Russia.

Aleksandra B. Lampego², Undergraduate Student, Department of Theory and Methodology of Athletics named after N.G. Ozolin, Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 17.12.2021

The article was submitted 17.12.2021