

УДК 796.093.311.4

**АНАЛІЗ МІКРОРУХІВ КИСТІ СПОРТОВЦЯ ВИЩОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ  
У СТРІЛЬБІ З ПІСТОЛЕТА****Віктор ПЯТКОВ<sup>1</sup>, Олександр ПЕТРИВ<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Львівський державний університет фізичної культури, м. Львів, Україна,<sup>2</sup> Управління спорту Міністерства оборони України, м. Київ, Україна,

e-mail: info@sportscience.org.ua

**Анотація.** У роботі розв'язано проблему виявлення та аналізу мікрорухів кисті спортсмена вищої кваліфікації в завершальній фазі прицілювання з пістолета. Проблема вирішено за допомогою інноваційного методу комп'ютерного експрес-аналізу змін координат по вертикальній, горизонтальній і сагітальній осях, що раніше не було відомо і не зафіксовано в науковій літературі та практиці. Визначено діапазони неконтрольованих рухів кисті в процесі завершення циклу пострілу.

**Ключові слова:** спорт, стрільба, пістолет, мікрорухи, прицілювання.**АНАЛИЗ МИКРОДВИЖЕНИЙ  
КИСТИ СПОРТСМЕНА  
ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ  
В СТРЕЛЬБЕ ИЗ ПИСТОЛЕТА****Виктор ПЯТКОВ<sup>1</sup>, Александр ПЕТРИВ<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Львовский государственный университет  
физической культуры, г. Львов, Украина,<sup>2</sup> Управление спорта Министерства  
обороны Украины, г. Киев, Украина,  
e-mail: info@sportscience.org.ua

**Аннотация.** В работе решена проблема выявления и анализа микродвижений кисти спортсмена высшей квалификации в завершающей фазе прицеливания из пистолета. Проблема решена с помощью инновационного метода компьютерного экспрес-анализа изменений координат пистолета по вертикальной, горизонтальной и сагитальной осям, что ранее не было известно и не зафиксировано в научной литературе и практике. Определены диапазоны неконтролируемых движений кисти в процессе завершения цикла выстрела.

**Ключевые слова:** спорт, стрельба, пистолет, прицеливание, микродвижения.

**Постановка проблеми.** Спортивна конкуренція на міжнародній арені, зокрема на офіційних міжнародних змаганнях у пістолетних вправах, пролонговано зростає [5], що зумовлює необхідність удосконалення елементів науково-методичного забезпечення підготовки спортсменів вищої кваліфікації в стрільбі з пістолетів. Важливим елементом науково-методичного забезпечення є візуальний контроль і самоконтроль мікрорухів кисті та пальців пістолетника в процесі прицілювання. Але на рівні вищої спортивної майстерності візуальний контроль і самоконтроль є недостатньо ефективними порівняно з комп'ютеризованим визначенням просторово-часових параметрів мікрорухів. Комп'ютеризована реєстрація відхилень кисті спортсмена-пістолетника від потрібної лінії прицілювання відкриє можливості для удосконалення процесу підготовки.

Це об'єктивно характеризує актуальність важливої наукової *проблеми* виявлення просторово-часових параметрів мікрорухів кисті спортсмена вищої кваліфікації у завершальній фазі прицілювання з пістолета.

**MICRO MOVEMENTS ANALYSIS  
OF THE HIGH QUALIFICATION  
SHOOTER HAND WITH PISTOL****Victor PYATKOV<sup>1</sup>, Alexander PETRIV<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Lviv State University of Physical Culture,  
Lviv, Ukraine,<sup>2</sup>Sports Department of the Ministry  
of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine,  
e-mail: info@sportscience.org.ua

**Annotation.** In work the problem of revealing and the analysis of micro-motions of a brush of the sportsman of the top skills in the final phase of aiming from a pistol is solved. The problem is solved with the help of an innovative method of computer express analysis of the pistol's coordinates changes along the vertical, horizontal and sagittal axes, which was previously unknown and not fixed in the scientific literature and practice. The ranges of uncontrolled brush movements during the completion of the shot cycle are determined.

**Keywords:** sport, shooting, pistol, aiming, micro-motion.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основу вдосконалення технічно-тактичних елементів стрільби в різних вправах становить оптимізація їхньої мікроструктури [1–4], зокрема мінімізація відхилень мушки прицілу від точки прицілювання. Аналіз свідчить про те, що основною причиною неконтрольованих рухів є недостатність об'єктивних даних про величини мікрорухів зброї у фазі завершення прицілювання, що утруднює контроль за його вдосконаленням.

Питання реєстрації та аналізу мікрорухів кисті спортсмена, як платформи для подальшого удосконалення у стрільбі з пістолета, спеціально не досліджували [9]. Обмаль досліджень у стрілецькому спорті стосовно реєстрації рухів стрільця в сагітальній площині [6]. Однак статистично достовірні дані про мікрорухи по осі  $Z$  є необхідним компонентом, якого бракує в науково-методичному забезпеченні підготовки спортсменів.

З урахуванням своїх особливостей спортивна стрільба має велику потребу в контролювальних пристроях з об'єктивною реєстрацією просторово-часових параметрів. Стрільцеві вищої кваліфікації особливо необхідно контролювати усю складну структуру техніки стрільби, відшукуючи резерв для вдосконалення її елементів

Електронно-оптична реєстрація траєкторії руху мушки прицілу в зоні прицілювання в процесі стрільби з пістолета за допомогою комп'ютерної системи Scatt [10] дає змогу визначати відхилення по горизонталі та по вертикалі, але сагітальні рухи кисті пістолетника спеціально не досліджено. Разом з цим у технічній літературі вже є публікації про високо-технологічні контролери типу Leap Motion [7; 8] для реєстрації позицій руки по осях  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . На цій підставі виникло *припущення* про можливість комп'ютеризованого виявлення мікрорухів пістолета по осі  $Z$  у процесі прицілювання.

**Мета** роботи полягала у виявленні просторово-часових параметрів мікрорухів кисті спортсмена вищої кваліфікації по осях  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  у завершальній фазі прицілювання з пістолета.

Для досягнення мети дослідження в роботі поставлено такі *завдання*:

- опрацювати модель комп'ютеризованої реєстрації просторово-часових параметрів мікрорухів кисті пістолетника по осях  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ;
- визначити наявність або відсутність змін координат кисті стрільця по сагітальній осі  $Z$  у процесі прицілювання;
- виявити діапазон мікрорухів кисті спортсмена вищої кваліфікації у завершальній фазі прицілювання з пістолета;
- запропонувати метод комп'ютеризованого виявлення мікрорухів кисті спортсмена під час прицілювання з пістолета;
- розробити практичні рекомендації.

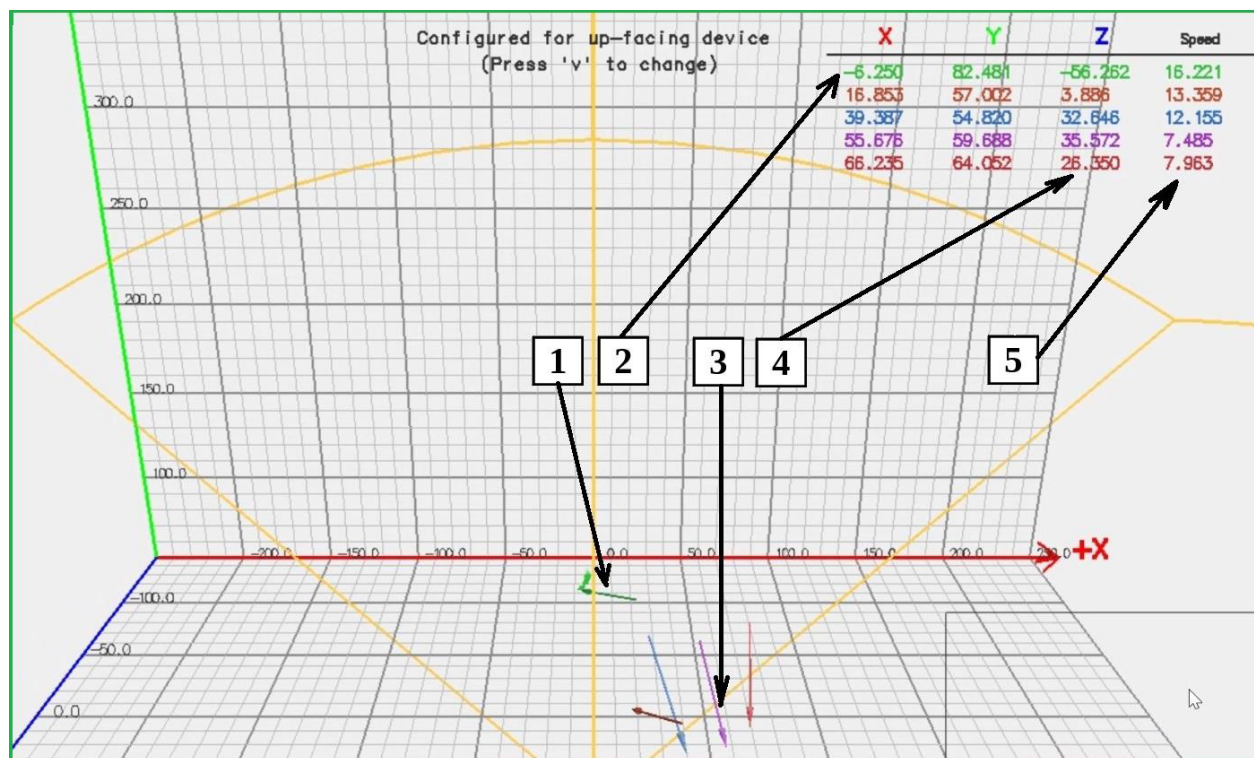
**Методи та організація дослідження.** Для вирішення поставлених у роботі завдань ми застосували такі методи:

- аналіз літературних джерел за темою досліджень;
- комп'ютеризована реєстрація сагітальних координат кисті спортсмена в процесі прицілювання з пістолета;
- математично-статистична обробка отриманих даних;
- синтез наукових результатів.

Реєстрацію координат кисті спортсмена в завершальній фазі прицілювання з пістолета здійснено з застосуванням контролера Leap Motion. Отримані дані опрацьовано за допомогою математично-статистичних функцій програмного пакета Microsoft Excel 2010.

Дослідження виконано на кафедрі стрільби та технічних видів спорту Львівського державного університету фізичної культури та на навчально-спортивній базі літніх видів спорту Міністерства оборони України, розташованої у місті Львові. Узагальнено 48 результатів вимірювань мікрорухів кисті спортсмена вищої кваліфікації у завершальній фазі прицілювання з пістолета.

**Результати досліджень.** Ми опрацювали модель комп'ютеризованої реєстрації мікрорухів кисті спортсмена у процесі стрільби з пістолета з назвою *CEA17* (*Contactless Electronic Analysis*: безконтактний комп'ютерний аналіз). Основу моделі становлять три компоненти (комп'ютер + контролер Lear Motion + тренувальна модель-макет пістолета), котрі з'єднуються в єдину систему. Від аналогів вона відрізняється більш точною формою реєстраторів мікрорухів кисті пістолетника, коли вказівний палець знаходиться на спусковому гачку. На *рис. 1* показано екран візуалізатора *CEA17* з ілюстрацією координат пальців кисті спортсмена під час утримання руків'я пістолета.



**Рис. 1. Екранна форма візуалізатора *CEA17*:**

- 1 – модель реєстратора мікрорухів вказівного пальця руки пістолетника в процесі натискання на спусковий гачок;
- 2 – координати вказівного пальця по осях *X*, *Y*, *Z* та швидкість його руху;
- 3 – реєстратори мікрорухів пальців, котрими тримають руків'я пістолета;
- 4 – координати усіх п'яти пальців руки стрільця осях *X*, *Y*, *Z* та швидкість їхнього руху;
- 5 – швидкість руху п'яти пальців спортсмена у фазі прицілювання з пістолета

Модель *CEA17* надає комп'ютерні звіти по реєстрації координат пальців кисті спортсмена по осях *X*, *Y*, *Z* та швидкості руху кисті з частотою 100 кадрів у секунду. Контролер моделі використовує оптичні датчики та інфрачервоне світло. *CEA17* дає змогу вимірювати фізичні величини з такими одиницями: відстань, *міліметри*; час, *мікросекунди*; швидкість, *мм/с*.

1. Ми провели реєстрацію просторових координат вказівного пальця на спусковому гачку та швидкість руху кисті спортсмена-стрільця у завершальній фазі прицілювання з пістолета (табл. 1).

2. В офісному додатку Excel ми визначили граничні значення досліджуваних параметрів та відхилення кисті від лінії прицілювання в стрільців-спортсменів вищої кваліфікації:

- максимальні показники координат кисті по осі *X* дорівнюють *2,321 mm*; зазначаємо  $X_{Max} = 2,321 \text{ mm}$ ;
- мінімальні показники координат кисті по осі *X* дорівнюють *1,253 mm*; зазначаємо  $X_{Min} = 1,253 \text{ mm}$ ;

- визначаємо *горизонтальні відхилення* кисті від лінії прицілювання з пістолета:  $X_{\text{Max}} - X_{\text{Min}} = 2,321 - 1,253 = 1,068 \text{ mm}$ ;
- максимальні показники координат кисті по осі  $Y$  дорівнюють  $1,991 \text{ mm}$ ; зазначаємо  $Y_{\text{Max}} = 1,991 \text{ mm}$ ;
- мінімальні показники координат кисті по осі  $Y$  дорівнюють  $1,928 \text{ mm}$ ; зазначаємо  $Y_{\text{Min}} = 1,928 \text{ mm}$ ;
- визначаємо *вертикальні відхилення* кисті від лінії прицілювання з пістолета:  $Y_{\text{Max}} - Y_{\text{Min}} = 1,991 - 1,928 = 0,063 \text{ mm}$ ;
- максимальні показники координат кисті по осі  $Z$  дорівнюють  $4,523 \text{ mm}$ ; зазначаємо  $Z_{\text{Max}} = 4,523 \text{ mm}$ ;
- мінімальні показники координат кисті по осі  $Z$  дорівнюють  $3,215 \text{ mm}$ ; зазначаємо  $Z_{\text{Min}} = 3,215 \text{ mm}$ ;
- визначаємо *сагітальні відхилення* кисті від лінії прицілювання з пістолета:  $Z_{\text{Max}} - Z_{\text{Min}} = 4,523 - 3,215 = 1,308 \text{ mm}$ ;
- максимальні показники швидкості руху кисті стрільця-спортівця у завершальній фазі прицілювання з пістолета дорівнюють  $12,965 \text{ mm/s}$ ; зазначаємо  $S_{\text{Max}} = 12,965 \text{ mm/s}$ ;
- мінімальні показники швидкості руху кисті стрільця-спортівця у завершальній фазі прицілювання з пістолета дорівнюють  $11,236 \text{ mm/s}$ ; зазначаємо  $S_{\text{Min}} = 11,236 \text{ mm/s}$ ;
- визначаємо швидкості руху кисті стрільця-спортівця у завершальній фазі прицілювання з пістолета:  $S_{\text{Max}} - S_{\text{Min}} = 12,965 - 11,236 = 1,729 \text{ mm/s}$ .

Таблиця 1

**Просторово-часові параметри позиції кисті спортсмена  
в завершальній фазі прицілювання з пістолета,  $p < 0,001$**

КООРДИНАТИ У ПРОСТОРИ				
Спроби	$X, \text{ mm}$	$Y, \text{ mm}$	$Z, \text{ mm}$	$S, \text{ mm/s}$
1	1,325	1,982	3,412	11,236
2	1,754	1,935	3,231	12,351
3	1,698	1,928	3,415	12,412
4	2,321	1,935	3,421	12,211
5	1,256	1,941	3,511	11,870
6	1,389	1,932	3,215	12,324
7	1,253	1,940	3,325	12,321
8	1,632	1,930	3,257	11,542
9	1,547	1,979	3,562	12,965
10	1,658	1,991	4,523	12,926

Примітки:  $X, \text{ mm}$  – горизонтальні позиції кисті; $Y, \text{ mm}$  – вертикальні координати; $Z, \text{ mm}$  – сагітальні позиції вказівного пальця; $S, \text{ mm/s}$  – швидкість руху кисті стрільця вищої кваліфікації в завершальній фазі прицілювання.

На рис. 2 показано діаграму мікрорухів кисті спортсмена вищої кваліфікації у завершальній фазі прицілювання з пістолета.

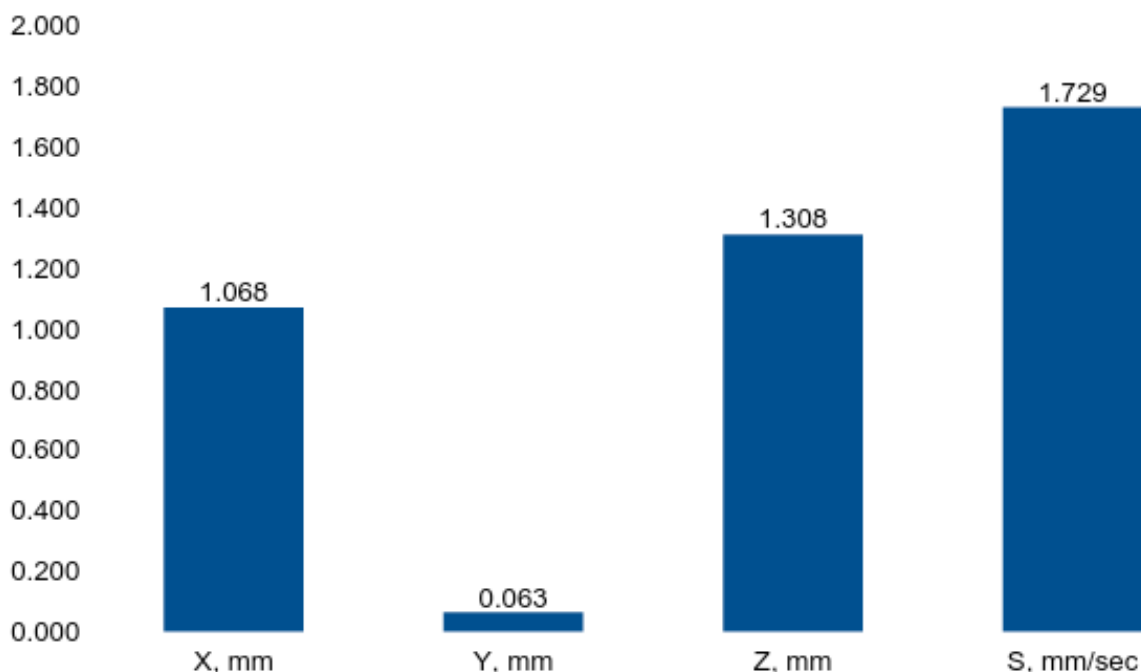


Рис. 2. Величини мікрорухів кисті спортсмена вищої кваліфікації у завершальній фазі прицілювання з пістолета:

- $X$  – горизонтальні відхилення від лінії прицілювання;
- $Y$  – вертикальні відхилення від лінії прицілювання;
- $Z$  – сагітальні відхилення від лінії прицілювання;
- $S$  – швидкість руху кисті стрільця-спортсмена

На цій підставі ґрунтується твердження про те, що в завершальній фазі прицілювання з пістолета існують неконтрольовані мікрорухи в площині  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

Як наслідку цього, швидкість руху кисті спортсмена-стрільця у фазі завершення циклу пострілу є змінною величиною, що зумовлює значний вплив на результативність виконання вправ.

Вірогідність результатів підтверджено точністю комп'ютерного аналізу отриманих даних.

На цій підставі ми запропонували *метод* комп'ютеризованого вимірювання просторово-часових параметрів мікрорухів кисті спортсмена в процесі прицілювання з пістолета, що раніше не було відомо і не зафіксовано у науковій літературі та практиці.

Новий метод MPC (мікрорухи стрільця) дає змогу використовувати комп'ютер у цілому по-новому: аналізувати позиції елементів системи стрілець–зброя–мішень у 3D-просторі і виявляти величини мікрорухів кисті спортсмена у процесі прицілювання з пістолета.

Отже, у роботі наведено теоретичне узагальнення та нове розв'язання проблеми виявлення та аналізу мікрорухів кисті спортсмена вищої кваліфікації у завершальній фазі прицілювання з пістолета, що дає можливість об'єктивно визначити стартовий стан стрільця та корекції, особливо в змагальних умовах. Проблему розв'язано вперше за допомогою методу MPC.

Порівняно з технологіями системи Scatt метод MPC забезпечує спортсменів більш інформативним інтерфейсом через звичайний USB-порт комп'ютера і реєструє рухи за допомогою аналітики жестів, не торкаючись ні до комп'ютерної миші, ні до дисплея та не чіпляючи на спортсмена ніяких датчиків. Без технологій розпізнавання жестів вже складно уявити прогрес науково-методичного забезпечення процесу підготовки спортсменів-стрільців вищої кваліфікації.

Перспективи подальших пошуків у цьому напрямі полягають у нових додатках до моделі *CEA17*. Практичні рекомендації: для реєстрації просторово-часових параметрів необхідно показання моделі *CEA17* спрямувати у буфер обміну, натискаючи на клавіатурі клавішу *PrtSc*, і вставити у додаток (*Paint*, *Writer* і ін.), натискаючи клавіші *Shift+Insert*.

У процесі налаштування моделі варто запустити і побачити модель у дії не торкаючись клавіатури, мишки або екрана.

Другий важливий момент – це визначення найбільш зручної висоти трекінгу, яка налаштовується в опціях. Під час тестування найбільш зручним виявилось стандартне значення в 20 см. Якщо працювати сидячи, як у вправах паралімпійців, то варто трохи знизити висоту або використовувати автоматичний трекінг.

Стосовно розробки аналогів для дитячо-юнацьких спортивних шкіл, то підходить середовище розробки *Unity 3D*. Принаймні відтепер доступна взаємодія з ПК під управлінням *Windows 10*, реалізуючи цілий спектр технічних можливостей, включаючи повну підтримку мультитач-жестів. Крім того, можна налаштовувати цю систему під індивідуальні жести і параметри чутливості, з урахуванням технічно-тактичних можливостей.

**Висновки.** У роботі наведено теоретичне узагальнення та нове розв'язання наукової проблеми виявлення мікрорухів кисті спортсмена у сагітальній площині в процесі прицілювання з пістолета.

Проблему розв'язано за допомогою інноваційного методу *MPC* з функціями комп'ютеризованого 3D контролю за рухами пальців руки у процесі прицілювання з пістолета. Новий метод дає змогу використовувати комп'ютер у цілому по-новому: аналізувати позиції елементів системи стрілець–зброя–мішень у 3D-просторі і виявляти величини відхилень кисті спортсмена від лінії прицілювання з пістолета.

Виявлено величини мікрорухів кисті спортсмена вищої кваліфікації у сагітальній площині у процесі прицілювання з пістолета, що раніше не було відомо і не зафіксовано в науковій літературі та практиці: *сагітальні відхилення* кисті спортсмена вищої кваліфікації від лінії прицілювання з пістолета дорівнюють *1,308 мм*.

*Горизонтальні відхилення* кисті спортсмена вищої кваліфікації від лінії прицілювання з пістолета становлять *1,068 мм*.

*Вертикальні відхилення* кисті від лінії прицілювання з пістолета дорівнюють *0,063 мм*

Швидкість руху кисті стрільця-спортсмена вищої кваліфікації у завершальній фазі прицілювання з пістолета відповідає *1,729 мм/с*.

Таким чином набули подальшого доповнення наукові відомості про величини мікрорухів кисті спортсмена вищої кваліфікації в завершальній фазі прицілювання з пістолета.

### Список літератури

1. Банах С. М. Рациональна тривалість виконання швидкісних спортивно-прикладних стрілецьких вправ / С. Банах // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. за ред. Єрмакова. – Харків : ХХІІІ, 2002. – № 26. – с. 37–39.
2. Заневський І. П. Точка прицілювання на оптоелектронній мішені при різних видах стрільби з пневматичного пістолета / Заневський І. П., Коростильова Ю. С., Михайлов В. В. // Фізична активність, здоров'я і спорт. – 2011. – № 1 (3). – С. 12–22.
3. Ковальчук А. М. Тренажерна модель стрілецьких вправ у підрозділах МВС України / А. М. Ковальчук // Слобожанський науково-спортивний вісник : зб. наук. пр. – Харків : ХДІ-ФК, 2001. – Вип. 3. – С. 79–80.
4. Павлюк Є. О. Удосконалення стрільби по рухомих мішенях / Є. О. Павлюк // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. за ред. Єрмакова С. С. – Харків : ХХІІІ, 2003. – № 13. – С. 59–64.
5. Пятков В. Т. Специфіка підготовки збірної команди України з кульової стрільби до ХХVІІ Олімпійських ігор / Пятков В. Т. – Київ : Науковий світ, 2000. – 25 с.

6. Рудий Р. М. Логічна організація системи удосконалення техніко-тактичної підготовки стрільців з пістолета у класифікаційних вправах олімпійської програми / Р. М. Рудий // Спортивна наука України : електронне наукове видання. – Львів : ЛДУФК, 2009. – № 4. – С. 48–57.
7. Brandon Sanders. Mastering Leap Motion. – Birmingham B3 2PB, UK, 2014. – 248 p.
8. Mischa Spiegelmock. Leap Motion Development Essentials. – Birmingham B3 2PB, UK, 2013. – 106 p.
9. Culross. A Talent Development Perspective on the Olympic Athlete / Rita R. // American Journal of Sports Science and Medicine. – 2015. – Vol. 3, No. 5. – 108–111 p.
10. Scatt Shooter Training Systems. – <http://www.scatt.com>, 25.01.17

*Стаття надійшла до редколегії 14.10.2016*

*Прийнята до друку 17.11.2016*

*Підписана до друку 30.12.2016*