

## 2. МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ БІОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ У СФЕРІ СПОРТУ, ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ

### ПАРАМЕТРИ МОДЕЛІ СПОРТИВНОГО БЛОЧНОГО ЛУКА З УРАХУВАННЯМ ПРУЖНОСТІ ТЯТИВИ Й ТРОСІВ

***Заневський І.П.***

Львівський державний університет  
фізичної культури

**Постановка проблеми.** Популярність блочного лука як спортивної зброї стрімко зростає, однак наукових публікацій стосовно моделювання його роботи, визначення параметрів блочного лука у відкритому доступі на сьогодні явно недостатньо. Зокрема, не розглянуто вплив пружності тятиви й тросів на параметри пострілу. Оскільки для стандартного лука ФІТА із загнутими плечима пружність тятиви є одним з ключових параметрів, які визначають як статику, так і динаміку лука, є підстави очікувати, що пружність тятиви є не менш важливим параметром блочного лука. Ба більше, використання в конструкції блочного лука двох тросів підносить рівень актуальності задачі врахування пружності тятиви й тросів при аналізі механіки блочного лука.

Роботу виконано в рамках завдань НДР по темі 2.2.5 «Моделювання процесів взаємодії тіла людини зі спортивним приладдям» Зведеного плану науково-дослідної роботи у сфері фізичної культури і спорту на 2006-2010 роки (№ державної реєстрації 0106U012607).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Першим проблему пружності тятиви лука в науковому плані розглянув У.К. Марлоу, який дослідив вплив жорсткості тятиви на параметри лука з використанням симетричної моделі англійського довгого лука. Б.У. Кооі вдосконалив цю модель й дослідив динаміку системи стріла-тятива-лук, демонструючи суттєвість впливу жорсткості тятиви на параметри пострілу. Нами було розроблено модель ефективності спортивного

лука як відношення кінетичної енергії стріли в момент її відриву від тятиви до накопиченої в плечах потенціальної енергії з урахуванням жорсткості матеріалу ниток тятиви (лавсан, капрон, кевлар).

У нечисленних роботах, присвячених проблемам механіки сучасного блочного лука, використовуються моделі з абсолютно жорсткими тятивою й тросами. Дослідження властивостей блочних луків методами механіко-математичного моделювання розпочав Дж. Л. Парк (J.L. Park). Він розробив спрощену модель блочного лука, припускаючи симетричність згинів плечей. Нами, на основі результатів обчислювального експерименту, доведено помилковість припущення про симетричність згинів плечей блочного лука. Визначено, що реальна несиметричність, відносна величина якої складає 5-7 %, на порядок перевищує похибки вимірювань основних параметрів лука. За винятком цих двох робіт нам не вдалося знайти інших публікацій з проблем моделювання механіки спортивних блочних луків. Зокрема, відсутні дослідження, в яких би розглядалася механіко-математична модель блочного лука без апіорного припущення про абсолютну жорсткість тятиви й тросів.

**Метою роботи** було виявлення впливу пружних властивостей тятиви й тросів на параметри сучасного блочного лука. Завдання дослідження: 1) розробити механіко-математичну модель статичної рівноваги блочного лука; 2) розробити метод аналізу цієї моделі; 3) дати кількісну оцінку впливу жорсткості тятиви й тросів на параметри лука; 4) розробити метод експериментального визначення геометричних параметрів лука; 5) провести верифікацію моделі блочного лука.

**Методи дослідження:** механіко-математичне моделювання, модифікований метод Ньютона-Рафсона для системи трансцендентних нелінійних рівнянь, методи комп'ютерної математики MathCAD, відеокомп'ютерний аналіз, методи аналітичної геометрії.

**Основні результати.** Модель плеча — це коромисло зі спіраллю Архімеда, вісь обертання якого знаходиться між крайніми торцями плеча. Така модель із достатньо високою точністю (похибка в межах одного відсотка) описує реальні переміщення й сили, що супроводжують деформації плеча. В блочних луках плечі однакові й встановлюються симетрично відносно руківки. Таким чином, систему шарнірно-стрижневого механізму з блоками й важелями покладено в основу механіко-математичної моделі блочного лука. Пружні властивості тятиви й тросів доцільно враховувати в рамках лінійної моделі пружної нитки.

Вихідними параметрами для розрахунку нами прийнято такі:

- розміри руківки лука;
- приведена жорсткість плеча;
- віртуальна довжина плеча;
- кут положення випростаного плеча;
- погонна жорсткість тятиви й тросів;
- половина різниці між довжинами нижньої та верхньої гілок підв'язаної тятиви;
- кліренс лука, тобто відстань від точки упору на руківці до підв'язаної тятиви;
- поздовжня координата гнізда тятиви в положенні прицілювання;
- радіус блока;
- радіус колеса;
- відстань точки упору руки в руківку лука від відрізка прямої лінії, що з'єднує осі віртуальних шарнірів моделі плечей;
- жорсткість тятиви;
- довжина накинutoї тятиви, що прилягає до блока;
- довжина кабелю, що прилягає до колеса, в положенні лука з накинutoю тятивою.

Переважає більшість параметрів моделі лука з абсолютно жорсткою тятивою за величиною мало відрізняються від параметрів моделі з пружною тятивою: відносна різниця складає трохи більше одного відсотка. Біля половини пар загальної кількості параметрів мають від'ємну різницю. Однак два параметри — кути згину верхнього та нижнього плечей — мають різницю більшу від п'яти відсотків.

Результати експерименту виразно вказують на перевагу моделі блочного лука, в якій враховано пружність тятиви й тросів перед моделлю, в якій тятива й троси вважаються абсолютно жорсткими. Зокрема відносні похибки кутів згину плечей лука, які мають місце для першої моделі у 3 — 4 рази більші порівняно з другою моделлю. Похибки основних параметрів цієї моделі знаходяться в межах двох відсотків, що цілком прийнятно для інженерних розрахунків і для потреб спортивної практики. Відносні похибки кутів згину плечей лука, які мають місце для першої моделі у 3 — 4 рази більші порівняно з другою моделлю. Похибки основних параметрів цієї моделі знаходяться в межах двох відсотків, що цілком прийнятно для інженерних розрахунків і для потреб спортивної практики.

Реалізація процесу розв'язання задачі в програмі Find системи комп'ютерної математики MathCAD дає можливість фахівцям галузі фізичного виховання і спорту (тренерам і спортсменам лучникам), які не мають відповідної математичної підготовки, використовувати запропоновану модель блочного лука й відповідні методи механіко-математичного моделювання у навчально-тренувальному процесі.

**Висновки.** З використанням методів механіко-математичного моделювання виявлено суттєвий вплив пружних властивостей тятиви й тросів на роботу блочного лука. Пружні властивості тятиви й тросів доцільно враховувати в рамках лінійної моделі пружної нитки. Шарнірно-стрижневий механізм з блоками та важелями може бути покладений в основу моделі блочного лука.