

УДК 681.5.017:623.443

# МЕТОД ТА АЛГОРИТМ АНАЛІЗУ І ОЦІНЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ ТОЧКИ ПРИЦІЛЮВАННЯ

С.В. Костішин

Аспірант\*

Контактний тел.: (0432) 59-81-23

E-mail: seruykost@rambler.ru

С.М. Злепко

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри\*

Контактний тел.: (0432) 59-81-22

E-mail: smzlepko@ukr.net

А.А. Шиян

Кандидат фізико-математичних наук, доцент\*

Контактний тел.: (0432) 59-81-23

E-mail: aa\_shiyan@mail.ru

М.В. Московко\*

Контактний тел.: (0432) 59-81-23

E-mail: moskovko@bk.ru

\*Кафедра проектування медико-біологічної апаратури

Вінницький національний технічний університет

вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021

*В статті зроблено аналіз траєкторії руху точки прицілювання. Це дало змогу визначити перелік значимих параметрів, дослідження яких забезпечує визначення ступеню якості всього етапу прицілювання, а також ідентифікацію помилок, які стрілець допускає на даного етапі*

*Ключові слова: прицілювання, система «стрілець-зброя-мішень», якість стрільби*

*В статье выполнен анализ траектории точки прицеливания. Это дало возможность сформировать перечень значимых параметров, исследование которых, в свою очередь, обеспечивает определение степени качества исполнения всего этапа прицеливания, а также идентификацию ошибок, которые стрелок допускает на данном этапе*

*Ключевые слова: прицеливание, система «стрелок-оружие-мишень», качество стрельбы*

*Analysis of the aiming point trajectory has been presented in this article. This provides the opportunity to create a list of relevant parameters. Investigation of these parameters has provided estimation of aiming process level and identifying errors, which the shooter allows at this phase*

*Keywords: aiming, system "shooter-weapon-target", shooting quality*

## 1. Вступ

Етап прицілювання відіграє важливу роль в процесі стрільби і в переважній більшості випадків здійснює визначальний вплив на кінцевий результат пострілу. Значний вплив зорової компоненти на етапі прицілювання, незручність утримання зброї, недосконалість набутих навиків її використання і інші негативні чинники приводять до незадовільних результатів стрільби [1]. Проблема полягає в тому, що найчастіше стрілець не знає причин свого промаху і повторює їх знову і знову, витрачаючи зайвий час на тренування і закріплюючи хибну навичку, що має негативні наслідки для всього процесу тренування стрільби в подальшому. Помилки, які виникають на етапі прицілювання можна діагностувати за допомогою аналізу траєкторії пострілу, визначаючи при цьому індивідуальні характеристики переміщення точки прицілювання (ТП) і якість всього етапу прицілювання.

**Мета роботи** полягає в розробці методу аналізу траєкторії точки прицілювання, який би дозволяв

ефективно визначати допущені стрільцем помилки на етапі прицілювання і алгоритму, що забезпечував би функціонування даного методу.

## 2. Огляд літератури

Аналіз літературних джерел показав, що на проблему моделювання етапу прицілювання, враховуючи його значимість в процесі стрільби, вже звернена увага наукової спільноти. Так, в [2] показаний досить детальний перелік значимих параметрів системи «Стілець-зброя-мішень» для виконання влучного пострілу і визначені їх вилові значення для різних стрілецьких вправ олімпійської програми. Одночасно в статті відсутні правила, які б дозволяли виконувати оціночні судження про процес прицілювання. В [3] сформовано модель стрільби зі спортивного пневматичного пістолета, але вона дозволяє визначати лише один параметр – точність прицілювання на кінцевому підетапі точного прицілювання. Особливості

функціонування системи «Стілець-зброя-мішень» з позицій поведінки стрільця і організації навчання розглянуті в [4]. В роботах [5, 6] обґрунтовується необхідність впровадження інформаційних технологій в навчальному процесі бійців Збройних Сил, в тому числі і інформаційних систем підтримки бойової підготовки.

Процеси, які пов'язані з планомірним набуттям навичок, що пов'язані з вимогами військово-професійної діяльності в процесі навчання і тренування, способами їх корегування і закріплення розглянуті в [7].

### 3. Загальні засади аналізу міграції точки прицілювання

Весь етап прицілювання можна умовно поділити на три підетапи – наведення, точне прицілювання і утримання зброї в прицільному положенні. Цей поділ досить відносний і визначити чітку межу між ними практично неможливо [8]. Узагальнений варіант цього поділу можна сформулювати виконавши аналіз часової характеристики лінії руху ТП – можна сказати, що точне прицілювання виконується стрільцем повільніше, ніж наведення зброї на мішень, а на етапі утримання зброї в прицільному положенні переміщення ТП носять коливальний характер і мають невелику амплітуду відхилень.

Візуальний аналіз міграції ТП по мішені вказує на наявність в її складі деякої випадкової компоненти, що робить математичний опис цієї лінії практично неможливим.

Але для нього можна визначити кілька загальних тенденцій:

- 1) ТП прагне до центру мішені;
- 2) рух ТП прагне до прямої лінії;
- 3) найбільша кількість розгорнутих кутів в траєкторії руху біля центру мішені;
- 4) найменші амплітуди коливань біля центру мішені;
- 5) найбільша кількість протилежнонаправлених відрізків траєкторії біля центру мішені.

Тепер необхідно визначити загальні характеристики кожного з підетапів. 1 підетап – наведення – найпростіший етап, стілець просто піднімає руку зі зброєю в напрямку мішені. Найважливіше – це вчасно закінчити цей підетап – на підході до бажаної ТП і перейти до наступного, а також необхідно, щоб траєкторія переміщення була якомога більш короткою. 2 підетап – точне наведення – тут не бажані «ривки» траєкторії, рух ТП повинен бути плавним і однонаправленим. На 3 підетапі рух ТП відбувається навколо однієї бажаної точки, в яку цілить стрілець, амплітуда цього руху повинна бути мінімальною і протилежно направленою.

Використовуючи ці правила при аналізі траєкторії прицілювання, можна фактично визначити з певною імовірністю точку, в яку цілиться стрілець, а також визначити раціональність всієї технології прицілювання, якщо вона взагалі існує. Це дасть змогу більш ефективно проводити стрілецькі тренування – виявляти помилки на початкових етапах тренування і запобігати розвитку шкідливих навичок.

### 4. Дискретизація траєкторії руху точки прицілювання

Дискретизація руху точки прицілювання по мішені дає змогу перейти від неперервної лінії (рис. 1) до ламаної, яка є практично ідентичною їй, що в свою чергу дає можливість визначити кутові зміни траєкторії і аналізувати їх динаміку в процесі наближення ТП до центру мішені. Дискретизація дозволяє розбити всю траєкторію на окремі ділянки, пройдені за однакові часові інтервали, що дає змогу оцінити швидкість переміщення ТП. Фактично цим досягається поділ всього етапу прицілювання на підетапи, крім цього отримані дані дозволяють накопичити інформацію для аналізу.

При дискретизації з'являться наступні параметри:

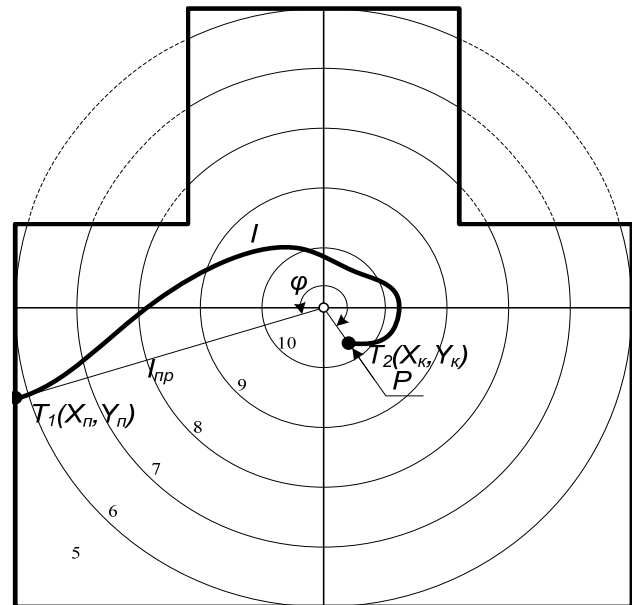


Рис. 1. Приклад траєкторії руху точки прицілу по мішені

Кутова зміна траєкторії ( $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_9$ ) свідчить про появу нового напрямку траєкторії, наявність якого є небажаним фактором і величина цього кута прямо пропорційна помилці стрільця. Невелика величина цього кута може носити випадковий характер – тремор кінцівок, зовнішні фізичні чинники, неусвідомлені мікроруки стрільця. Значне відхилення може свідчити про: 1) усвідомлення стрільцем невірності обраного напрямку траєкторії; 2) включення зорового аналізатора для виправлення траєкторії; 3) прояв збудженого нервово-психологічного стану стрільця.

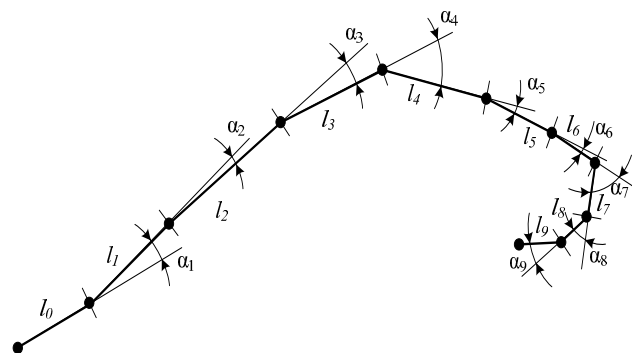


Рис. 2. Часова дискретизація траєкторії руху точки прицілу

Визначити який саме ситуативний варіант в кожному конкретному випадку практично неможливо. Тому оцінити значне відхилення траєкторії ТП можна лише за рахунок співставлення вектору попереднього напрямку, вектора новоутвореного напрямку і прямої, проведеної до кінцевої точки прицілювання – якщо вектор новоутвореного напрямку в більшій мірі тяжіє до прямої, ніж вектор попереднього напрямку, така поява кута носить позитивний характер і усвідомлена стрільцем.

Довжина відрізків ( $l_1, l_2, \dots, l_9$ ) формується на основі шляху, пройденого ТП за певний проміжок часу – прямопропорційна швидкості переміщення ТП.

**5. Алгоритм аналізу переміщення точки прицілу по мішені**

Для адекватного аналізу траєкторії прицілювання на підготовчому етапі необхідно визначити геометричні параметри самої мішені, що дасть змогу розрахувати коефіцієнт масштабування. Крім того, підготовчий етап включає в себе налаштування і калібровку апаратури, за допомогою якою будуть фіксуватися рух точки прицілювання. Після початку тренування апаратура відеозахвату фіксує будь-яку зміну координат лазерного променя на мішені. Після повного циклу сканування поля мішені відбувається часова затримка, що дозволяє розбити всю траєкторію міграції ТП на окремі дискретні елементи.

**6. Значимі показники для аналізу траєкторії ТП**

Алгоритм повинен визначати всі результативні параметри етапу прицілювання – це, крім власне бального результату пострілу (O), відстань від центру мішені до точки ураження (P), час прицілювання ( $t_{зар}$ ), довжина траєкторії прицілювання (l), кутова характеристика траєкторії ( $\phi$ ).

Бальний результат пострілу (O) – на сьогоднішній день є найважливішим параметром будь-яких стрільцьких тренувань, оскільки саме в цьому критерії виражається якість стрільби у вигляді оцінки.

Відстань від центру мішені до точки ураження (P) – показник, який в деякій мірі дублює попередній, але відрізняється від нього більшою об'єктивністю.

Загальний час прицілювання ( $t_{зар}$ ) – показник який відображає час, який стрілець витрачає на весь етап прицілювання процесу стрільби. Занадто довгий час прицілювання свідчить про те, що стрілець нама-

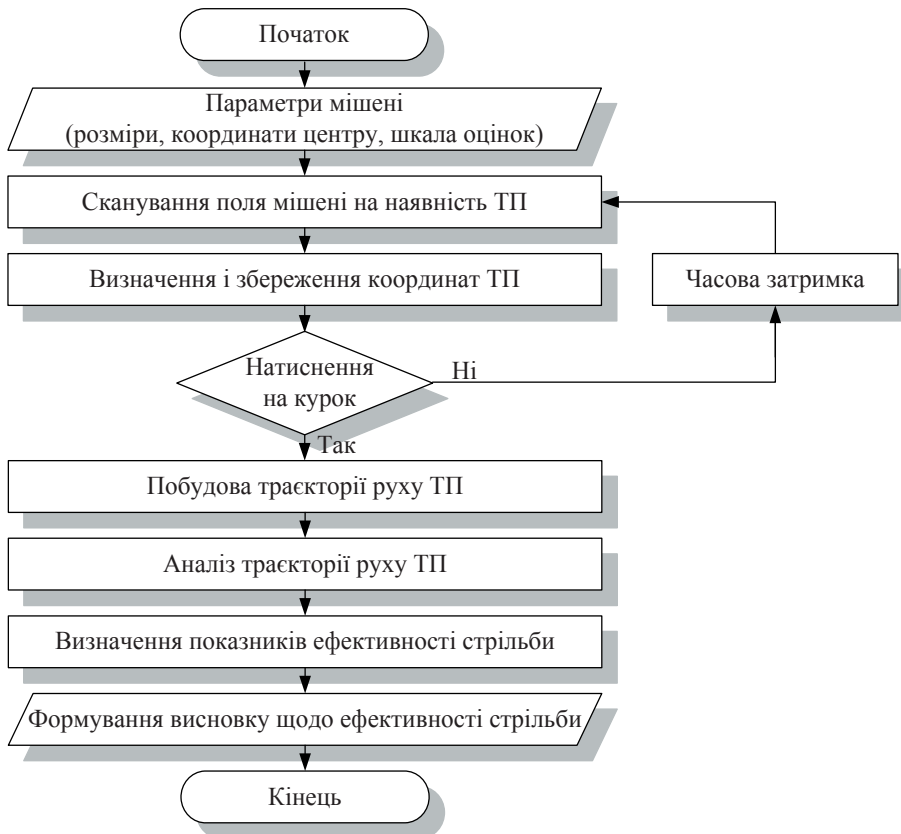


Рис. 3. Узагальнений алгоритм роботи комплексу по визначенню ефективності процесу прицілювання

гається «впіймати» вдалий момент для пострілу, що говорить про помилкову технологію виконання прицілювання.

Довжина траєкторії прицілювання (l) – показник, який показує характеризує загальний шлях точки прицілювання по мішені. Довгий шлях свідчить про невпевненість стрільця в процесі наведення. Велике значення цього показника також може вказувати на підвищений вплив зорової компоненти під час прицілювання.

Кутова характеристика ( $\phi$ ) – показує величину кута між крайніми точками траєкторії. Характеризує якість виконання етапу точного наведення на центр мішені.

Певні комбінації величин по цих факторах дають змогу говорити про загальний характер прицілювання конкретним стрільцем і формувати певні рекомендації щодо подолання помилок, якщо такі були допущені на даному етапі.

**7. Оцінювання значимих факторів при аналізі траєкторії ТП**

При аналізі параметрів траєкторії руху ТП виникають проблеми в об'єктивному оцінюванні значимих показників. Виділення абсолютних оцінок вищенаведений значимих факторів не являється можливим в даному випадку, оскільки ці нормативи будуть варіюватися в широкому діапазоні для різних людей в залежності від їх психофізіологічної типу, функціонального стану і інших параметрів.

Оптимальним варіантом є використання двобальної шкали оцінювання (+/-), яка базується на статистичній обробці масиву даних кожного конкретного стрільця. Дана обробка буде враховувати значення всієї множини параметрів і формувати коридор величин, нижній поріг якого можна назвати низьким рівнем вприсвоїти йому оцінку “-”, а верхній поріг – відповідно високим рівнем з оцінкою “+”. При цьому межі коридору будуть змінюватися з появою в процесі тренування нових числових значень даних параметрів.

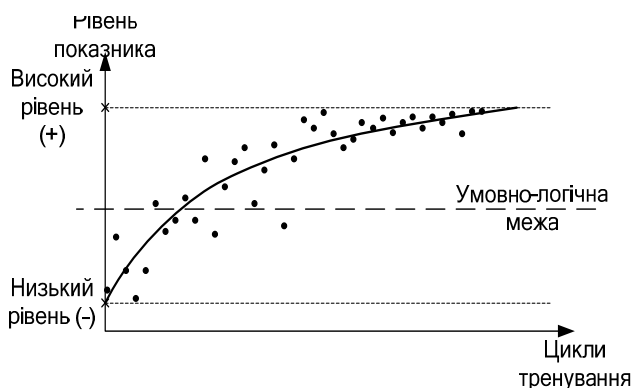


Рис. 4. Оцінювання факторів при аналізі траєкторії

Такий підхід дозволить організувати не лише оптимальне оцінювання індивідуальних показників, а й забезпечить виявлення певних тенденцій в розвитку майстерності стрільців. Підвищення верхнього порогу показників, яке буде спостерігатися після декількох циклів тренування, буде свідчити про більш ефективне опанування зброї на етапі прицілювання.

Визначивши кількість значимих факторів у кількості чотирьох штук і при оцінюванні кожного фактору за двобальною шкалою загальна кількість варіантів складе  $2^4=16$ .

Розглянемо наступні випадки міграції точок прицілювання по мішені з відмінним бальним результатом Р (рис. 5). У варіанті а) ТП прямує прямо до центру мішені (див. табл. 1 – №1). При цьому кут  $\phi$  наближається до  $0^\circ$ . Це свідчить про чітке наведення стрільцем зброї на мішень без зайвих рухів в відшукування центру, тому таке наведення характерне для професійних стрільців і свідчить про високий рівень майстерності. Траєкторія руху ТП найменша ( $l/l_{пр} \approx 1$ ), тому навіть при невеликій швидкості її переміщення, затрачений час буде невеликий.

Випадок б) має більш довгу траєкторію руху у порівнянні з попереднім випадком (див. табл. 1 – №1). Відхилення лінії прицілювання означає збільшення кута  $\phi$ , що свідчить про плавні відхиляючі рухи зброї і відповідні їм компенсаторні рухи м'язів.

Таблиця 1

Варіанти результату аналізу траєкторії згідно розробленого методу

№	Р	l	$t_{зар}$	$\phi$	Коротка характеристика
1.	+	+	+	+	Такий набір показників являється ідеальним на етапі прицілювання і забезпечує якісний постріл
2.	+	+	+	-	Великий $\phi$ при оптимальних інших показниках свідчить про наявність помилок на підетапі точного прицілювання. У поєднанні з малим часом міграції являється результатом автоматизму
3.	+	+	-	+	Являється відмінним результатом для організації процесу прицілювання в тих випадках, коли час не відіграє важливої ролі
4.	+	+	-	-	Помилка на підетапі точного прицілювання або утримання зброї – стрілець почитає шукати центр за допомогою зорового аналізатора.
5.	+	-	+	+	Свідчить про посилений тремор або помилки на підетапі наведення, посилені коливання точки прицілювання, що може свідчити про посилену психоемоційну напруженість стрільця
6.	+	-	+	-	Імовірно випадкове попадання при швидкісній стрільбі, можливе надмірне використання зорової компоненти або автоматизм. ТП плаває на підетапі точного прицілювання
7.	+	-	-	+	Невпевнене наведення зброї, що займає зайвий час, одночасно точне прицілювання дає можливість влучно вистрілити
8.	+	-	-	-	Невпевненість стрільця і прагнення стріляти напевно, ТП «плаває» по мішені. Надмірне використання зорової компоненти. Попадання, швидше за все, випадкове.
9.	-	+	+	+	Присутнє бажання стрільця якомога скоріше вистрілити, незавершений підетап точного прицілювання або випадкова помилка при сформованій навичці автоматичної стрільби
10.	-	+	+	-	Повністю відсутній підетап точного прицілювання
11.	-	+	-	+	Точне прицілювання починається занадто рано
12.	-	+	-	-	Відсутній підетап точного прицілювання. Підетап наведення занадто довгий – відсутність автоматизму в при виконанні даного етапу
13.	-	-	+	+	Підвищений вплив зорової компоненти на підетапі наведення, бажання швидше виконати постріл
14.	-	-	+	-	Стрільба «навмання», за принципом куди попаде – і на тому добре
15.	-	-	-	+	Помилкове прицілювання – підвищений вплив зорової компоненти або посилений тремор на підетапі наведення.
16.	-	-	-	-	Відсутність елементарних навичок прицілювання

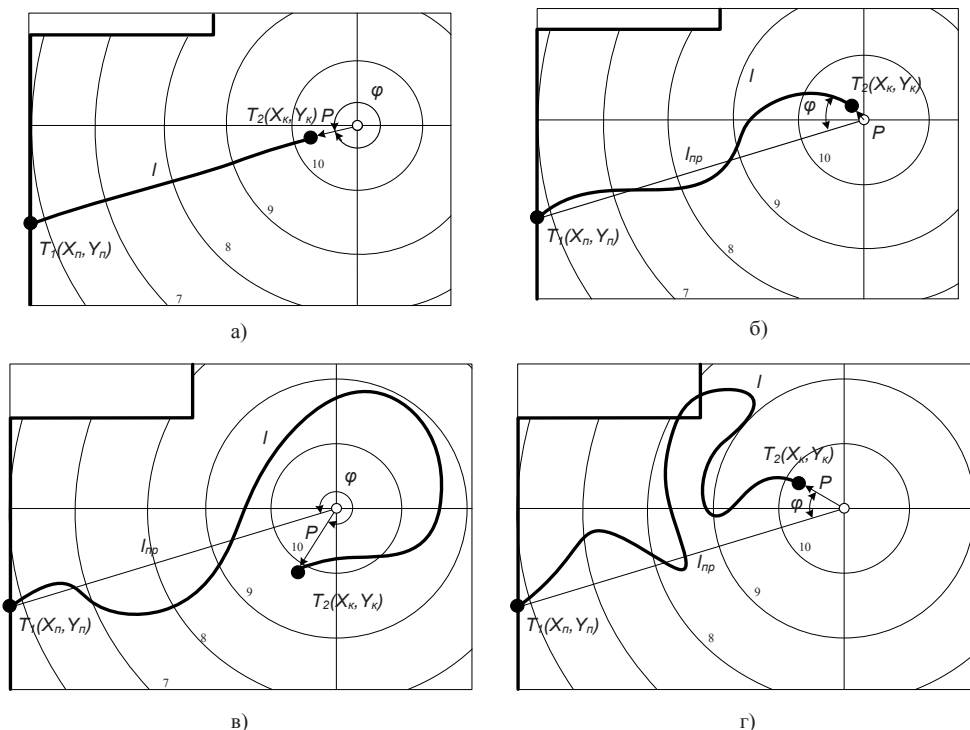


Рис. 5. Типові траєкторії руху ТП

Випадок в) має найдовшу траєкторію руху ( ), відповідно і найбільший кут  $\phi$  (див. табл. 1 – №6, 8). Як легко помітити з рисунка ТП переміщується на значній площі мішені, що свідчить про невпевнений рух ТП до центру мішені. Значний шлях пройдених поблизу центра мішені, тому можна сказати, що на підетап точного прицілювання невірний.

Випадок г) має довгу траєкторію руху, але кут  $\phi$  відносно невеликий (див. табл. 1 – №5, 7). Такий спосіб прицілювання являється недоцільним, оскільки ТП довільно переміщується по мішені, що не відповідає оптимальним затратам часу і енергії стрільцем

– підетап наведення недоцільно затягнутий, хоча підетап точного наведення виконаний на високому рівні, що і дало позитивний результат стрільби.

Наявність великого кута  $\phi$ , навіть при відмінному результаті стрільби може свідчити про відсутність автоматизму і занадто високому рівню впливу зорової компоненти при виконанні рухів на етапі прицілювання, що є негативним фактором при виконанні пострілу [8].

**Висновки**

Етап прицілювання як складова частина процесу стрільби виконує вагомий вплив на результат стрільби, що свідчить про необхідність здійснення аналізу цієї технології прицілювання, яку використовує стрілець в процесі свого тренування. Такий аналіз дозволить не лише уникнути запам'ятовування неправильних дій і появи шкідливих навичок, а і в більшості випадків допоможе вказати на помилки, допущені в процесі стрільби.

Представлений метод дозволяє аналізувати траєкторію руху ТП по мішені в динаміці, забезпечуючи наочне представлення прогресу тренувань і визначення ступеню підготовленості стрільця.

**Література**

1. Вайнштейн Л.М. Психология в пулевой стрельбе / Л.М. Вайнштейн. – М. : ДОСААФ, 1981. – 142 с.
2. Пятков В.Т. Визначення та розробка модельних характеристик системи Стілець-зброя-мішень / В.Т. Пятков, Є.Я. Чапля // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – Харків : ХХІІІ. – 2000. – №20. – С. 3-7.
3. Рудий Р.М. Моделі прицілювання у спортивній стрільбі з пневматичного пістолета / Р.М. Рудий // Спортивна наука України. – Львів : ЛДУФК. – 2008. – №3. – С. 2-7.
4. Лопатєв А.О. Особливості моделювання системи «Стрілець – зброя – мішень» / А.О. Лопатєв, М.І. Дзюбачик, С.М. Смільнянин // Теорія та методика фізичного виховання. – Харків : ОВС. – 2009. – №5. – С. 37-42.
5. Система бойової підготовки сухопутних військ Збройних Сил України: сучасний стан, основні напрямки та перспективи розвитку / М.А. Ісаков, М.Ю. Яковлев, Ю.О. Фтемов, О.О. Фуртес // Військово-технічний збірник – Львів : Академія сухопутних військ імені Гетьмана Петра Сагайдачного. – 2010. – №3. – С. 106-112.
6. Навчально-інформаційне та військово-професійне забезпечення сучасної підготовки офіцерів запасу / В.В. Василевський, В.Г. Головань, О.А. Хижняк, Л.В. Солодєєва // Збірник наукових праць Військового інституту КНУ ім. Т. Шевченка. – К. : КНУ ім. Т. Шевченка. – 2009. – №19. – С. 45-48.
7. Бокачов С.В. Організація навчального процесу курсантів у ВВНЗ із врахуванням принципів планомірного і поетапного прищеплення знань і навичок / С.В. Бокачов, І.В. Бабірад, В.С. Глушенко // Військово-технічний збірник. – Львів : Академія сухопутних військ імені Гетьмана Петра Сагайдачного. – 2009. – №2. – С. 102-108.
8. Костішин С.В. Моделювання етапу прицілювання процесу стрільби з короткоствольної вогнепальної зброї / С.В. Костішин, С.М. Злепко, А.А. Шиян // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Новые решения в современных технологиях. – Харьков : НТУ ХПИ. – 2010. – №57. – С. 240-243.