



УДК 796.853.45

ТЕХНОЛОГІЯ НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ «ЛУК – СТІЛА» У ВЕРТИКАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ

**Ігор ЗАНЕВСЬКИЙ, Людмила ЗАНЕВСЬКА,
Ростислав ГРИБОВСЬКИЙ**

*Львівський державний університет
фізичної культури імені Івана Боберського, Україна*

Вступ. Спортивна стрільба з лука регламентується документами й стандартами Міжнародної федерації стрільби з лука (ФІТА) [1]. Точність пострілу залежить від якості лука й стріл, а також від майстерності стрільця. Налаштування системи «лук – стріла» є важливим елементом забезпечення успішного пострілу. Існує два важливі налаштування, які необхідно виконати для будь-якого лука. Перше з них стосується положення гнізда тятиви у вертикальній площині, друге – положення плунжера й полички стріли в латеральній площині [2,3].

У спортивній практиці використовують два емпіричні методи, а саме, метод «голого деревка», який розроблений Максом Гамільтоном (Max Hamilton) і тест Стіва Еллісона (Steve Ellison) [4]. Ці методи призначені для налаштування системи «лук – стріла» у вертикальній площині.

Таким чином, тести, які застосовують для налаштування системи «лук – стріла», потребують суттєвих зусиль і багато часу. Вони ґрунтуються на трудомістких процедурах, які передбачають складні маніпуляції за методом проб і помилок. До того ж, ці тести дають змогу змінювати лише один параметр системи, наприклад у вертикальній площині – це висота полички відносно лука. Інші параметри, які вважають важливими, не беруть до уваги в межах цього методу, серед них вихідні величини кутів встановлення плечей відносно руків'я лука [5,6].

Мета цього дослідження розробити аналітичний метод віртуального тестування й налаштування системи лука й стріли шляхом оптимізації положення плунжера й полички стріли відносно лука.

Методи. Застосовано механіко-математичну модель лука як кінематичного ланцюга жорстких елементів, з'єднаних в обертові кінематичні пари. Систему «лук – стріла» досліджено у двох положеннях: за розтягнутого лука й з накинutoю тятивою. Розроблено метод віртуального тестування та оптимізації положення плунжера й полички стріли відносно руки, що утримує лук. Модель і метод віртуального тестування й оптимізації висоти плунжера й полички стріли представлено на прикладі стандартного спортивного лука FITA.

Для створення технології віртуального тестування й налаштування системи «лук – стріла» застосовано методи механіко-математичного моделювання, обчислювальний експеримент; для розв'язання системи алгебричних трансцендентних рівнянь використано метод простих ітерацій; для розбіжних ітерацій застосовано метод розділення відрізків навпіл. Обчислення проведено з використанням функції FindRoot комп'ютерного пакета Mathematica (Wolfram Research).

Результати. Обчислювальний експеримент покрив широке коло параметрів системи «лук – стріла». Ураховано інструкції виробників луків та стріл, а також рекомендації та зауваги спортсменів і тренерів стосовно налаштування параметрів системи у вертикальній площині. Проведено трифакторну варіацію: за різницею довжини верхньої та нижньої гілок тятиви (до 100 mm); за висотою розміщення плунжера й полички стріли (до 40 mm); за величиною тілера 3–12 mm, за різницею величини кутів плечей лука (0,004) – (0,017) рад (табл. 1).

Таблиця 1

Параметри налаштування системи «лук-стріла»*

$\Delta\varphi$, рад	0	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025
ΔS , мм	22,7–34,0	24,3–35,6	25,9–37,2	27,5–38,8	29,7–41,0	31,4–42,8
$y_A - y_p$, мм	8,7–13,1	7,1–11,5	5,5–9,9	3,9–8,3	3,2–7,5	1,8–6,1

Примітка: *висота плунжера: $y_p = 20 - 30$ мм.

Визначено такі величини параметрів налаштування лука:
для $T = 11$ мм; $y_B = 26-21$ мм й для $T = 4$ мм; $y_B = 29-22$ мм (рис. 1).

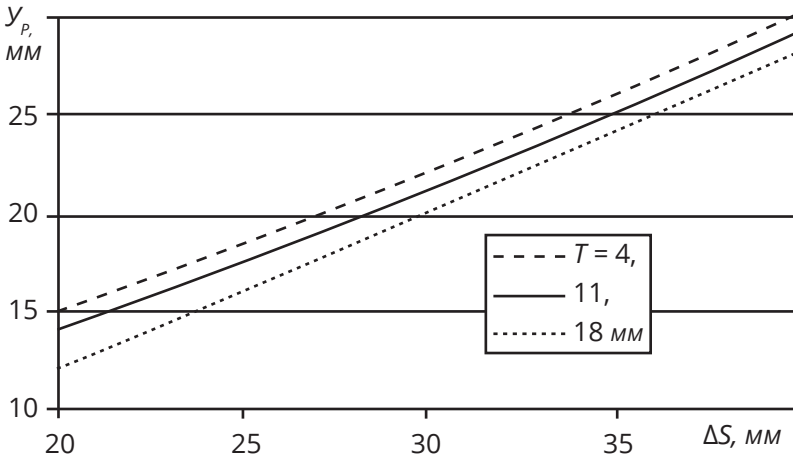


Рис. 1. Залежність оптимальної висоти плунжера (y_p) від різниці довжин гілок тятиви (ΔS) й величини тілера (T)

Висновок. Результати механіко-математичного моделювання подано у простій формі таблиць і графіків, що є зручним для стрільців і тренерів, не готових до використання математичних методів.

Список використаних джерел

1. Rule Book. World Archery Federation [electronic resource]. – URL: <http://worldarchery.org/Rules>
2. Sarro K. J. Relationship between GOW stability and postural control in recurve archery. *European Journal of Sport Science* / Sarro K. J., Vianna T. C., De Barros RML // *European Journal of Sport Science*. – 2021. – Vol. 21(4). – P. 512–520.
3. Si Lie. The perception of elite athletes' guided self-reflection and performance in archery / Si Lie Tan, Koon Teck Koh & Marja Kokkonen (2016) // *Reflective Practice*. – 2016. – V 2.17(:2). – P. 207–220. doi: 10.1080/14623943.2016.1146582
4. Aerodynamic properties of an archery arrow / Miyazaki T., Mukaiyama K., Komori Y., Okawa K., Taguchi S., & Sugiura H. // *Sports Engineering*. – 2013. – № 16(1). – P. 43–54. doi:10.1007/s12283-012-0102-y.
5. Spratford W. Postural stability, clicker reaction time and bow draw force predict performance in elite recurve archery / W. Spratford & R. Campbell // *European Journal of Sport Science*. – 2017. – № 17:5. – P. 539–545. doi: 10.1080/17461391.2017.1285963
6. Callaway A. J. Identification of temporal factors related to shot performance for indoor recurve archery / Andrew J. Callaway, Johanna Wiedlack & Mario Heller // *Journal of Sports Sciences*. – 2017. – № 35:12. – P. – 1142–1147. doi: 10.1080/02640414.2016.1211730