

## БАЗОВА МОДЕЛЬ ЗБЕРЕЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ВЕРТИКАЛЬНОЇ ПОЗИ СТІЛЬЦЯ

Богдан ВІНОГРАДСЬКИЙ

*Львівський державний університет фізичної культури,  
м. Львів, Україна*

**Вступ.** Стійкість є властивістю живої або неживої системи протидіяти порушенню рівноваги. Вона часто використовується у фундаментальних і прикладних науках, зокрема у фізиці, біофізиці, механіці, біомеханіці, кібернетиці, спорті тощо.

У спорті окремі науковці стійкість вивчають як самостійну рухову якість. В основі збереження стійкості людини лежить принцип зворотного зв'язку. З фізіологічного погляду, стійкість, зокрема збереження ортоградної (вертикальної) пози людини, забезпечують три ланцюги зворотного зв'язку в основі яких є центр рівноваги у внутрішньому вусі; зоровий аналізатор і відповідні зовнішні орієнтири; пропріорецептори відповідних м'язів з їх кінестетичною чутливістю. Ці системи стабілізації функціонують паралельно [3].

Важливість вивчення та моделювання процесу збереження стійкості вертикальної пози стрільця зумовлена високою значущістю цього елемента технічної майстерності та безпосереднім тісним впливом на формування кінцевого спортивного результату [2].

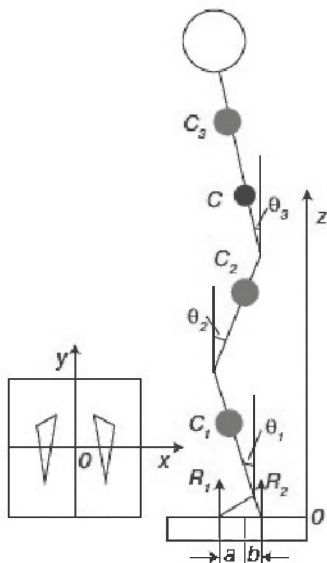
**Мета роботи** – обґрунтувати ефективну фізико-математичну модель збереження стійкості тіла стрільця в ортоградній позі.

**Методи дослідження.** Окрім теоретичного аналізу доступних наукових праць з проблематики дослідження, застосовано інструментальні засоби вимірювання динамічних та кінематичних параметрів взаємодії тіла стрільця з горизонтальною площиною. Використано дані 75 найсильніших стрільців світу з різних видів зброї (гвинтівки, пістолета та лука).

**Результати досліджень.** У результаті теоретичних пошуків установлено, що стійкість ортоградної пози тіла стрільця доцільно ха-

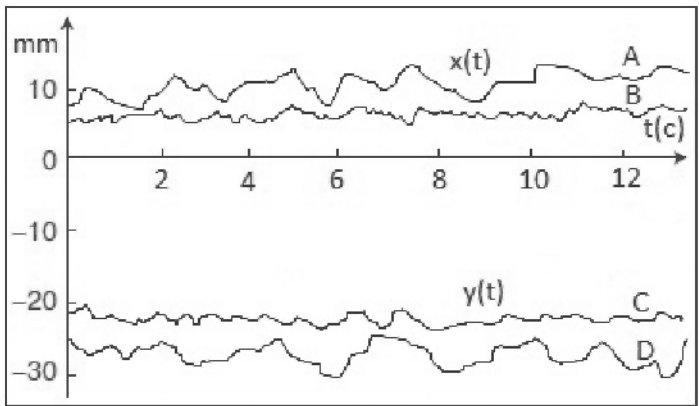
рактизувати такими параметрами: силою опори тіла спортсмена; амплітудою коливань тіла; довжиною траєкторії руху загального центра мас у горизонтальній площині з розрізненням сагітальної та фронтальної компоненти; частотою коливань; періодом коливань; співвідношенням амплітуди і частоти коливань тіла в різні періоди.

Обрано та уточнено фізико-математичну модель пози стрільця, що дає змогу кількісно встановити стан стійкості системи «стрілець – зброя» [1]. Модель має вигляд перевернутого маятника і складається з таких елементів – ланок тіла: стопи, гомілки, стегна, тулуба (рис. 1). Загальні центри мас зазначених елементів (окрім стопи) позначено на рис. 1 –  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ , а загального центра тіла стрільця людини –  $C$ . У моделі враховано кути між ланками і вертикаллю ( $\theta_1 - \theta_3$ ), а також сили опори поверхні на дві зони стопи – передньої  $R_1$  і задньої  $R_2$ . Модель доцільно розглядати як базу при визначенні стану стійкості стрільця під час виконання змагальної вправи.



**Рис. 1.** Базова фізико-математична модель вертикальної пози стрільця (позначення – у тексті)

На основі численних стабілометричних показників узагальнено дані щодо траєкторії руху загального центра мас тіла стрільця при двоопорній стійці (рис. 2). Встановлено, що доцільно розрізняти відповідні траєкторії за зміною двох компонент, що сумарно складають загальну лінію. Середні значення відхилення траєкторії проєкції загального центра мас тіла стрільця при двоопорній стійці в спортсменів низької кваліфікації (I спортивний розряд) і високої кваліфікації (МС) становить 4–7 мм.



**Рис. 2.** Траєкторія проєкції загального центра мас тіла стрільця при двоопорній вертикальній стійці, де А – компонента переміщення в сагітальній площині (вперед – назад) у стрільців низької спортивної кваліфікації, В – компонента переміщення в сагітальній площині (вперед – назад) у стрільців високої спортивної кваліфікації, С – компонента переміщення у фронтальній площині (вправо – вліво) у стрільців високої спортивної кваліфікації, D – компонента переміщення у фронтальній площині (вправо – вліво) у стрільців низької спортивної кваліфікації

Якщо передбачити те, що положення стоп спортсмена залишається незмінним (стрілець не сходить з місця), то збереження стійкості триланкової моделі (перевернутий маятник, рис. 1) можна представити у вигляді рівняння Лагранжа II роду:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \theta_j} - \frac{\partial T}{\partial \theta_j} - \frac{\partial \Pi}{\partial \theta_j} = 0 ,$$

де  $\theta_j$  – кути між ланками тіла і вертикальною лінією,  $T$  і  $\Pi$  – кінетична та потенційна енергія всієї системи.

### **Висновки:**

1. Обґрунтовано базову триланкову фізико-математичну модель збереження стійкості пози стрільця.
2. Узагальнено кількісні величини переміщення проекції загального центра мас тіла стрільців різної спортивної кваліфікації.

### **Список літератури**

1. Анализ стабилотрамм на основе математической модели тела человека, как многозвенной системы / А. А. Тяжелов, М. Ю. Карпинский, Н. Н. Кизилова [и др.] // Травма. – 2012. – Т. 13, № 4. – С. 17–25.
2. Виноградський Б. А. Спортивна стрільба з лука: основи й удосконалення спеціальної підготовленості : монографія / Б. А. Виноградський. – Львів : ЛДУФК, 2012. – 306 с.
3. Лапутин А. Н. Практическая биомеханика / А. Н. Лапутин. – Київ : Науковий світ, 2000. – 298 с.