

МЕХАНІКО–МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ СТРІЛЕЦЬ – ЛУК

Ігор Заневський

Львівський державний університет фізичної культури

Вступ. Спортивна вправа стрільби з лука за правилами WA (Міжнародної федерації стрільби з лука) складається з трьох послідовних дій стрільця: розтягування лука, прицілювання й випуску тятиви. Загалом ціла вправа триває декілька секунд, а остання фаза – прискорення стріли тятивою – на два-три порядки менше, тобто малу частку секунди. Саме цей швидкоплинний процес визначає напрямок та інші параметри балістики стріли, а зрештою, і спортивний результат.

Метою роботи є створення механіко-математичної моделі взаємодії стрільця з луком, яка б дозволила врахувати біомеханічні параметри тіла стрільця для аналізу поведінки системи у вертикальній площині.

Результати й обговорення. Першим кроком до розуміння внутрішньої балістики стріли було пояснення відомого вже понад два століття феномена у стрільбі з лука, названого парадоксом лучника. Дослідження проводили з використанням стробоскопії з метою з'ясувати, як рухається стріла після випуску тятиви та яким чином вона оминає руківку лука [3]. Було виявлено, що стріла не рухається поступально у вертикальній площині, а разом з тятивою має ще й латеральні переміщення, а також згинні деформації. У положенні випуску тятиви стріла знаходиться під деяким кутом до головної площини лука. Цей напрямок визначається спеціальними пристроями на руківці: плунжером та полчиною. Перший з них дає змогу встановити кут стріли до площини лука, а друга – кут піднесення у цій площині. Отже, пришвиджуюча сила від тятиви не діє вздовж осі стріли. Латеральні рухи системи залежать також від бокового імпульсу пальців, коли стрілець випускає тятиву. До причин виникнення цих рухів варто також додати невеликі відхилення плечей та руківки від головної площини лука, а також натуральну криволінійність осі стріли. Сприятливе або ні поєднання названих факторів спричинює або ні огинання стрілою руківки лука.

Механіко-математичну модель парадокса лучника розробив Пенкальський [6] та вдосконалили Коої [4] і ми [8, 9]. Ми також започаткували моделювання рухів системи стрілець-лук у вертикальній площині методом псевдостатистики [2, 10], а також з використанням методів аналітичної динаміки [11]. Існує дослідження динаміки системи лук-стріла для традиційного японського лука [5], принципова схема якого істотно відрізняється від сучасного спортивного лука. Окрім того, у відомих дослідженнях фактор стрільця враховували тільки з огляду на те, що рука стрільця забезпечувала нерухомість точки упору на руківці лука. Таким чином, у відомих теоретичних моделях не враховано біомеханічних властивостей тіла стрільця для аналізу взаємодії складових системи стрілець-лук-стріла.

Важливість фази спільного руху стріли з тятивою, а отже, й з цілим луком, що тримає стрілець, пояснює пильний інтерес дослідників до аналізу динаміки цієї взаємодії. Ці дослідження провадяться з використанням експериментальних і аналітичних методів. У результаті акселерометричних досліджень встановлено загальний час тривалості процесу, закони імпульсного переміщення характерних точок руківки лука у трьох ортогональних напрямках [12]. За допомоги швидкісної відеозйомки отримано картину просторових переміщень стріли з гніздом тятиви, а також картину її взаємодії з полчиною та плунжером на руківці лука [7].

Висновки. Аналітичні дослідження стосувалися розробки механіко-математичних моделей спільного руху стріли з луком, причому припускалося, що руківка лука (або одна її точка контакту з кистю стрільця) є нерухомою [4–6]. Таким чином, тіло стрільця у відомих дослідженнях не брали до уваги, хоча за результатами згаданих вище експериментальних досліджень рука, що утримує лук, разом з руківкою лука під час спільного прискореного руху стріли з тятивою також не залишається нерухомою. Отож на часі є створення аналітичної моделі взаємодії тіла стрільця з луком під час спільного прискореного руху стріли з тятивою [1].

Список літератури

1. Edelmann-Nusser J., Gollhofer A. Coordinative aspects of archery – an approach using surface electromyography // XVI Int. Symp. Biomechanics in Sports Ed.: H.J. Riehle. Proc. II. - Konstanz: UVK, 1998. – P.153-156.
2. Gros H., Zanevskyy I. Archer-bow-arrow system adjustment in the vertical plane // Scientific proceeding of the XX International Symposium of Biomechanics in Sports Ed. K.E.Gianikellis. – Spain: Extremadura, 2002. – P.469-472.
3. Hickman C.N., Nagler F., Klopsteg P.E. Archery: the technical side. – Redlands: National Field Archery Association, 1947. – 148 p.
4. Kooi B.W. Bow-arrow interaction in archery // Journal of Sports Sciences. – 1998. – №16. – P. 721-731.
5. Ohsima S. & Ohtsuki A. Simulation of the shape and dynamics of Japanese bow – Application of large deflection theory // The book of the 4th Int. conf. on the Engineering of Sport. - Kyoto, Japan, 2002. - P.102-107.
6. Pekalski R. Modelling and simulation research of the competitor-bow-arrow system: Unpublished doctoral dissertation. – Warszawa: AWF, 1987.
7. Werner Beiter Zeigt. Highspeed film. – 1992.
8. Zanevskyy I. Dynamics of “arrow-bow” system // Journal of Automation and Information Sciences. – 1999. - №31 (3). - P.11-17
9. Zanevskyy I. Lateral deflection of archery arrows // Sports Engineering.- 2001.- Vo 4. - No 1. - P.23-42.
10. Заневський І.П. Технічний аспект налаштування спортивного лука // Технічні вісті. - 2001. - №1 (12). - С.24-29.
11. Zanevskyy I. Mechanical and mathematical modelling of bow and arrow interaction // Acta of Bioengineering and Biomechanics. – 2002. - №4– P.615-616.
12. Заневський І.П. Налаштування параметрів спортивного лука у вертикальній площині. 36. ст. міжн. наук.-практ. конф. – Л., 2001. - С. 10-22.