

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ КОНТРОЛЮ ТА АНАЛІЗУ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ “ЛУЧНИК - ЛУК”

БОГДАН ВІНОГРАДСЬКИЙ

Львівський державний інститут фізичної культури

Подальший ріст спортивної результативності у висококваліфікованих спортсменів, обумовлений правильним вибором стратегічних напрямків розвитку теорії і практики спортивної підготовки, пошуку резервів їх вдосконалення, використанням нетрадиційних різнонаправлених шляхів вирішення.

Провідні науковці України в галузі спорту відзначають декілька напрямків вдосконалення системи спортивної підготовки [4]. Щодо раціоналізації її у стрілецьких видах спорту, і в стрільбі з лука зокрема, нам видається, що найбільш перспективними напрямками з урахуванням сучасної ситуації в Україні для висококваліфікованих стрільців є:

- використання приладів, обладнання і методичних прийомів, які дозволять повніше розкрити значимі для стрільби функціональні резерви організму [3, 5];

- вдосконалення системи управління тренувальним процесом на основі об'єктивізації знань про структуру змагальної діяльності і підготовленості стрільців з врахуванням як загальних закономірностей становлення спортивної майстерності, так і індивідуальних можливостей стрільця [4].

Останній напрямок передбачає створення групових та індивідуальних моделей змагальної діяльності і підготовленості спортсменів, а на тій основі, розробку та використання відомих засобів педагогічного впливу, контролю і корекції тренувального процесу.

Підготовка спортсмена, здатного показати високий рівень досягнень, є результатом тісної взаємодії просторової мережі різноманітних соціальних, педагогічних, біологічних, технічних та інших не врахованих явищ, об'єднаних кінцевою метою – перемогою у змаганнях.

Специфіка стрілецьких видів спорту пов'язана з використанням зброї. Спортивний результат, в цьому випадку, залежить не тільки від рівня підготовленості спортсмена і якості зброї, але й від узгодженості процесів, які відбуваються у цих двох підсистемах [1].

Системну (інтегральну) підготовленість в стрільбі з лука можна визначити як стан самоорганізованої динамічної системи, яка складається з гнучко детермінованих нерівневних властивостей і здібностей лучника, і технічних характеристик зброї (лука і стріли) у ході їх взаємодії. Такий стан підготовленості включає рівні: 1) моторної організації (техніко-тактичні характеристики рухових дій); 2) біологічні рівні організації (морфологічні, фізіологічні, біохімічні, які забезпечують оптимальний резерв функціонування системи); 3) психологічні рівні організації, які детермінують нейродинамічні, психодинамічні стани і психічні процеси; 4) матеріально-технічні рівні організації, які визначаються технічними характеристиками спортивної зброї, її раціональним підбором і підгонкою.

Отже, існує потреба розробки моделей, які б дозволили синхронізувати процеси та стани зазначених рівнів організації підготовленості. Таке завдання є вкрай складне на сьогодні для теорії та практики спорту. Одним із варіантів розв'язання зазначеної проблеми є створення міжрівневих моделей взаємозв'язків організації підготовленості [2,7].

Основна мета роботи – створення моделей взаємозв'язку між моторних і матеріально-технічним рівнем організації підготовленості лучників високої кваліфікації на основі розробки та впровадження нового акселерометричного інформаційно-вимірального комплексу.

Завдання дослідження:

- розробити автоматизовану вимірвальну систему визначення кінетичних параметрів в системі “лучник-лук”;
- визначити теоретичні підходи аналізу та трактування кінематичних параметрів системи “лучник-лук”;

- намітити подальші шляхи раціоналізації процесів взаємодії рівнів організації підготовленості лучників високої кваліфікації.

Методика дослідження. Для кількісного кінематичного аналізу в ході виконання роботи розроблений новий акселерометричний інформаційно-вимірювальний комплекс (рис.1).

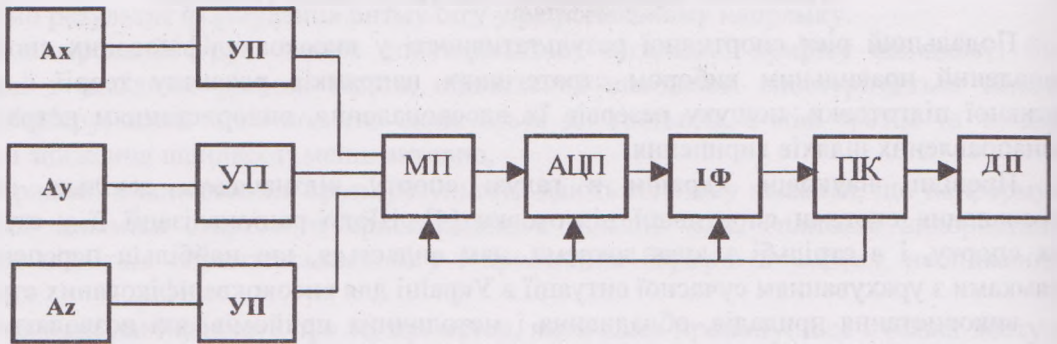


Рис.1. Структурна блок-схема акселерометричного інформаційно-вимірювального комплексу контролю кінематичних параметрів системи "лучник-лук", де: A_x , A_y , A_z – акселерометричні давачі для визначення взаємоперпендикулярних складових вектору прискорення руківки лука; УП – узгоджувальні пристрої; МП – мультиплексор; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; ІФ – інтерфейс; ПК – персональний комп'ютер; ДП – друкуючий пристрій

На руківці лука встановлені п'єзоелектричні акселерометричні давачі A_x , A_y , A_z типу АНС 014-03, параметри котрих (чутливість 10 ± 3.0 мВ·с²/м, власна частота 2 кГц, діапазон робочих частот 1...125 Гц, діапазон прискорень 0.5...300 м/с², невеликі габарити $\varnothing 19 \times 14$ мм та маса 30 г) у комплекті з узгоджувальними пристроями УП забезпечують необхідний діапазон вимірювання прискорень та рівень вихідного електричного сигналу, пропорційний прискоренню руху руківки лука у напрямку основної складової вектора швидкості польоту стріли, а також у вертикальному та поперечному напрямках. Далі через багатоканальний мультиплексор МП сигнали передаються на вхід швидкодіючого паралельно-последовного аналого-цифрового перетворювача АЦП, а тоді через спеціальний інтерфейс ІФ у цифровому вигляді на персональний комп'ютер ПК, де проводиться збереження даних, їх аналіз, обробка та візуалізація у реальному часі. При необхідності числові дані, графіки, акселерограми можуть бути виведені на друкуючий пристрій ДП (рис.2).

Спеціально розроблена програма аналізу цифрових масивів дозволяє отримувати дані амплітудного і частотного спектрального аналізу (рис.3).

Дослідження кінематичних характеристик системи "лучник-лук" відбувалися протягом 1999-2000 років у стрілецьких тирах закритого типу. Обстежено 52 кращих лучників України, в тому числі, практично всіх членів олімпійської, національної, резервної та молодіжної збірних команд зі стрільби з лука. З них: 30 чоловіків і 22 жінки; 1 – ЗМС, 16 – МСМК, 35 – МС.

Отримані результати та їх аналіз. Отримано близько 2400 вимірів кінематичних характеристик (трьохкомпонентних акселерограм) системи "лучник-лук" під час виконання цілісного пострілу з лука. Для визначення загальних закономірностей оптимізації функціонування системи "лучник-лук" аналізувалися цифровий масив даних опису акселерометричних осциляцій [6, 7].

До уваги бралися максимальні та мінімальні значення (амплітуда) трьох компонент вектору прискорення при перетворенні потенційної енергії пружних елементів лука в кінематичну енергію стріли; частотні характеристики на різних часових проміжках збудження та затухання акселерометричних коливань; часові параметри протяжності періодичних коливань визначеної амплітуди.

Експериментальними чинниками виступали змінні параметри техніки виконання змагальної вправи (тип затиску руківки лука, варіант захоплення тятиви та її звільнення); конфігурація системи стабілізаторів лука (розподілена маса системи, кути з'єднання ланок системи, розподілена жорсткість); характеристики тятиви (пружність, матеріал, кількість ниток); різниця в синхронності передачі плечима лука імпульсу сили стрілі.

Загальним критерієм ефективності роботи системи "лучник – лук" є спортивний результат. Проте враховуючи значну кількість чинників (якісно та кількісно визначених та таких, які, на сьогодні, не мають чіткого цифрового вираження, наприклад, опис психічних станів та процесів), які формують результат у стрільбі з лука, постає потреба введення додаткових критеріїв оцінювання ефективності роботи системи "лучник – лук". Теоретичний аналіз, емпіричні дані засвідчують про наявність як вимушених (цілком природних і умовно нейтральних) так і збиваючих (паразитних) коливань лука під час пострілу. Цілком зрозуміло що неможлива безвтратна передача енергії пружних елементів лука стрілі. Певна частина енергії залишається не переданою стрілі, що виражається в наявності коливальних рухів лука. І якщо вектор переміщення руківки лука під час власне пострілу не співпадатиме з вектором вильоту стріли відбувається негативна корекція вильоту стріли, що, очевидно, призводить до зміщення точки влучення і погіршення спортивного результату. Величину не переданої стрілі енергії та ефективність роботи системи стабілізаторів лука опосередковано можна визначити шляхом аналізу модуля величини прискорення після виконання пострілу та часу затухання великоамплітудних коливань руківки лука. Проведений аналіз виявив, що найбільш інформативними параметрами, в даному випадку, є максимальна амплітуда прискорення та час її зменшення до рівня 0.1 від максимального по кожній з координат.

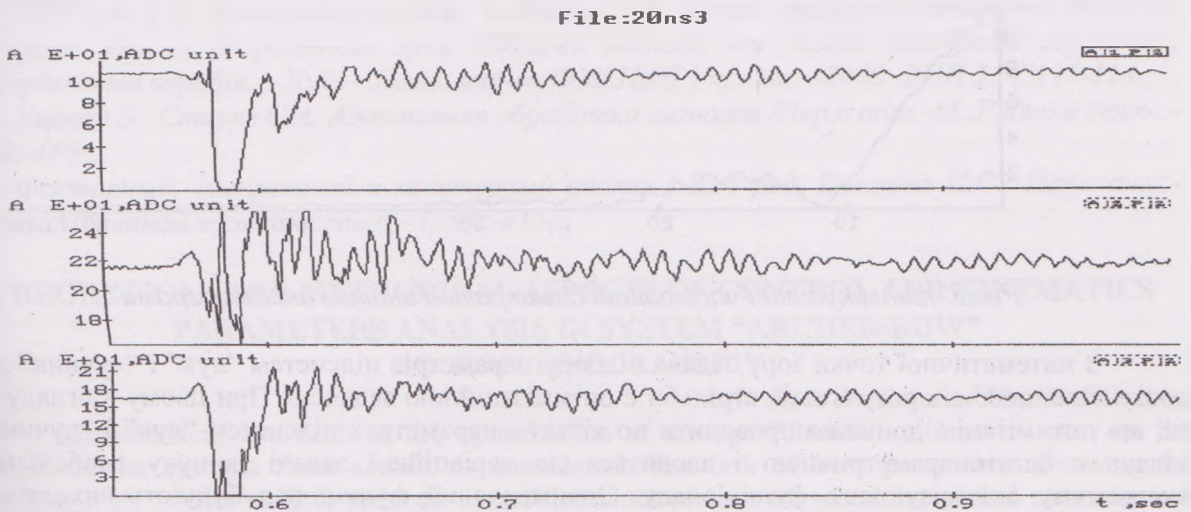


Рис.2. Трикомпонентна акселерограма вібрації руківки лука

Отже є потреба чіткого диференціювання складових прискорень (а значить і переміщень) у відповідності до напрямку руху стріли протягом її взаємодії з елементами лука. Якщо початок переміщення руківки лука в площині відмінній від площини руху стріли на етапі внутрішньої траєкторії відбувся швидше від часового моменту від'єднання стріли від тятиви, можемо стверджувати про збиваючий вплив компонентів такого переміщення (прискорення). При цьому знаючи, що середня тривалість взаємодії лука зі стрілою при виконанні власне пострілу є 0,014с, передбачаємо критичні моменти, які можуть виникнути під впливом психічного напруження під час змагань. Йдеться про передбачення ступеню надійності функціонування системи "лучник-лук" у відповідальні моменти. Проведений аналіз виявив, що найбільш інформативними параметрами, в даному випадку, є максимальна амплітуда прискорення та час її зменшення до рівня 0.1 від максимального по кожній з координат.

Первинні експериментальні дані засвідчили про складність побудови групових моделей інтегральної підготовленості висококваліфікованих лучників при взаємодії виконання специфічних функцій підсистем “лучник” і “зброя”. Продуктивним є варіант створення індивідуальних оптимізаційних моделей підготовленості. Механізм створення таких моделей полягає в практичному застосуванні варіаційних параметрів складових систем та підсистем.

AMPLITUDE SPECTRUM

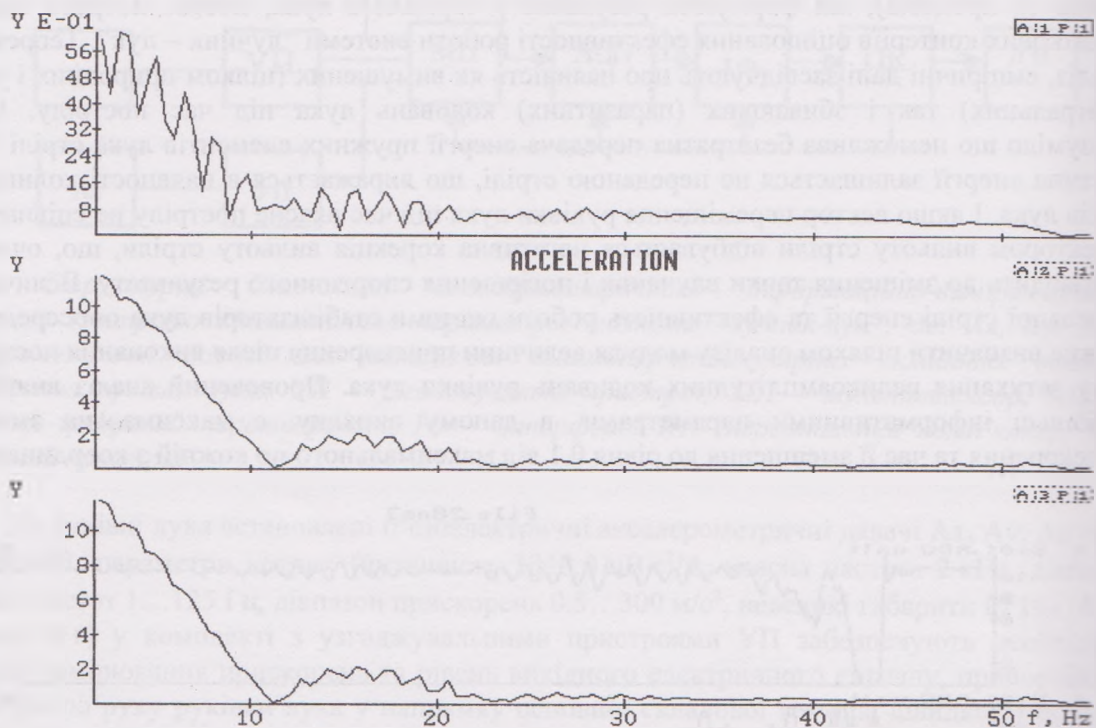


Рис.3. Амплітудний і частотний спектральні аналізи акселерограми

З математичної точки зору задача підбору параметрів підсистем “лук” і “лучник” для досягнення високих результатів стрільби є оптимізаційною задачею. При цьому з огляду на те, що оптимізацію доцільно проводити по кількох параметрах підсистем “лук” і “лучник”, задача є багатопараметричною і зводиться до варіаційної задачі пошуку глобального екстремуму оптимізуемого функціоналу. Оптимізуемый функціонал будують виходячи з особливостей задачі. Для його побудови вибирають параметри, по яких буде проводитися оптимізація та оптимальний критерій у відповідності з цілями оптимізації. При цьому, як правило, розробляється математична модель, адекватна системі, яку оптимізують. В умовах неповної визначеності умов функціонування системи (наприклад, при залежності результату стрільби від індивідуального виконання стрільця) для забезпечення “працездатності” моделі проводять адаптивне моделювання [5]. В цьому випадку розробляють тільки структуру моделі, а її параметри підбираються за експериментальними результатами в процесі “навчання моделі”. Відмітимо, що для “правильної” оптимізації важливою є повнота вимірюваних даних про систему, яку оптимізують.

Висновки. В ході виконання роботи розроблена автоматизована вимірювальна система визначення кінетичних параметрів в системі “лучник-лук”, складовими функціональними блоками якої є: три акселерометричні давачі для визначення взаємоперпендикулярних складових вектору прискорення руківки лука; три узгоджувальні пристрої сприйнятого сигналу; мультиплексор; аналогово-цифровий перетворювач; інтерфейс; персональний комп’ютер.

Визначена теоретична і практична доцільність контролю, аналізу та використання кінематичних параметрів переміщення руківки лука під час та після виконання пострілу з лука. Окреслені шляхи підвищення ефективності функціонування системи “лучник-лук” на основі мінімізації модуля амплітуди та часової затримки початку дії збиваючих складових вектору переміщення (прискорення) руківки.

Задача підбору параметрів лука для досягнення високих результатів стрільби з лука з врахуванням індивідуальної майстерності лучника зводиться до варіаційної багатопараметричної задачі пошуку глобального екстремуму оптимізуючого функціоналу. Процедуру побудови цільової функції з врахуванням особливостей антропотехнічної системи “лучник-лук” доцільно будувати на основі застосування математичного апарату адаптивного моделювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заневский И.Ф. и др. Акселерометрическая система для исследования спортивных луков // *Электроника и спорт*. -1988, -№9. -С.95.
2. Образцов И.Ф., Ханин М.А. *Оптимальные биомеханические системы* – Москва: Медицина, 1989. -272с.
3. Патент № 23064 Україна. Пристрій для визначення часових рухових параметрів спортсменів-лучників / Б.А. Виноградський, В.Т. Пятков (Україна), -4с; Опуб, 30.04.99, Бюл. №2
4. Платонов В.Н. *Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте: история развития и современное состояние* // *Наука в олимпийском спорте*. –1999. – Специальный выпуск. -С.3-32.
5. Сапужак І.Я., Виноградський Б.А., Сапужак О.Я. Імпульсна електромагнітна система контролю якості спортивного лука // *Фізичні методи та засоби контролю середовищ матеріалів та виробів*. – Київ – Львів: вид-во ФМІ НАН України. –2000 -ВИП.5. -С111-114.
6. Уидроу Б., Стирнз С.А. *Адаптивная обработка сигналов* /Пер.с англ.-М.:Радио и связь. -1989.-440с.
7. *Факторный, дискретный и кластерный анализ* / Под ред. Енюкова И.С./ Пер.с англ.-Москва: Финансы и статистика, -1989. -215с.

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF CONTROL AND KINEMATICS PARAMETERS ANALYSIS IN SYSTEM “ARCHER-BOW” BOGDAN VINOGRADSKIY

Lviv State Institute of Physical Culture

Mathematical approach to the optimization of antropotechnical systems in sport on the sample of the systems “bow-archer” is considered. The task of bow parameters choosing for reaching high results skill is reduced to multiparametres task of searching global extremum of optimum functional. The process of target function construction taking into account antropotechnical system peculiarities on the basis of mathematics apparatus of adoption modeling using, statistics method, factors analysis is examined.

In the simplest case energetic criteria of optimization, which is represented by the group of axelerometrical component vibrations of the bow after arrow’s start is analyzed. Optimization is provided by empire choosing of bow’s parameters. The advantages, restrictions and ways of perfection of such procedure are examined.

This approach can be used for optimization of antropotechnical system in sport.

ОРГАНІЗАЦІЯ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ЮНИХ ГІМНАСТІВ

ОЛЕНА ВЛАСЮК

Дніпропетровський державний інститут фізичної культури і спорту

Серед багатьох видів спорту гімнастика вирізняється, насамперед, неприродністю видів і форм вправ. Гімнастичні вправи – цілковито незвичайний вид рухової діяльності