

Vako Iia. Biomechanical modelling as a method of studying athlete's motor actions. *Pedagogy and Psychology of Sport*. 2020;6(3):127-134. eISSN 2450-6605. DOI <http://dx.doi.org/10.12775/PPS.2020.06.03.010>
<https://apcz.umk.pl/czasopisma/index.php/PPS/article/view/PPS.2020.06.03.010>
<https://zenodo.org/record/4548038>

The journal has had 5 points in Ministry of Science and Higher Education parametric evaluation. § 8. 2) and § 12. 1. 2) 22.02.2019.

© The Authors 2020;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Nicolaus Copernicus University in Torun, Poland
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author (s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non commercial license Share alike.
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Received: 21.09.2020. Revised: 29.09.2020. Accepted: 14.10.2020.

БИОМЕХАНИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД ВИВЧЕННЯ РУХОВИХ ДІЙ СПОРТСМЕНА BIOMECHANICAL MODELLING AS A METHOD OF STUDYING ATHLETE'S MOTOR ACTIONS

Iia Vako
Ілля Вако

Blak Sea National University named after Petro Mohyla, Nikolaev, Ukraine
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв

Анотація. Ілля Вако. Біомеханічне моделювання як метод вивчення рухових дій спортсмена. Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Актуальність. Одним з поширених методів пізнання біологічних об'єктів є моделювання. Цей метод дозволяє, використовуючи основні закони фізики, механіки, математики, біології, фізіології та інших наук, пояснити функціональну структуру досліджуваного процесу, виявити його суттєві зв'язки з зовнішніми об'єктами, внутрішню організацію, оцінити кількісні характеристики. Під моделлю розуміється така подумки представлена чи матеріально реалізована система, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження, здатна заміщати його так, що її вивчення дає нам нову інформацію про цей об'єкт. Пошук аналога оригіналу можливий на основі наступних типів моделей: детерміновані моделі - моделі, побудовані на системах алгебраїчних, регресійних і диференціальних рівнянь, рівнянь в приватних похідних; статистичні моделі, що пророкують імовірність різних подій. **Завдання дослідження** – провести порівняльний біомеханічний аналіз техніки виконання бокового удару рукою на ближній дистанції спортсменів різної кваліфікації, які спеціалізуються в рукопашному бою і на цій основі визначити модельні характеристики спортивної техніки. **Методи дослідження.** Для виконання поставлених завдань використано такі методи дослідження, як аналіз науково-методичної літератури й документальних матеріалів, методи реєстрації та аналізу рухів спортсмена (система відеореєстрації та аналізу рухів спортсмена 3D реєстрації рухів людини «Qualisys Motion Capture»). Результати, отримані в процесі дослідження, було оброблено з використанням методів математичної статистики. **Результати дослідження.** Необхідно відзначити, що у

обстежених нами кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються в рукопашному бою відсутня підготовча фаза розгону, як це було зазначено у висококваліфікованих спортсменів. Після початкового положення, кваліфіковані спортсмени виконують рух вперед по ходу майбутнього удару. У висококваліфікованих спортсменів відзначається зустрічний рух – спочатку назад (що збільшує шлях і створює передумови для більш чіткими скручування), а через кілька моментів часу рух вперед з активним просуванням тазу і обгоном віссю таза вісь плечей. **Висновки.** У спортсменів високої кваліфікації відзначається досить висока узгодженість включення окремих біоланцюгів при виконанні бокового удару рукою на ближній дистанції. У той же час незначне випередження максимуму швидкості ліктьового суглоба моменту удару, свідчить про необхідність подальшої роботи над технікою майстрів спорту. Значні резерви в цьому відношенні є у кваліфікованих спортсменів, а саме: відсутня, як правило, попередня фаза, пов'язана з рухом тазу і плечового суглоба сторони спортсмена що б'є назад після прийняття початково положення (дану фазу прийнято називати в ударних діях замахом); відзначається непослідовне включення окремих біоланок в роботу, про що свідчить динаміка зміни результуючої швидкості окремих біоланок.

Ключові слова: відеореєстрація техніки рухових дій, біомеханічне моделювання, спортсмени.

Abstract. Iliia Vako. Biomechanical modelling as a method of studying athlete's motor actions. Black Sea National University named after Petro Mohyla, Nikolaev, Ukraine.

Topicality. One of the common methods of biological objects study is modelling. Using basic laws of physics, mechanics, mathematics, biology, physiology and other sciences, this method allows explaining the functional structure of the studied process, identifying its significant connection with external objects, internal organization, and evaluating quantitative characteristics. The model is referred as to such a mentally represented or materially realized system, which, reflecting or reproducing the object of study, is able to replace it so that its study gives new information about this object. The search for an analogue for the original is possible on the basis of the following types of models as deterministic models, i.e. models based on systems of algebraic, regression and differential equations, equations in partial derivatives; statistical models that predict the probability of various events. **The task of the research** is to conduct a comparative biomechanical analysis of a side kick performing technique at close reach by athletes of different qualification who specialize in hand-to-hand combat and on this basis to determine the model characteristics of sport technique. **Research methods.** To achieve the set tasks, we have applied such research methods as analysis of scientific and methodological literature as well as documentary materials, methods of registration and analysis of athlete's movements (system of video recording and analysis of athlete's movements, 3D recording of human movements "Qualisys Motion Capture"). The results obtained during the study have been processed with the help of mathematical statistics methods. **Results of the research.** It should be noted that the surveyed skilled athletes who specialize in hand-to-hand combat do not apply a preparatory phase of acceleration, as it is characteristic for highly skilled athletes. After the initial position, qualified athletes perform a forward movement in the course of a future blow. For highly skilled athletes a counter-movement is typical – first backwards (that increases the path and creates the conditions for clearer twisting), afterwards there are a few moments of movement forward with active pelvis movement thus overtaking the shoulder axis by the pelvic axis. **Conclusions.** Highly skilled athletes have a fairly high consistency of the inclusion of individual bio-links when performing a side hook with the help of the

hand at close reach. At the same time, a slight advance of the elbow joint maximum speed at the time of strike indicates the need for further work on the technique of masters of sports. Significant reserves in this regard are available to qualified athletes, namely there is usually no preliminary phase associated with the pelvis and shoulder joint movements of the athlete who beats back after taking the initial position (in strike actions this phase is called swing or propulsion); there is an inconsistent inclusion of individual bio-links in the work, as evidenced by the dynamics of changes in the resulting rate of individual bio-links.

Key words: video recording of motor action technique, biomechanical modelling, athletes.

Постановка наукової проблеми. Структура процесу підготовки спортсменів базується на об'єктивно існуючих закономірності становлення спортивної майстерності, що мають специфічне особливості в конкретних видах спорту. Ці закономірності обумовлюються чинниками, що визначають ефективність змагальної діяльності та оптимальну структуру підготовленості, особливостями адаптації до характерних для даного виду спорту засобів та методів впливу, індивідуальними особливостями спортсменів, термінами основних змагань і їх відповідністю оптимальному для досягнення найвищих результатів віку спортсмена, етапом багаторічного спортивного вдосконалення [5, 7, 18, 20].

Згідно з літературними даними [5, 6, 20, 21] спортивне вдосконалення можна визначити як багаторічну спортивну діяльність, націлену на високі спортивні досягнення і пов'язану з постійним самовдосконаленням людини в одному або декількох видах спорту, що має специфічний зміст і форму організації, здатні перетворювати її в складне системне вплив на особистість, фізичний стан і здоров'я спортсмена, спрямоване на його всебічне виховання, в тому числі на придбання широкого кола спеціальних знань, навичок і умінь, оволодіння технікою спортивних вправ, підвищення фізичної працездатності організму [5, 18, 20].

Історично термін «техніка» походить від грецького слова «techne», що перекладається як «мистецтво» або «майстерність» і під яким розуміється сукупність прийомів, застосовуваних у будь-якій формі діяльності, а також володіння цими прийомами [1, 2, 3, 8].

Однією з тенденцій сучасного спорту є стрімке зростання складності окремих елементів техніки виконання змагальних програм у видах зі складною координаційною структурою рухів, що призводить до виникнення нових проблем і невирішених питань технічної підготовки [13-17].

Мета дослідження – провести порівняльний біомеханічний аналіз техніки виконання бокового удару рукою на ближній дистанції спортсменів різної кваліфікації, які спеціалізуються в рукопашному бою і на цій основі визначити модельні характеристики спортивної техніки.

Методи дослідження. Для виконання поставлених завдань використано такі методи дослідження, як аналіз науково-методичної літератури й документальних матеріалів, методи реєстрації та аналізу рухів спортсмена (система відеореєстрації та аналізу рухів спортсмена 3D реєстрації рухів людини «Qualisys Motion Capture») [12, 22]. Результати, отримані в процесі дослідження, було оброблено з використанням методів математичної статистики.

Виклад основного матеріалу дослідження. В основі кожної технічно складної спортивної вправи лежать певні механізми, за відсутності яких цю вправу і пов'язану з ним руховим завданням принципово нездійсненні [4, 8]. Перш за все, це фізичні

механізми, які повинні при певних умовах спрацьовувати, даючи конкретний механічний ефект у вигляді просторового руху, силової взаємодії, стабілізації становища і т. п. [4]. Фізичні механізми можуть бути реалізовані тільки при наявності суми певних факторів, головний з яких – активні дії, здійснювані самим спортсменом. Ці дії, в кінцевому підсумку, також зводяться до механічних ефектів м'язової тяги, і являють собою фізіологічний механізм даної рухової дії. Обидва механізми діють в нерозривному зв'язку один з одним і обумовлюють принципову можливість і техніку виконання даної вправи, яка, по суті, і є головним предметом роботи при навчанні вправі: виконання цілісного вправи принципово можливо тільки в тому випадку, коли і якщо вірно спрацьовує цей сукупний біомеханічний механізм вправи [4].

Одним з поширених методів пізнання біологічних об'єктів є моделювання. Цей метод дозволяє, використовуючи основні закони фізики, механіки, математики, біології, фізіології та інших наук, пояснити функціональну структуру досліджуваного процесу, виявити його суттєві зв'язки з зовнішніми об'єктами, внутрішню організацію, оцінити кількісні характеристики. Найбільш повно відображає гносеологічну суть моделі визначення В.А. Штофа [19]: "Під моделлю розуміється така подумки представлена чи матеріально реалізована система, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження, здатна заміщати його так, що її вивчення дає нам нову інформацію про цей об'єкт". Пошук аналога оригіналу можливий на основі наступних типів моделей: *детерміновані моделі* – моделі, побудовані на системах алгебраїчних, регресійних і диференціальних рівнянь, рівнянь в приватних похідних; *статистичні моделі*, що пророкують імовірність різних подій [3, 9-11].

У проведеному педагогічному експерименті ми вивчали особливості техніки при виконанні бокового удару рукою на ближній дистанції спортсменів різної кваліфікації, які спеціалізуються в рукопашному бою і на цій основі розробляли модельні характеристики спортивної техніки.

Необхідно відзначити, що у обстежених нами кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються в рукопашному бою відсутня підготовча фаза розгону, як це було зазначено у висококваліфікованих спортсменів. Після початкового положення, кваліфіковані спортсмени виконують рух вперед по ходу майбутнього удару. У висококваліфікованих спортсменів відзначається зустрічний рух – спочатку назад (що збільшує шлях і створює передумови для більш чіткими скручування), а через кілька моментів часу рух вперед з активним просуванням тазу і обгоном вісью таза вісь плечей.

Для кваліфікованих спортсменів характерно обертальний рух тулуба з одночасним розгинанням в правому коліні і гомілковостопному суглобах. Такий рух забезпечує просування плечового суглоба руки, що б'є вперед, що в свою чергу дозволяє кілька випередити правий тазостегновий суглоб. У кваліфікованих спортсменів моменти максимальної швидкості плечового і ліктьового суглобів, як правило, наступають раніше моменту удару. При цьому відзначаються значні втрати швидкості ліктьового суглоба (рис. 1). У окремих спортсменів ці втрати становили до $1,5-2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

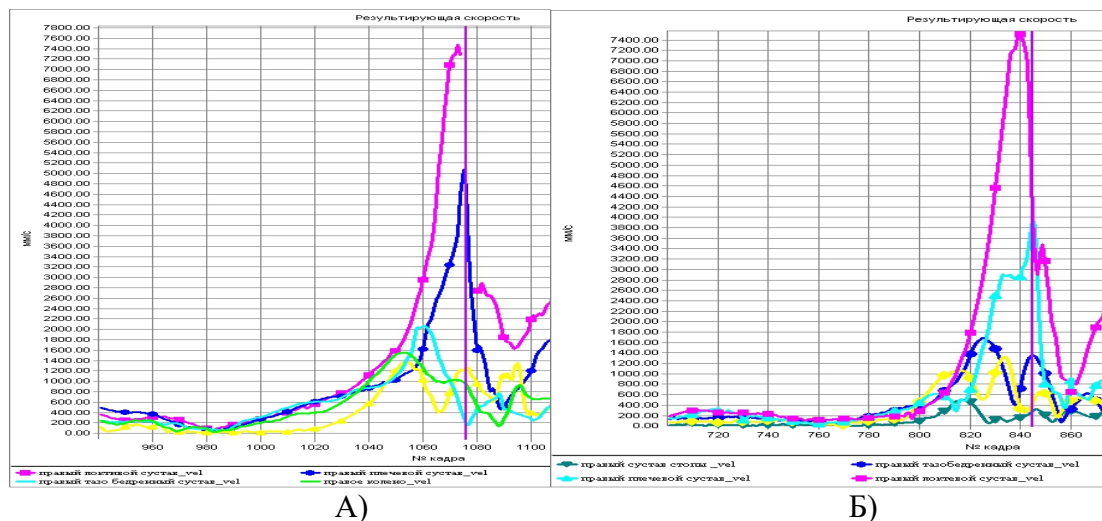


Рис. 1. Спідограми досліджуваних точок тіла при виконанні бокового удару рукою на ближній дистанції: А) - висококваліфікованим спортсменом Г-к; Б) кваліфікованим Л-до (роздруківка з екрану монітора)

Висновки. У спортсменів високої кваліфікації відзначається досить висока узгодженість включення окремих біоланцюгів при виконанні бокового удару рукою на ближній дистанції. У той же час незначне випередження максимуму швидкості ліктьового суглоба моменту удару, свідчить про необхідність подальшої роботи над технікою майстрів спорту. Значні резерви в цьому відношенні є у кваліфікованих спортсменів, а саме: відсутня, як правило, попередня фаза, пов'язана з рухом тазу і плечового суглоба сторони спортсмена що б'є назад після прийняття початково положення (дану фазу прийнято називати в ударних діях замахом); відзначається непослідовне включення окремих біоланок в роботу, про що свідчить динаміка зміни результуючої швидкості окремих біоланок.

Разом з тим, необхідно також відзначити, що у фінальній частині фази пронесення сторони біозвена що б'є, за кілька тимчасових моментів до удару, у кваліфікованих спортсменів відзначається рух таза назад, проти ходу руху. Внаслідок чого, збільшується нахил тулуба відносно вертикалі, що також призводить до згинання в правому тазостегновому суглоба. Ймовірно, порушення цілісності та жорсткості біомеханічної системи відбувається ще до моменту удару, призводить до того, що швидкість б'є ланки кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються в рукопашному бою значно втрачає швидкість.

Перспективи подальших досліджень будуть пов'язані з розробкою концепції формування базової техніки рукопашного бою у юних спортсменів.

Список літературних джерел

1. Вако І. Кількісна біомеханічна характеристика базової техніки рукопашного бою курсантів у процесі спеціальної фізичної підготовки Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. 2015.17.33–38.
2. Вако І.І. Особливості техніки рукопашного бою у процесі спеціальної фізичної підготовки курсантів Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (Сер. № 15: Науково-педагогічні проблеми фізичної культури / Фізична культура і спорт) / за ред. Г.М. Арзютова. – К.: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2015. 6 (62).17–20.

3. Воронов АВ. Имитационное биомеханическое моделирование как метод изучения двигательных действий человека. Теория и практика физической культуры. 2004;2:36-40.
4. Гавердовский ЮК. Обучение спортивным упражнениям. Биомеханика. Методология. Дидактика. Москва: Физкультура и Спорт; 2007. 912 с.
5. Гамалий ВВ. Теоретико-методические основы моделирования техники двигательных действий в спорте. Киев: Полиграфсервис; 2013. 300 с.
6. Гірак А., Григус І. Структурно-функціональна модель школи карате годзю-рю. Вісник Прикарпатського університету. Серія: Фізична культура, 2017. Вип. 25-26. С. 60-65.
7. Гірак А.М., Григус І.М. Розвиток традиційного карате на Рівненщині як інноваційної технології фізичного виховання. Здоровье для всех: материалы VII международной научно-практической конференции, УО “Полесский государственный университет”. Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: К.К. Шебеко [и др.]. Пинск: ПолесГУ, 2017. С. 19-24.
8. Кашуба В.А., Хмельницкая И.В. Современные оптико-электронные методы измерения и анализа двигательных действий спортсменов высокой квалификации Наука в олимп. спорте. 2005.2. 137-146.
9. Кашуба ВО, Литвиненко ЮВ. Сучасні біомеханічні ергогенні засоби у спорті. Спортивний вісник Придніпров'я. 2010;(3):4-6.
10. Кашуба ВА, Литвиненко ЮВ, Данильченко ВА. Моделирование движений в спортивной тренировке. Физическое воспитание студентов. 2010;(4):40-4.
11. Кашуба ВА, Литвиненко ЮВ, Зарудный ВЮ, Беленко СС. Биомеханические аспекты техники ударных действий в восточных единоборствах. Теория и методика физической культуры. 2012;4(31):90-6.
12. Кашуба ВА, Литвиненко ЮВ, Южно ЮА, Зарудный ВЮ, Беленко СС. Теоретико-практические аспекты использования оптико-электронных систем регистрации движений при биомеханическом анализе спортивной техники. Молодіжний науковий вісник Східноєвроп. нац. ун-ту ім. Лесі Українки. 2013;(9):7-15.
13. Кашуба ВА, Литвиненко ЮВ, Гордеева МВ, Зарудный ВЮ. Биомеханика спортивных движений и современные видеокomпьютерные методы их контроля. Теория и методика физической культуры. 2013;4(35):31-7.
14. Кашуба ВА. К вопросу использования современных технологий в спортивной подготовке Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Фізичне виховання і спорт : журнал / уклад. А.В. Цьось, А.І. Альошина. – Луцьк: Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2015.19.171-183.
15. Кашуба ВА. Инновационные технологии в современном спорте Спортивний вісник Придніпров'я – науково-практичний журнал Дніпропетровського державного інституту фізичної культури і спорту. 2016. 1.46-57.
16. Кашуба ВА, Гордеева МВ, Жук АА, Ризатдинова АС, Литвиненко ЮВ. Программа повышения эффективности техники двигательных действий в видах спорта со сложнокоординационной структурой движения. В: Știința culturii fizice. Revistă teoretico-științifică. № 27/1. Chisinau: Universitatea de Stat de Educație Fizică și Sport, Publicație științifică că recenzată (Categorie „С”); 2017. 93-8.
17. Литвиненко ЮВ. Регуляція пози спортсменів у складних умовах статодинамічної стійкості тіла: монографія. Луцьк: Вежа-Друк; 2018. 324 с.

18. Попов ГИ, Самсонова АВ. Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования. М., 2013. 320 с.
19. Штоф ВА. Моделирование и философия. Л., 1966. 275 с.
20. Яременко ВВ. Исследование кинематических характеристик базовых атакующих технических действий юных борцов вольного стиля Физическое воспитание студентов, 2014. 2.56–60.
21. Kashuba V., Stepanenko O., Byshevets N., Kharchuk O., Savliuk S., Bukhovets B., Grygus I., Napierała M., Skaliy T., Hagner-Derengowska M., Zukow W. (2020). The Formation of Human Movement and Sports Skills in Processing Sports-pedagogical and Biomedical Data in Masters of Sports. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 8(5): pp. 249–257. DOI: 10.13189/saj.2020.080513
22. <http://www.qualisys.com>

References

1. Wako I. Kilkisna biomechanical characteristic of the basic technique of hand-to-hand combat cadets in the process of special physical training. 2015.17.33–38.
2. Wako I. I. Special features of hand-to-hand combat techniques in the process of special physical training of cadets Science hour writing of the National Pedagogical University named after M. P. Dragomanov (Ser. No. 15: Scientific and pedagogical problems of physical culture / physical sports) for culture G.M. Arzyutova. - K.: NPU imene M. P. Dragomanova, 2015.6 (62) .17–20.
3. Voronov AV. Imitating biomechanical modeling as a method for studying human motor actions. *Theory and practice of physical culture*. 2004; 2: 36-40.
4. Gaverdovsky SK. *Sports training. Biomechanics. Methodology. Didactics*. Moscow: Physical Culture and Sports; 2007.912 s.
5. Gamalium VV. *Theoretical and methodological foundations for modeling the technique of motor actions in sports*. Kiev: Polygraphservice; 2013.300 s.
6. Hirak A., Grygus I. Strukturno-funktsionalna model shkoly karate hodziu-riu. *Visnyk Prykarpatskoho universytetu. Serii: Fizychna kultura*, 2017. Vyp. 25-26. С. 60-65.
7. Hirak A.M., Grygus I.M. Rozvytok tradytsiinoho karate na Rivnenshchyni yak innovatsiinoi tekhnolohii fizychnoho vykhovannia. *Zdorov'e dlya vseh: materialy VII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, UO "Poleskij gosudarstvennyj universitet"*. Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus' [i dr.]; redkol.: K.K. Shebeko [i dr.]. Pinsk: PolesGU, 2017. S. 19-24.
8. Kashuba VA, Khmel'nitskaya IV Modern optical-electronic methods of measuring and analyzing motor actions of highly qualified athletes *Science in Olympus. sports*. 2005.2. 137-146.
9. Kashuba VO, Litvinenko SE. Suchasni biomechanichni ergogenini work in sport. *Sports visnik of Pridniprovia*. 2010; (3): 4-6.
10. Kashuba VA, Litvinenko YuV, Danilchenko VA. Simulation of movements in sports training. *Physical education of students*. 2010; (4): 40-4.
11. Kashuba VA, Litvinenko YV, Zarudny VYu, Belenko SS. Biomechanical aspects of percussion techniques in martial arts. *Theory and methodology of physical culture*. 2012; 4 (31): 90-6.
12. Kashuba VA, Litvinenko YuV, Yukhno YuA, Zarudny VYu, Belenko SS. Theoretical and practical aspects of the use of optical-electronic systems for registration of movements in biomechanical analysis of sports equipment. *Young Science Visnik Skhidnoevrop. nat. un-tu im. Lesi Ukrainka*. 2013; (9): 7-15.
13. Kashuba VA, Litvinenko YuV, Gordeeva MV, Zarudny VYu. Biomechanics of sports movements and modern video computer methods of their control. *Theory and methodology of physical culture*. 2013; 4 (35): 31-7.

14. Kashuba VA. On the issue of the use of modern technologies in sports training. Physical behavior and sport: magazine / way. A. V. Ts'os, A. I. Aloshin. - Lutsk: Skhidnoevrop. nat. un-t im. Lesi Ukrainka, 2015.19.171-183.
15. Kashuba VA. Innovative technologies in modern sports Sports Visnik of Pridniprov'ya – a scientific and practical journal of the Dnipropetrovsk State Institute of Physical Culture and Sports. 2016. 1.46-57.
16. Kashuba VA, Gordeeva MV, Zhuk AA, Rizatdinova AS, Litvinenko YuV. The program for improving the efficiency of motor actions technique in sports with a complex coordination structure of movement. In: Știința culturii fizice. Revistă teoretico-științifică. No. 27/1. Chisinau: Universitatea de Stat de Educație Fizică și Sport, Publicație științifi că recenzată (Categoría „C”); 2017.93-8.
17. Litvinenko Yu.V. Regulation of the position of athletes in smart minds of static and dynamic style of life: monograph. Lutsk: Vezha-Druk; 2018.324 p.
18. Popov GI, Samsonova AV. Biomechanics of motor activity: textbook. for stud. institutions of higher. prof. Education M., 2013.320 p.
19. Damask VA. Modeling and philosophy. L., 1966.275 p.
20. Yaremenko VV. Research of kinematic characteristics of basic attacking technical actions of young freestyle wrestlers. Physical education of students, 2014. 2.56–60.
21. Kashuba V., Stepanenko O., Byshevets N., Kharchuk O., Savliuk S., Bukhovets B., Grygus I., Napierała M., Skaliy T., Hagner-Derengowska M., Zukow W. (2020). The Formation of Human Movement and Sports Skills in Processing Sports-pedagogical and Biomedical Data in Masters of Sports. International Journal of Human Movement and Sports Sciences, 8(5): pp. 249–257. DOI: 10.13189/saj.2020.080513
22. <http://www.qualisys.com>