

Богдан ВІНОГРАДСЬКИЙ

СПОРТИВНА СТІЛЬБА З ЛУКА:

ОСНОВИ Й УДОСКОНАЛЕННЯ
СПЕЦІАЛЬНОЇ ПІДГОТОВЛЕНOSTI

Монографія

Львів
ЛДУФК
2012

УДК 799.322
ББК 75.723
В 49

*Рекомендовано до друку вченою радою
Львівського державного університету фізичної культури
(протокол № 2 від 2 жовтня 2012 року)*

Рецензенти:

доктор наук з фізичного виховання і спорту, професор

В. Т. Пятков

(Львівський державний університет фізичної культури);

доктор педагогічних наук, професор

Г. М. Арзютов

(Національний педагогічний університет імені М.П.Драгоманова)

В 49

Виноградський Б. А.

Спортивна стрільба з лука: основи й удосконалення спеціальної підготовки:
монографія / Б. А. Виноградський. – Л. : ЛДУФК, 2012. – 306 с.

ISBN 978-966-2328-40-0

У монографії розглянуто науково-методичні засади становлення й удосконалення спеціальної підготовленості стрільців.

На основі тривалих досліджень, аналізу підготовки вітчизняних і зарубіжних найтитолованіших спортсменів, імплементації знань з фундаментальних наук подано оригінальні наукові ідеї та концепції щодо формування високого рівня майстерності лучників. Дослідження містить інформацію щодо варіантів моделювання антропотехнічної системи «лучник – лук», її керування та інформаційного забезпечення. Запропоновано інноваційні засоби технічного контролю, обробки складних сигналів і цифрових рядів значущих параметрів формування спортивного результату. Значну наукову зацікавленість у читачів може викликати концепція використання «змодельованого середовища» та шляхи її реалізації під час удосконалення спеціальної підготовленості висококваліфікованих лучників.

Видання буде корисним для науковців, викладачів вищих навчальних закладів фізичної культури і спорту, тренерів і спортсменів високої кваліфікації.

УДК 799.322
ББК 75.723

ISBN 978-966-2328-40-0

© Виноградський Б. А., 2012

© Львівський державний університет
фізичної культури, 2012

ПЕРЕДМОВА 6

**Розділ 1. СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ТА ПІДВИЩЕННЯ
РІВНЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ
ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ СТРІЛЬЦІВ. 9**

1.1. Керування процесом підготовки
високваліфікованих спортсменів 9

1.2. Загальні моделі процесу підготовки
та спеціальної підготовленості спортсменів 23

1.3. Основи контролю процесу підготовки
і спеціальної підготовленості
високваліфікованих спортсменів 38

1.4. Інформаційний компонент керування
у стрілецькому спорті 45

1.5. Характеристика
технічної підготовленості лучників 51

1.6. Особливості моделювання технічної підготовленості
високваліфікованих лучників 57

1.7. Технічні засоби контролю
спеціальної підгоовленості стрільців із лука 66

**Розділ 2. БІОМЕХАНІЧНІ ОСНОВИ
ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ
ФУНКЦІОНУВАННЯ АНТРОПОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ
«СТРІЛЕЦЬ – ЗБРОЯ» 77**

2.1. Загальна біомеханічна модель
антропотехнічної системи „стрілець – зброя” 77

2.2. Біомеханічні характеристики
рухових дій лучника 84

2.3. Точність як біомеханічний критерій технічної підготовленості висококваліфікованих лучників	91
2.4. Морфо топографічна структура цілісного пострілу у стрільбі з лука	94
2.5. Кінематичні моделі рухових дій виконання пострілу з лука	98
2.6. Внутрішня модель технічної підготовленості лучників високої кваліфікації.	115
2.7. Вплив зовнішніх чинників-завад на технічну підготовленість стрільців із лука	124

**Розділ 3. ІННОВАЦІЙНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ
ПАРАМЕТРІВ СПЕЦІАЛЬНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ
ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ АТРОПОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ
«ЛУЧНИК – ЛУК» 135**

3.1. Обґрунтування та практична реалізація системи інструментального контролю спеціальної підготовленості кваліфікованих стрільців	135
3.2. Контроль і моделювання коливальних процесів у антропотехнічній системі «лучник – лук».	141
3.3. Імпульсна електромагнітна система контролю якості спортивного лука	170
3.4. Комп'ютерна методика оптимального відбору стріл.	174
3.5. Моделі опорних взаємодій тіла лучника в умовах збереження змагальної стійки	181

**Розділ 4, МОДЕЛІ СПЕЦІАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ
ПІДГОТОВЛЕНОСТІ ЛУЧНИКІВ
ВИСОКОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ 190**

4.1. Загальна модель спеціальної фізичної підготовленості лучників високої кваліфікації.	190
--	-----

4.2. Регресійно-кореляційні моделі компонентів спеціальної фізичної підготовленості кваліфікованих лучників	195
4.3. Моделі спеціальних координативних якостей лучників	203

Розділ 5. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ ЛУЧНИКІВ

ВИСОКОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ	220
5.1. Концептуальна модель удосконалення спеціальної підготовленості висококваліфікованих лучників	220
5.2. Характеристика моделювання умов зовнішнього середовища як засобу вдосконалення спеціальної підготовленості лучників	223
5.3. Методика вдосконалення спеціальної підготовленості лучників на основі застосування хвильових тренажерів	229
5.4. Удосконалення спеціальної підготовленості висококваліфікованих лучників на основі моделювання гіпергравітаційних тренувальних умов	236
5.5. Методика вдосконалення позно-статичної стійкості	246
5.6. Порівняння ефективності запровадження педагогічних методик моделювання умов зовнішнього середовища	255
ПІСЛЯМОВА	261
ЛІТЕРАТУРА	266

Ще донедавна побудова процесу спеціальної підготовки у спорті ґрунтувалася виключно на досвіді тренера та його професійній інтуїції. Проте глибока інтеграція методів і засобів фундаментальних наук, сучасної обчислювальної техніки та вимірювальних комплексів для контролю необхідних параметрів спонукала ширше та ґрунтовніше застосовувати відповідні алгоритми ухвалення ефективних педагогічних кроків. Такі алгоритми повинні напрацьовуватися в рамках системного підходу і базуватися на знанні про те, на якому рівні перебувала, є і повинна бути спеціальна підготовленість стрільця, який прагне досягнути конкретного спортивного результату. Іншими словами, потрібно знати структуру спеціальної підготовленості та впливи, які діють на неї і змінюють її стан чи рівень. Тобто спортивна практика і наука вимагає створення моделей, які є по суті системами, що відтворюють, імітують, відображають принципи внутрішньої організації, функціонування, властивості, ознаки і характеристики спеціальної підготовленості. Основним загальним методом, який використовувався у роботі, було моделювання, яке виконувало функцію головного інструмента керування, тобто вдосконалення спеціальної підготовленості висококваліфікованих лучників. Отже у нашій роботі моделювання використовувалося у двох напрямках як метод пізнання і як засіб побудови певних педагогічних умов удосконалення спеціальної підготовленості, які ми називаємо “змодельованим середовищем”.

Важливим теоретичним етапом дослідження є розробка загальної моделі спеціальної підготовленості висококваліфікованих лучників, яка представлена сукупністю взаємовпливових компонентів, котрі є підсистемами, що належать до певного рівня цілісності. Отримано ієрархійно побудовану модель, у якій взаємодія підсистем породжує властивості цілісної системи. Системоутворювальним чинником удосконалення спеціальної підготовленості обрано спортивний результат. Тому при вивченні певних підсистем підготовленості виділено її інтег-

ральні характеристики як цілісної форми, важливої з точки зору її специфіки як компонента досягнення конкретного спортивного результату. Далі визначалися внутрішні складові, їхні узагальнені взаємозв'язки і структура взаємодії. Такий підхід є найбільш зрозумілим, простим та ефективним.

У монографії використовувалися як моделі побудовані на функціональних залежностях, так і на стохастичних співвідношеннях. Пріоритетним є опис детермінованих співвідношень, де результат на виході однозначно визначається заданою інформацією на вході. Проте є логічним і підтвердженим у дослідженнях те, що у більшості випадків моделі спеціальної підготовленості побудовано на основі стохастичних співвідношень, які при заданій вхідній інформації дають на виході неоднозначний результат.

Побудова моделей компонентів спеціальної підготовленості відбувалася за модульним принципом, що дозволило отримати низку переваг, а саме:

- ❖ зниження порогу складності опису співвідношень між компонентами спеціальної підготовленості;
- ❖ розпаралелення робіт із розробки та верифікації окремих модулів (блоків, підсистем);
- ❖ еволюційність і поетапність розробки моделей на основі заміни окремих модулів;
- ❖ варіативність способів і засобів моделювання, що розширює та спрощує дослідження спеціальної підготовленості лучників;
- ❖ висока гнучкість і адаптивність процесу моделювання компонентів спеціальної підготовленості за рахунок комплектації такими наборами моделей, які максимально відповідають вимогам теорії та практики спортивної підготовки;
- ❖ розширення можливостей інтеграції моделей з комп'ютерними програмними продуктами.

Доцільність і природність застосування моделей у процесі керування спеціальною підготовкою в спорті полягає також у тому, що практично не існує можливості відразу і безпосередньо підвищувати спортивний результат. Фактично будь-який тренер керує діями і поведінкою спортсмена на основі використання моделі тренувальних навантажень. У такому разі він задає йому певну програму фізичних вправ та інших засобів підготовки й контролює процес досягнення відповідного ефек-

ту. Так? у монографії зроблено спробу розв'язати проблему співвідношення під час використання різноспрямованих засобів у підготовчому етапі річного циклу лучників високої кваліфікації. Тільки за допомогою використання спеціальних статистичних алгоритмів вдалося визначити взаємовпливи одних засобів на інші. Унаслідок відповідних розрахунків створено відповідні графічні моделі, що враховують чотири незалежні чинники впливу і один залежний – зміну спортивного результату.

За своєю суттю формування спеціальної підготовленості стрільців базується на використанні моделей, що з достатньою точністю відображають процес на всіх його етапах. Адже воно полягає у напрацюванні методики (моделей тренування) з урахуванням заданої мети (моделі результату), критеріїв і інформації про будову організму, законів його функціонування і розвитку (морфо-функціональних моделей організму). Важливим є забезпечення стабільного, збалансованого у ресурсах і термінах (при визначених обмеженнях) функціонування системи “стрілець – зброя” під час досягнення поставленої мети. Таким вимогам відповідають динамічні моделі, що на відміну від статистичних, можуть розв'язувати завдання зі з'ясування оптимального варіанту керування антропотехнічною системою “лучник – зброя”. Зокрема, у роботі запропоновано новий підхід до підбору та “підганяння” зброї з урахуванням великої кількості антропометричних параметрів спортсмена, характеристик лука, стріли, тятиви тощо.

СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ТА ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ СТРІЛЬЦІВ

1.1. Керування процесом підготовки висококваліфікованих спортсменів

Керування – ключовий елемент функціонування і розвитку системи. У сучасній літературі керування трактується як будь-яка зміна стану будь-якого об'єкта чи системи процесу, що веде до досягнення мети. Основу науки керування складає узагальнення практичного досвіду, виявлення загальних принципів і закономірностей, вміння домагатися необхідних результатів. Наука про керування вважається характерною дисципліною періоду інтеграції наук, що пов'язані зі спортом. Вона передбачає раціональну організацію, тому у певному сенсі, науку про керування називають логікою адміністрування. Тобто роль науки про керування полягає в напрацюванні шляхів полегшення розумової діяльності під час прийняття оптимальних рішень.

Дослідження складних процесів нерозривно пов'язані з формуванням системи керування і вирішенням її структурних елементів. Згідно зі сучасними уявленнями, система керування загалом включає об'єкт керування і вузол керування, що взаємодіють через канали прямого і зворотного зв'язку. Відомо, що під час управління керований об'єкт піддається впливові як корисного сигналу різної природи, так і впливові збурювальних сигналів, а результат цих впливів оцінюється за «вихідними» параметрами (М.А. Амосов, 1968, А.А. Колесников, 2000). При цьому керувальні впливи зараховують до «вхідного» параметру (рис 1.1).

З появою комп'ютерної техніки, складних новітніх пристроїв із терміновим і надтерміновим зворотнім зв'язком, локальних і глобальних інформаційних мереж з'явилася об'єктивна можливість автоматизації педагогічних впливів у спортивній діяльності спортсменів, у тому числі й у лучному спорті. За таких умов системи керування педагогічними впливами можуть працювати в автоматичному режимі, чи у режимі, що

є сукупністю керованого об'єкта й автоматичних керувальних пристроїв, де частину функції керування виконує тренер. У такій автоматизованій системі автоматичні пристрої здійснюють збір інформації з об'єкта керування, її передавання, перетворення й обробку, формування керувальних команд. Тренер визначає мету і критерії керування, коректує їх під час зміни умов, тобто виконує функції спостереження за роботою автоматичних пристроїв, а при необхідності змінює програму їх роботи і приймає загальні рішення з керування у неоднозначних складних ситуаціях (Л.М. Куликов, 1997, М.П. Шестков, А.І. Аверхіна, 2003).

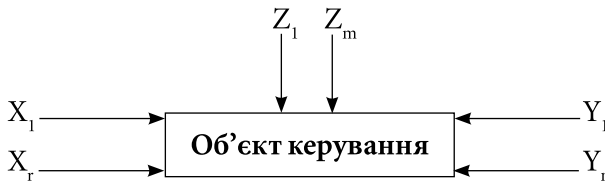


Рис. 1.1. Функціонування керованого об'єкта:

X_1, \dots, X_r – керувальні впливи;

Z_1, \dots, Z_m – впливи, що збурюють;

Y_1, \dots, Y_n – «вихідні» параметри

При розв'язанні проблем керування разом з поняттями керованого об'єкта, пристроїв керування, різноспрямованих впливів, «вихідних» параметрів, завдань і критеріїв керування необхідні знання загальних принципів та основ керування. Згідно зі сучасним уявленням, загальні принципи керування підготовленістю спортсменів передбачають наявність інформації оцінювання вихідного, проміжного і кінцевого станів; розробку загального алгоритму керування, здійснення контролю і корекції програм тренування. Для об'єктивізації та інтенсифікації прийняття рішень і керування рекомендується використовувати бази даних із застосуванням математичного апарату й електронно-обчислювальні машини (ЕОМ).

Так, підтверджується думка про тісний взаємозв'язок між керуванням, контролем і моделюванням специфічних процесів і явищ, що перебігають у системі спортивної підготовки, змагальної діяльності. В.В. Іванов (1987) подає схему таких взаємозв'язків на основі розробленого варіанту струк-

тури і послідовності операцій керування підготовкою спортсменів високої кваліфікації з використанням моделі спортсмена із заданими (модельними) характеристиками фізичної, техніко-тактичної, психологічної і функціональної підготовленості (рис. 1.2).

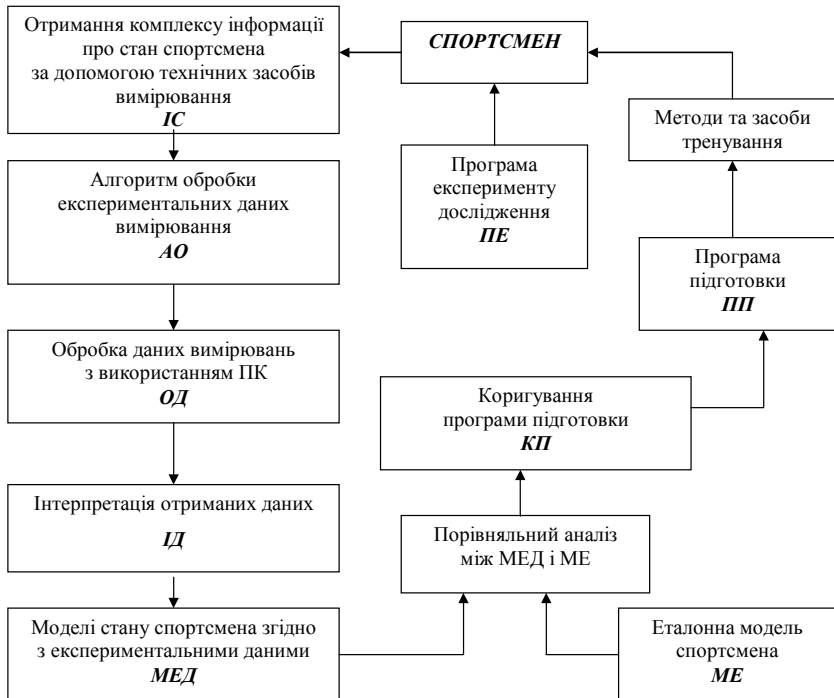


Рис. 1.2. Структура і послідовність операцій керування підготовкою спортсменів (В.В. Иванов, 1987)

Він пропонує розуміти цю схему таким чином. У визначений момент Спортсменові пропонують пройти комплексне обстеження, де показники слід реєструвати як за умов тренувальних навантажень, так і за реальних умов змагань. Ця операція відповідає блоку ІС. Отримані дані обробляються і формуються з використанням певного алгоритму і персональних комп'ютерів, як це відображено у блоках АО і ОД. Дані інтерпретуються у поняттях моделей еталонів спортсмена, зокрема техніко-

тактичних, психофізіологічних, фізичних та інших, котрі можуть бути представлені у формалізованих варіантах, у вигляді рівнянь, таблиць тощо (блок ІД). Наступні кроки: побудова моделі спортсмена на основі використання отриманих експериментальних даних (МЕД); порівняння її з еталонною моделлю спортсмена (МЕ). Таким чином, послідовність операцій (ПЕ – ІС – АО – ОД – ІД – МЕД) замикається відповідно до етапів обстеження через процедуру порівняльного аналізу МЕД та МЕ. У результаті робимо висновки про можливі варіанти коригування програми підготовки (КП), що повинні реалізовуватися на основі використання відповідних методів і засобів тренування (В.В. Иванов, 1987, О.М. Худoley, 2005).

Отже, згідно з описаною схемою (рис. 1.2), для ефективного керування підготовкою спортсмена високого класу необхідні такі основні елементи у системі керування тренувальним процесом:

- ❖ комплекс технічних засобів вимірювання і реєстрації показників підготовленості спортсмена як у процесі тренування, так і в умовах змагань;
- ❖ програма експерименту-обстеження;
- ❖ алгоритм і програми обробки експериментальних даних обстеження;
- ❖ методика й алгоритм побудови моделі стану спортсмена за комплексом експериментальних даних;
- ❖ відповідна еталонна модель спортсмена;
- ❖ науково обґрунтована програма підготовки спортсмена;
- ❖ відповідні науково обґрунтовані методи і засоби підготовки, у тому числі тренажерні пристрої і пристосування.

Деяко іншої схеми, яка більше стосується етапного керування, дотримується В.М. Платонов (2004), який провідним блоком для початку відліку координат вважає структуру змагальної діяльності і підготовленості (рис. 1.3).

Цілком логічним є порівняння ефективності керування системою підготовки зі змінами, що відбуватимуться в результативності, а отже і параметрах структури змагальної діяльності (Т. В. Хутиев, 1991).



Рис. 1.3. Цикл етапного керування у підготовці спортсменів високої кваліфікації (В. М. Платонов, 2004)

В. А. Запорожанов (1988) акцентує увагу на доцільності розрізнення видів керування залежно від специфіки етапів спортивної підготовки. Таким чином: етапне керування, що спрямоване на формування гармонійно розвиненої особистості на основі вдосконалення її поведінки на різних етапах багаторічної підготовки; поточне керування, метою якого є оптимізація поведінки спортсмена в умовах повсякденних тренувальних занять у короткотривалих і середніх циклах тренування, на етапах безпосередньої передзмагальної підготовки; оперативне керування, що спрямоване на оптимізацію тренувальних навантажень на окремих заняттях, поведінку на змаганнях (рис. 1.4).

Наведені загальні алгоритми керування мають замкнутий завершений тип, хоча акценти розставлені на різних елементах схем. Але в кожному з них є поняття контролю і моделювання. Також неважко помітити, що необхідна специфікація запропонованих схем залежить від виду

спортивної чи рухової діяльності, її націленості, мети та завдань. При цьому, мета є системо утворювальним чинником керування (В.М. Селуянов, 1998).



Рис. 1.4. Технологія керування тренувальним процесом (В. М. Запорожанов, 1988)

Цілком зрозуміло, що педагогічному керуванню системою підготовки притаманна велика складність, що пов'язано з численністю якісних і кількісних характеристик, які її описують. На основі аналізу літератури можна стверджувати, що не існує загальноприйнятого зразка кількісної моделі тренувального процесу. Нині практично неможливо побудувати всеохоплювальну модель процесу спортивної підготовки як складного багатомірного об'єкта керування. Але зрозуміло, що одним із шляхів розв'язання проблеми є створення низки конкретних (локальних) моделей, котрі дозволятимуть підвищити ефективність керування певним видом підготовки спортсмена. Кількісні параметри є невід'ємним атрибутом ефективного керування у спорті. Слід розрізняти відносно постійні та змінювані величини, що характеризують об'єкт керування.

Більшість з них є змінними, котрі своєю чергою можна розділити на такі, які можна контролювати, але не керувати ними, і на такі, які доступні для контролю і керування (М. П. Шестаков, 2004).

Сучасний розвиток науки і техніки дозволяє дедалі ширше використовувати автоматизовані системи керування процесом підготовки спортсменів високої кваліфікації. Автоматизовані системи керування можуть функціонувати з використанням трьох фундаментальних принципів керування: розімкнене керування, керування по збуренню (принцип компенсації) і замкнене керування (принцип зворотного зв'язку або керування за відхиленням).

За розімкненим принципом тренер або певний пристрій, що керує, генерує сигнал керування, який надходить до спортсмена. Спортсменові надають рухові завдання для виконання. Іншими словами, на вхід виконавчого апарату подається сигнал, який у цьому випадку є завданням. Цей принцип відрізняється простотою технічної реалізації, але виявляється малоефективним при недостатній інформації про характер збурення.

Для того щоб урахувати характер збурень (а це, як правило, невраховані чинники зовнішнього та внутрішнього характеру) у процесі керування станом організму спортсмена (об'єктом) застосовують керування по збуренню. Тут корегуювальний пристрій (тренер) виробляє сигнал керування U' відповідно до завдання X . Одночасно проводиться вимірювання збурень, які діють на спортсмена (об'єкт), і проводиться корекція сигналу керування U' . Отриманий у результаті корекції сигнал керування U' надходить до спортсмена (об'єкта) керування. Цей принцип є ефективнішим порівняно з розімкненим керуванням, за умови, що є технічна можливість вимірювання збурювальних дій. Вказана умова обмежує застосування цього принципу (А. Н. Лапутин, 1999).

Принцип замкненого керування дозволяє вирішити завдання керування за будь-якого характеру збурень. У цьому випадку сигнал завдання надходить на один із входів елемента порівняння (крім того, цю функцію може виконувати і спортсмен, і тренер), на інший вхід якого по ланцюгу зворотного зв'язку подається зміряне за допомогою давачів фактичне значення робочого параметру об'єкта керування. На виході елемента порівняння маємо сигнал D (помилку, відхилення), який є різницею між заданим і фактичним значеннями параметрів, тобто

$D=X-Y$. Керувальний пристрій, залежно від величини і знака помилки виробляє сигнал керування. Таким чином, принцип замкненого керування урахує не тільки завдання, але і фактичний стан об'єкта і діючих збурень. Тому цей принцип є найбільш універсальним і дозволяє успішно розв'язувати завдання керування, не зважаючи на невизначеність об'єкта керування (стан організму спортсмена) і характер збурень. Клас автоматичних систем, побудованих на основі принципу замкненого керування, отримав назву систем автоматичного регулювання (САР) (А. Н. Лапунтін, 2004).

Залежно від основної мети завдання керування САР класифікуються так: системи стабілізації, система програмного керування, системи стеження.

У системах стабілізації робочі параметри об'єкта (регульовані величини) підтримують постійними в часі при постійному завданні.

У системах програмного керування зазначені параметри змінюються в часі за наперед відомим алгоритмом, відповідно до якого змінюється завдання.

У системах стеження робочі параметри об'єкта змінюються в часі згідно з наперед невідомим законом, що визначається якимсь зовнішнім незалежним процесом (М. П. Шестаков, 2004).

Складні біомеханічні системи мають свою специфіку автоматизованого керування. Вона полягає у тому, що в організмі спортсмена дуже складно визначити автоматизовану систему керування. Зазначимо, що це можна зробити тільки стосовно чітко визначених показників функціонування організму, накладаючи певні обмеження. Становить труднощі і визначення об'єкта керування, який характеризуватиметься певною структурою і параметрами. Також виникають запитання про можливість виникнення нестійких і неадекватних реакцій біомеханічних систем щодо сигналів керування, які надходять із зовні. Загалом використання методів автоматизованого керування біомеханічними системами видається досить ефективним, хоча керування можливе лише стосовно перемінних функціонування біомеханічної системи, котрі задають як вихідні параметри (Н. П. Бусленко, 1988).

У цьому плані перспективним є розвиток певного напрямку в психофізіології, зокрема використання каналів термінової інформації про стан об'єкта, що вивчається, у вигляді біологічних зворотних зв'язків (БЗЗ), який отримав міжнародне визнання (Biofeedback – біоуправління).

Основна концепція БЗЗ зводиться до того, що інформація про функціональний стан дозволяє спортсменові, тренерові навчитися саморегулювання визначеної фізіологічної функції організму. Отже БЗЗ набуває великої цінності як метод активізації стану функціональних систем організму спортсмена. При цьому, якщо здійснюється моніторинг (безперервний контроль) показника певної функції, слід говорити про БЗЗ, а якщо цю інформацію застосовувати для зміни стану організму людини, доцільніше застосовувати термін “біоуправління з БЗЗ” або, як частіше використовують російські автори, “адаптивне біоуправління з БЗЗ” (С. Н. Кучкин, 1997). Одним із найважливіших моментів у тренуванні спортсменів (а це найбільше стосується складно-координаційних видів спорту, зокрема, стрільби з лука) є підвищення точності відчуттів спортсмена – загальносоматичних, рухових та вегетативних функцій, тобто оперантне навчання. Прикладом керування з використанням методу БЗЗ є контроль серцевих скорочень в оцінюванні величини навантаження, його енергетичного режиму, меж ЧСС, за яких відбуваються фізичні навантаження (як правило, у циклічних видах спорту). Загальновідомо, що саме тренування, побудоване на численних зворотних зв'язках у вигляді повідомлень результатів діяльності, зауважень, корекції помилок тощо, сприяє підвищенню точності відчуттів спортсменів. Найбільш точно спортсмени оцінюють кінцеві результати діяльності (О. А. Джафарова, М. Б. Штарк, 2002).

Як автоматизовані системи керування спортивною діяльністю спортсмена, так і біоуправління ґрунтуються на фізіологічних механізмах керування довільними рухами людини. Знаючи їх, можна коректно будувати „пштучні” механізми керування станом організму спортсмена чи складною біомеханічною системою. До найпоширеніших і визнаних сучасних концепцій керування точнісними рухами є теорія Л.В.Чаїдзе (1970). Головним у цій теорії є наявність кільця керування, котре складається з прямих (центр-ефектор) і зворотних зв'язків (ефектор-центр). Для здійснення процесу керування необхідний постійний зворотний зв'язок. Л.В.Чаїдзе пропонує власний підхід до розподілу замкнутого циклу на два кільця (зовнішнє і внутрішнє), оскільки вони відіграють дещо різні ролі. Зовнішнє кільце виконує змістовий контроль рухів, а внутрішнє здійснює контроль за синергетичними автоматизмами. Загальна схема керування довільними рухами, згідно з уявленнями Л.В.Чаїдзе, виглядає так: команда – сигнал надходить від вищих відді-

лів головного мозку до відділу, який визначає послідовність включення груп чи окремих м'язів. Програмувальний відділ диференціює імпульси за конкретними синергіями відповідно до обставинної інформації. У заданому вигляді сигнали керування надходять еферентними шляхами до сервомеханізмів – спинного мозку, синапсів, м'язів, і урухомлюють необхідні ланки тіла. Зворотний зв'язок від м'язів надходить двома каналами: внутрішнім – через пропріорецептори на апарат, який звіряє інформацію внутрішнього зворотного зв'язку, та зовнішнім – через рецептори зорової, слухової, тактильної сенсорних систем. Після аферентного синтезу інформація надходить до відділу, який звіряє її з обох кілець керування і на цій основі робиться відповідна корекція. Таким чином, зовнішня і внутрішня інформація інтегрується у єдине кільце керування, що дозволяє точніше аналізувати, звіряти інформацію і ефективно керувати рухами спортсмена.

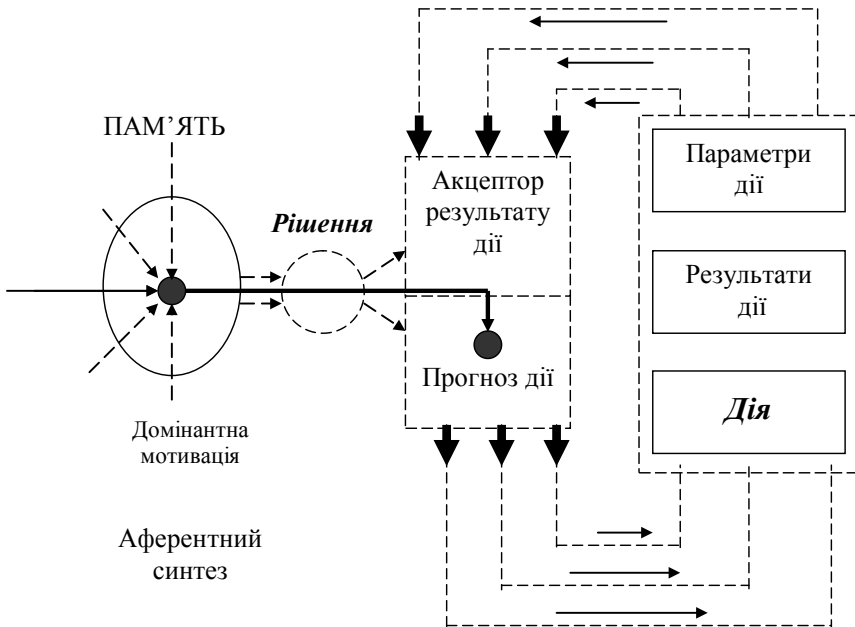


Рис. 1.5. Модель керування (поведінкового акту), який забезпечує раціональну рухову дію спортсмена (П. К. Анохин, 1975)

П.К. Анохін (1975, 1980) акцентує свою наукову концепцію на тому, що провідним моментом керування довільними рухами людини є отримання необхідного корисного результату дії. На його думку, одним із основних механізмів керування руховою діяльністю є аферентний синтез (рис. 1.5). Без нього не може бути сформульований повноцінний рух, до поки не закінчиться синтез “пускової” обставинної аферентації, на основі котрої визначається моторна відповідь. Зіставлення результатів аферентного синтезу з реальними результатами рухів здійснюється акцептором дії. Збігом цих параметрів закінчується весь циклічний процес управління рухами.

Наведені фізіологічні схеми керування рухами спортсменів чи біомеханічними системами розширюють та уточнюють своєю чергою вчення М.О. Бернштейна (1991) про ієрархічність побудови та керування рухами. Воно полягає в тому, що в нижчі (спинальні) рівні ЦНС від рівнів, розташованих вище, надходять уже узагальнені команди. Ці команди адресуються не безпосередньо виконавчим органам, а низовим системам керування, котрі відносно самостійно виконують рухові завдання. Таким чином аналіз біомеханічних систем від простих форм до складніших, від низького до більш високого рівня розвитку дозволяє повно й об'єктивно оцінити діяльність системи загалом у процесі керування рухами.

Синтез і врахування принципів та особливостей роботи і функціонування організму спортсмена, технічних систем, математичних моделей дозволили фахівцям запропонувати низку комплексних систем керування. Вирізняють розімкнену комплексну систему керування; комплексну систему керування зі зворотним зв'язком, що замкнена через математичну модель; дискретно-замкнену комплексну систему керування; систему керування з використанням математичних моделей, що здатні до адаптації. Названі системи керування можна за структурою і способом функціонування зарахувати до класу біотехнічних систем. Такі системи дедалі ширше застосовуються в медицині, біології та спорті. Складовими системи є біологічна підсистема – спортсмен і технічна підсистема, обов'язковою складовою якої є ПК, а також, залежно від поставленого завдання, відповідні тренажери чи пристрої. Біотехнічна система функціонує згідно з єдиним алгоритмом, до якого входить банк знань, котрий своєю чергою сформовано банком даних, банком методів, банком моделей і банком розв'язання завдань (рис. 1.6) (Т.В. Хутиев, Ю.Г. Антомонов, А.К. Котова, О.Г. Пустовойт, 1991).

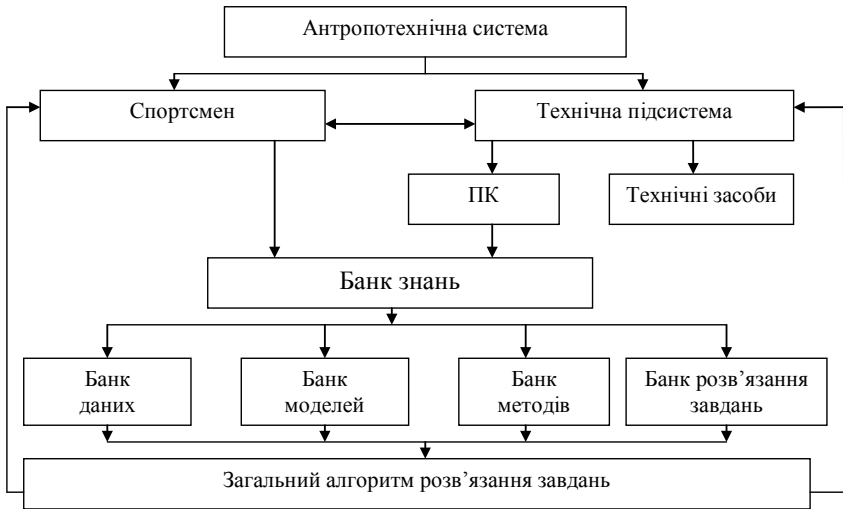


Рис. 1.6. Структурно-функціональна організація керування антропотехнічними системами (Т. В. Хутієв, 1991)

Банк даних (наприклад у формі реляційних таблиць) може формуватися на основі систематизації інформації довідкового характеру про структуру та зміст об'єкту керування – стан організму спортсмена (рівень спеціальної підготовленості), елементи об'єкту та взаємозв'язки між ними, граничні умови, динаміку розвитку тощо. Тренер також повинен виконувати функцію підсистеми керування на основі наявності емпіричної інформації про об'єкт керування, його елементи та зміну їх кількісних і якісних параметрів в умовах взаємодії із навколишнім середовищем, реакції на фізичні навантаження. До банку методів включено сукупність математичних методів і прийомів, що забезпечують оперативність розв'язання різних завдань, пов'язаних з ідентифікацією раціонального математичного апарату, структурою математичних моделей об'єктів біотехнічної системи, конкретних значень їх параметрів, діагностики, прогнозування та керування. Роль тренера полягає у правильному виборі методу чи комбінації методів, акцентування їх у ситуаціях, котрих не існує у банку методів. Не менш важливу роль єдиного алгоритму керування антропотехнічними системами відіграють і відпо-

відні моделі. При цьому можуть використовуватися моделі різних типів, а саме: статичні, динамічні; детерміновані, стохастичні; прості, складні; структурні, функціональні; емпіричні, теоретичні; загальні, деталізовані.

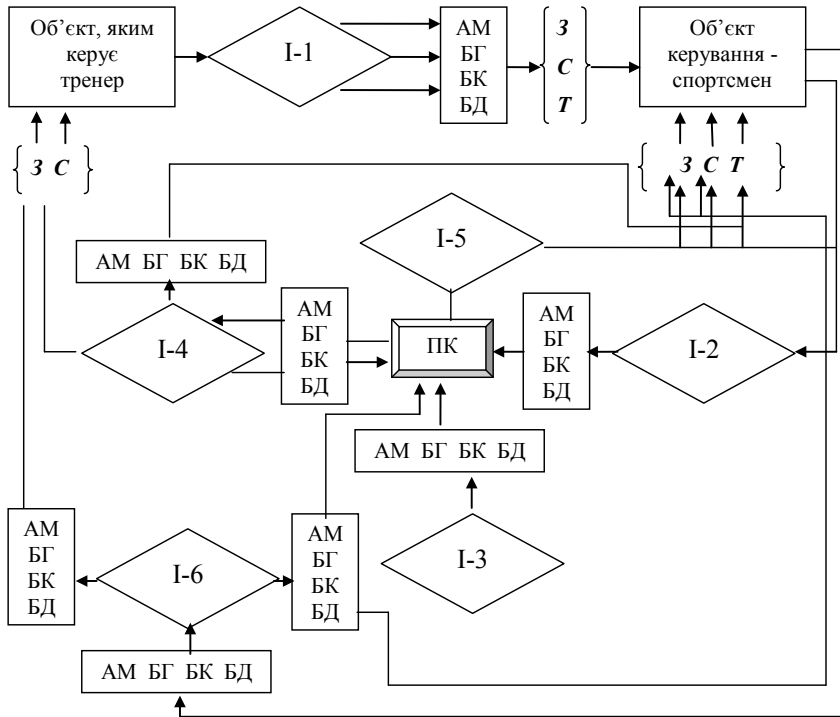


Рис. 1.7. Блок-схема моделі організації інформаційного обміну між об'єктами керування (удосконалення) спортивних рухів (А. Н. Лапутин, 1986):

- I-1 – I-6 – інформаційні потоки;
- AM – антропометричні;
- БГ – біогеометричні;
- БК – біокінематичні;
- БД – біодинамічні;
- З, С, Т – інформаційні потоки різної модальності

Раціональність керування складними біологічними системами закладена і в банку розв'язання завдань, де містяться варіанти ситуацій і станів організму спортсмена, що зустрічалися раніше. Цей банк містить поєднання даних, методів, моделей для досягнення мети. Сучасні ПК дозволяють робити запити варіантів досягнення такої мети. Звідси логічний висновок про характер розподілу при прийнятті рішень у процесі керування біотехнічною системою. Повністю або частково детермінована частина пропонується ПК, а пошукова, альтернативна, критеріальна частина лягає на плечі тренера. На наш погляд, така схема є перспективною з точки зору її широкого використання у практиці спорту як на сучасному етапі, так і у перспективі.

Провідне значення в процесі керування під час навчання й удосконалення змагальних і тренувальних вправ спортсменів має структура інформаційних потоків, які надходять до нього. А.М. Лапутін (1990, 1996) у своїх роботах виділяє п'ять інформаційних потоків під час організації інформаційного обміну між об'єктами навчання спортивних рухів. Перший потік (I-1) формує тренер-педагог і адресований спортсменові у вигляді біомеханічних параметрів рухів – певного еталону. Другий інформаційний потік (I-2) виникає в процесі виконання спортсменом рухового завдання за відповідними характеристиками, оскільки має визначену біомеханічну структуру.

Інформація передається каналами відповідно до її специфіки. Виділяють антропометричні (I-2-АМ), біогеометричні (I-2-БГ), біокінематичні (I-2-БК), біодинамічні (I-2-БД) характеристики рухів, фіксацію, кодування, передачу, кількісну обробку та відображення котрих доцільно здійснювати з використанням технічних пристроїв та комп'ютерної техніки. Третім інформаційним потоком (I-3) по суті є еталонні моделі названих показників. Шляхом порівняння потоків I-2 і I-3 формується потік I-4, що за суттю є даними відхилень параметрів рухів, котрі виконані за еталоном. Потік I-4 адресований тренеріві-педагогу, спортсменові та ПК. Автор концепції зазначає, що не вся інформація потоку I-4 може бути сприйнята тренером і спортсменом, повніші дані синтезуються комп'ютером, результатом роботи котрого є комплексна інформація обміну (I-5) та результувальна інформація керування діями спортсмена (I-6).

Підсумовуючи викладене, звернімо увагу на те, що проблема керування складними біомеханічними об'єктами (станом організму спортсме-

нів) була і є у центрі уваги провідних вітчизняних та зарубіжних учених галузі. Проблема керування – це проблема цілеспрямованості функціонування системи підготовки спортсменів. У більшості наукових робіт керування безпосередньо пов'язують із контролем та моделюванням. Це невід'ємні частини системи керування складними об'єктами у спорті. Саме якість запропонованих процедур контролю та моделювання зумовлює ефективність керування. Сучасний розвиток вимірювальної апаратури, комп'ютерної техніки надають можливість створення автоматизованих систем керування складними біомеханічними об'єктами. Але, з іншого боку, враховуючи специфічність спортивної діяльності, динамічність і неоднозначність ситуаційних обставин, неповноту характеристик автоматизовані системи ще не знайшли широкого застосування в практиці підготовки спортсменів навіть найвищої кваліфікації.

1.2. Загальні моделі процесу підготовки та спеціальної підготовленості спортсменів

Науковий термін “модель” і похідне від нього “моделювання” дедалі частіше використовується у спортивній науці. Проте автори вкладають різний зміст у ці поняття. Проаналізуємо глибше змістове наповнення і форми процесу моделювання у спорті.

У широкому розумінні модель – це цілеспрямовано створена чи знайдена подібність (аналог, умовний образ або зразок) чогось, що досліджується замість оригіналу (натурального, справжнього, істинного об'єкта). Отже, моделювання – це процес створення моделей і оперування ними (М.П. Бусленко, 1988, В.А. Веніков, 1986, В.А. Зуев, 1992).

До процесу створення моделей долучалися багато вітчизняних і зарубіжних учених, які працюють у галузі фізичного виховання і спорту. Спеціалізовані наукові роботи з проблем моделювання у спорті мають як теоретичний так і практичний характер. Слід зауважити, що у спортивній науці і практиці використовуються різні типи і різновиди моделей і моделювання (А.Л. Кривенцов, 1990, В.Н. Селуянов, 1992). Розглянемо різні підходи і варіанти класифікації моделей, а також процесу моделювання.

Згідно з твердженнями науковців, які працюють у різних галузях наук, загалом моделі поділяють на ідеальні і матеріальні. Інші автори,

ще використовують означення теоретичні і практичні. Цей поділ є суто умовним, тому доцільніше використовувати розгорнені класифікації моделей. Деякі автори виділяють натуральні, фізичні, наочно-образні, знакові, математичні, кібернетичні, комп'ютерні й інші різновиди моделей (рис. 1.8) диференціюють особливості функцій і процедур моделювання вспорті, вирізняючи при цьому дослідницьке моделювання (як один з дослідницьких підходів), проєкційне моделювання (як спосіб проєктування об'єктів, процесів) і практико-технологічне моделювання (як спосіб системного упорядкування творчої діяльності в її практичному втіленні) (П.К. Петров, 1999; О.М. Сичивица, 1993).

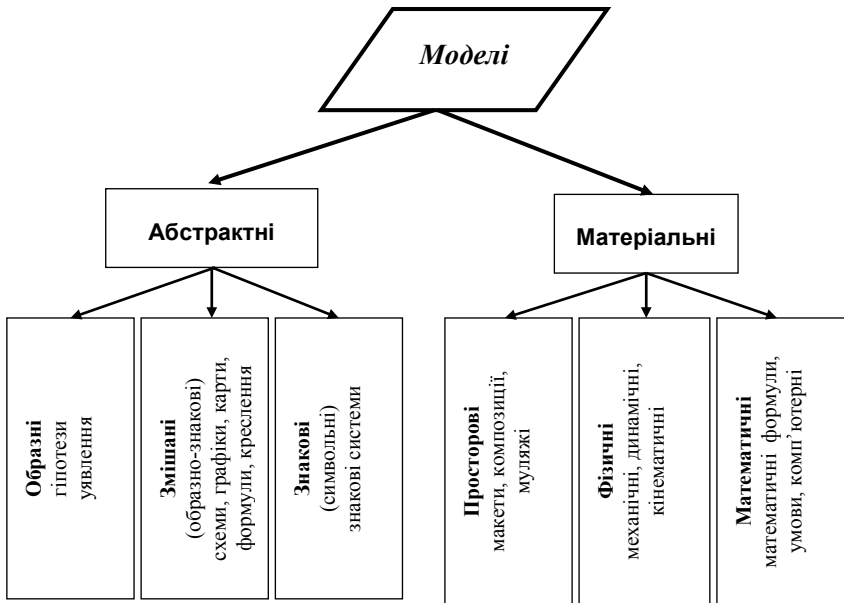


Рис. 1.8. Загальна класифікація моделей (В.А. Штофф, 2007)

Аналіз демонструє, що велика кількість досліджень із проблем моделювання у спорті та в інших галузях торкалися гносеологічного і методологічного аспектів цієї проблеми (М.П. Шестаков, 2002). У теорію і практику спорту моделювання увійшло у формах, що трактуються по різному (Д.Д. Донской, С.В. Дмитриев, 1996).

Одним із перших, хто застосував моделювання для вивчення процесів, що відбуваються під час рухової активності, був М.О. Бернштейн (1991). У його наукових працях розкриваються питання керування складними рухами на основі багаторівневих моделей керування з використанням зворотних зв'язків. Психофізіологічні процеси людини при виконанні рухових завдань із використанням прийомів моделювання застосовували М.М. Амосов (1968) і П.К. Анохін (1975, 1980).

Спеціалісти розробляли так звані моделі історичної і багаторічної динаміки спортивних результатів та змагальної діяльності (В.Н. Селуянов, 1998), “моделі чемпіонів” (під якими розуміли “моделльні характеристики найсильніших спортсменів») і рівнів підготовленості спортсменів різної кваліфікації (Д.М. Никоноров, Ю.С. Фомін, 1997, В.В. Фомичева, 1996), моделі фрагментів тренувального процесу (В.О. Дрюков, 2003) й інших об'єктів спортивної діяльності (С.С. Єрмаков, 1997, А.В. Дулібський, 2001).

Такий напрям моделювання розвивається на основі накопичення спеціальної інформації. Проте останні дослідження з проблем створення моделей у спорті базуються не тільки на цьому, але й на вдосконаленні конкретної спеціалізованої методології і варіантів моделювання, використанні сучасних комп'ютерних технологій, розробці нових спеціалізованих і комплексних вимірювальних комплексів, перевірки і корекції моделей.

Значені відгалуження у варіантах моделювання ще не мають стійкої теоретичної бази й автори не мають одностайної думки стосовно процесу моделювання. На нашу думку, прогресивним є використання модельно-цільового підходу до керування складними об'єктами спортивної підготовки. Окремі автори вирізняють у модельно-цільовому підході два складники: ієрархія цілевих завдань і модельні характеристики цілевих завдань (А.М. Лапутін, 2002).

За Ю.В. Верхопанським, ієрархія цілевих завдань – це комплекс найістотніших, логічно підпорядкованих конкретних цілевих орієнтирів, що ранжовані відповідно до об'єктивно зумовленого порядку їх розв'язання у тренуванні. Зрозуміло, що задаючи величину приросту спортивного результату (головне цілове завдання), тренер повинен конкретно визначити відповідні вимоги до вдосконалення змагальної і техніко-тактичної майстерності, зрушення у спеціальній фізичній підготовленості. Під час контролю за тренувальним процесом тренер ке-

рується зворотною послідовністю. Якщо він не забезпечить належного підвищення рівня спеціальної підготовленості, то не може бути виконане завдання вдосконалення техніко-тактичної майстерності. Водночас без реалізації цієї умови неможливо забезпечити необхідну надійність спортивної майстерності. Таким чином, якщо одне з цільових завдань не розв'язане або розв'язане недостатньо, то істотно знижується ймовірність і реалізація головного цільового завдання (приріст спортивного результату) (Ю.В. Верхопанский, 1993).

У сучасній науковій літературі гостро стоїть питання і про кількісне визначення модельних характеристик. Модельні характеристики цільових завдань – це конкретні найбільш істотні показники спеціальної підготовленості спортсмена, що мають бути досягнуті під час тренування і разом з тим є критеріями оцінювання її ефективності. Моделі цільових завдань можуть і повинні бути виражені кількісно, що є передумовою об'єктивного контролю і керування (Ю.В. Верхопанский, 1998). Проте такого підходу дотримуватися неможливо без упровадження сучасних вимірювальних комплексів, використання складного математичного апарату, особливо під час створення моделей складних антропотехнічних систем типу “стрілець – зброя – мішень” (І.П. Заневський, 2011, В.Т. Пятков, Є.Я. Чапля, 2000).

Значний внесок у висвітлення проблеми моделювання у спорті зробили і вітчизняні вчені (В.О. Дрюков, 2003, М.О. Носко, 2009, О.І. Пущов, 2002, О.М. Худoley, 2005). А.М. Лапутін (1995) наголошував на використанні дидактичного моделювання. Він разом зі співавторами висловив думку, що єдиним способом представлення тих або інших варіантів спортивної техніки є її біомеханічне моделювання (А.Н. Лапутін, А.А. Архипов, Р. Лайуни, 1999, А.Н. Laputin, 1994). Вважається, що практично неможливо відразу запропонувати спортсменові остаточний варіант техніки з цілком об'єктивних причин. Для опису остаточного варіанту спортивної техніки необхідна об'єктивна кількісна реєстрація значного масиву аналогової і цифрової інформації, її переробка й оцінювання. Тому тренер або спортсмен вимушені підходити до цієї інформації вибірково. Автори підкреслюють важливість збереження об'єктивності і скурпульозності у підходах до моделювання техніки. Необхідно, щоби під час моделювання, за умов спрощення техніки, у ній не було загублено найважливіших системоутворювальних компонентів, без чого спортсменам неможливо досягнути необхідного

ефекту. У дослідженнях мають зберігатися гомоморфні й ізоморфні співвідношення між оригіналом техніки і його моделями з урахуванням окремих, об'єктивно встановлених критеріїв їх подібності.

Керувати цим процесом можна тільки знаючи відповідні закони і правила моделювання. З огляду на це зрозуміло, що методичні прийоми і способи моделювання всіх технічних дій мають узгоджуватися з певними дидактичними закономірностями їх подальшого освоєння у спортивному тренуванні (А.М. Лапутін, В.В. Гамалій, О.А. Архипов, 2001).

Ми дотримуємося думки про те, що моделювання техніки кожної фізичної вправи має починатися з її опису, встановлення принципів, критеріїв, виокремлення елементів системи, визначення взаємодії між ними. Оскільки деякі параметри спортивної техніки недоступні для безпосереднього вимірювання, то їх дослідження проводять на експериментальних моделях.

За словами науковців, які дотримуються думки про першочерговість використання дидактичного моделювання, моделі спортивної техніки використовуються у тренувальному процесі як правило для розв'язання двох основних завдань – дослідження рухів і навчання цих рухів (рис. 1.9). Моделювання в такому випадку є відображенням або відтворенням рухів для вивчення об'єктивних закономірностей їх побудови чи виконання. Модель спортивної техніки – це об'єкт будь-якої природи, що дозволяє замінити рухи, яких навчають так, щоби при їх дослідженні можна було отримати нові знання про спортивну техніку. Причому об'єкт, який замінює техніку спортивних рухів, обов'язково повинен перебувати з нею у взаємно однозначній відповідності. Модель техніки будується за допомогою абстракції і певної її ідеалізації, внаслідок чого всі випадкові і неістотні характеристики структури рухів відкидаються. Модель техніки стає простішою за оригінал, однак вони пов'язані між собою співвідношенням подібності. Поняття “подібність” власне й означає взаємно однозначну відповідність двох об'єктів – моделі й оригіналу. Модель є подібною до оригіналу (спортивної техніки) лише в тому випадку, якщо їх співвідношення відповідає критеріям подібності, що являють собою певні математичні співвідношення і кількісно фіксують умови подібності.

Моделі спортивної техніки відрізняються великою складністю, котра вимагає використання різноманітних критеріїв подібності. Проте у практиці на жаль у багатьох випадках моделі будуються без ураху-

вання критеріїв подібності. Таке положення припустиме, але тільки на перших етапах моделювання. Такий спосіб моделювання слід назвати некритеріальним, на відміну від критеріального, яким має бути всяке об'єктивне моделювання рухів (М.О. Носко, С.О. Власенко, В.І. Синіговець, 2001).

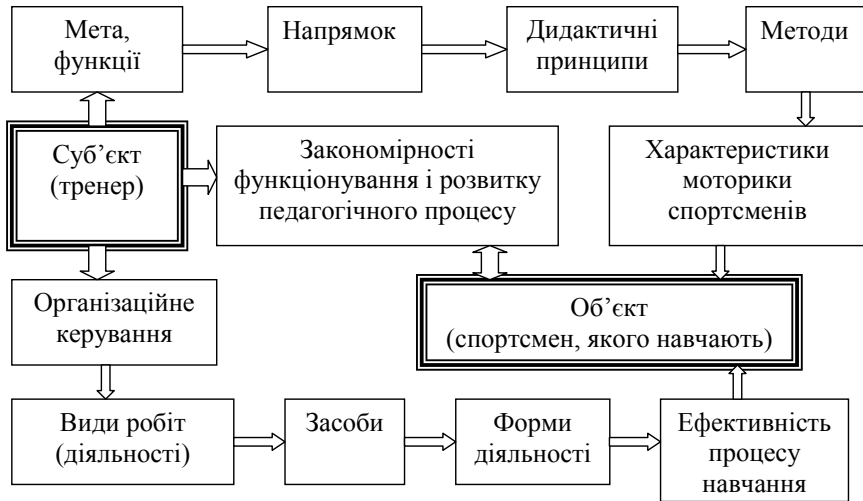


Рис. 1.9. Блок-схема загальної моделі дидактичного процесу навчання й удосконалення рухових дій (А. М. Лапутін, 1996)

Під час біомеханічного моделювання елементів спортивної техніки як основний критерій подібності механічного руху можна використати, зокрема, так званий критерій гомохронності. Цей критерій показує, яким чином у русі моделі і русі оригіналу пов'язані швидкість, довжина і масштаб часу відносно об'єктів руху. У тренуванні часто використовуються моделі техніки, що зберігають кінематичну подібність з оригіналом – спільність форми руху, швидкості, прискорення тощо. Динамічна подібність базується на обліку подібності сил, що викликають подібні рухи. Антропоморфологічна подібність передбачає аналогічність у співвідношенні лінійних розмірів, маси біологічних тіл різних груп спортсменів, для яких рекомендується той або інший варіант, техніка рухів. Елементи спортивної техніки подібні до їх моделей за кінематич-

ними і динамічними параметрами, що рекомендуються спортсменам з подібними антропоморфологічними характеристиками, можна вважати в загальному біомеханічно подібними. Ці положення мають велике значення у практиці тренувального процесу, оскільки від їх дотримання залежить об'єктивність досліджень або ефективність і якість навчання (А.М. Лапутін, М.О. Носко, 2002).

Моделювання може мати уявний або матеріальний характер. Усі види моделювання у спортивно-педагогічній практиці можуть бути поділені на три основні групи: уявне ідеально-теоретичне, матеріальне реально-практичне і речовинно-агрегатне.

Наочний спосіб моделювання базується на різноманітних уявленнях, гіпотезах. Уявні й ідеальні моделі можуть бути згодом утілені у фізичні об'єкти, що відчуттєво сприймаються і функціонують. Такі моделі в практиці можуть використовуватися у вигляді кінограм рухів, макетів тіла спортсменів, окремих його елементів, наприклад, суглобів тощо (С.С. Єрмаков, 2001).

Символічний (знаковий) спосіб моделювання вирізняється тим, що його застосування передбачає використання впорядкованого умовного знакового запису рухів. Такий спосіб може використовуватися під час моделювання процесів спортивного тренування, певних операцій або дій тощо. До таких моделей відносяться структурні схеми, блок-схеми, графи і графічно зображені плани, графіки. До їх числа можна також зарахувати умовні позначення елементів рухів і опорно-рухового апарату спортсменів на біокінематичних схемах.

Математичне уявне моделювання у тренувальному процесі застосовується для побудови і подальшої перевірки теоретичних обґрунтувань закономірностей функціонування різноманітних об'єктів спортивного тренування, для перевірки сформульованої теорії, для її узгодження з реальною практикою. Цільові педагогічні програми, алгоритми, програми для ЕОМ так само можна зарахувати до класу математичних моделей керування тренувальним процесом.

Натурне моделювання використовується переважно для перевірки гіпотез або теоретичних положень безпосередньо у тренувальному занятті або на змаганнях і в умовах, максимально наближених до природних.

Фізичне моделювання застосовується в умовах максимально можливої фізичної подібності процесів. Характеристики оригіналу рухів

можна в такому випадку отримати шляхом розрахунку параметрів моделі через певні масштабні коефіцієнти.

Аналогово-цифрове моделювання спортивної техніки засновується на ізоморфізмі математичних рівнянь, що дозволяють описувати процеси в ній, котрі мають різну фізичну природу. Аналогове моделювання застосовується в тих випадках, коли є пряма аналогія між величинами, що відображають різні явища. Наприклад, розрахунок опору середовища під час плавання чи бігу й аналогічна зміна електричного опору провідників. У першому випадку опір води або повітря багато в чому залежить від швидкості руху спортсмена, у другому – аналогічна залежність спостерігається між силою струму, напругою і електричним опором певного кола ланцюга (закон Ома). Таким чином, моделювання першого процесу може бути виконане на аналогових обчислювальних машинах шляхом заміщення його іншим – аналогічним процесом, але таким, що має іншу фізичну природу. З цією самою метою можуть використовуватися і цифрові обчислювальні машини, всі операції в яких проводяться дискретно. При поєднанні двох останніх способів – аналогового і цифрового – моделювання вважається гібридним або аналогово-цифровим (И.В. Максимей, 1988).

Моделювання у тренувальному процесі необхідне, передусім, для того, щоби спортсмен успішно оволодів інформацією, потрібною йому для опанування певної навички. Метод моделювання дозволяє упорядкувати інформацію для того, щоб відобразити цілісний образ кожного спортивного руху.

Принципи моделювання під час вивчення техніки ґрунтуються на методичних постулатах доповнюваності дії і невизначеності. При вимірюванні характеристик техніки фізичних вправ реєструвальна апаратура, як правило, одночасно не може фіксувати всі властивості системи, вправи. Це стосується так званих альтернативних або несумісних характеристик, котрі не можна фіксувати одночасно. Їх доводиться реєструвати окремо й у різний час. Такі ситуації виникають, наприклад, через багатоструктурності системи рухів, наявності в ній одночасно біокінематичної і сенсорної, інформаційної і ритмічної, психологічної і біодинамічної та багатьох інших структур. Фізична ж вправа у всіх її структурах на практиці реалізовується одночасно, однак об'єктивне і синхронне відображення кожної з них, на жаль, не завжди доступне для дослідників або доступне тільки відокремлено. Таким чином, під час

моделювання реалізовується дидактичний принцип доповнюваності, який полягає в тому, що фізична вправа як складна система у взаємодії з іншими системами може виявляти різні властивості, несумісні одини з одними під час виокремлених спостережень (М.П. Шестаков, 2004).

Принципи моделювання спортивної техніки ґрунтуються також на дидактичному постулаті дії, значення якого пояснюється тим, що їх характеристики мають пороговий характер, зумовлений обмеженістю фізичних можливостей організму людини, котрий взаємодіє у цей момент із навколишнім середовищем. Величина відповідної реакції організму на впливи середовища під час виконання фізичних вправ визначається функцією трьох змінних: кількістю речовини, що витрачається людиною, кількістю акумульованої енергії, яка витрачається, кількістю інформації обміну між організмом і середовищем (А.М. Лапутін, 1999).

У практиці спортивного тренування можуть використовуватися статистичні, індивідуальні й ідеальні моделі техніки. Статистичні моделі будуються на основі статистичної обробки великого кількісного матеріалу, що об'єктивно характеризує техніку багатьох спортсменів, які належать до певної групи і мають якісно близький один до одного рівень майстерності.

Індивідуальні моделі звичайно характеризують техніку окремих видатних спортсменів, які мають особливо виражені індивідуальні особливості вияву рухової функції і високими результатами.

Ідеальні моделі, як правило, розробляються з урахуванням і вибором переважно тільки високоефективних елементів техніки, запозичених із біомеханічної структури техніки багатьох найсильніших спортсменів. Ці моделі найчастіше використовують у прогностичному плані для аналізу й оцінювання перспектив розвитку техніки цього виду спорту і можливого проектування стратегії майбутньої змагальної діяльності.

Безпосереднє використання будь-яких, навіть найкоректніших біофізичних або математичних моделей техніки в тренувальному процесі методично надзвичайно утруднене, а в деяких випадках і зовсім неможливе. Тому наступним етапом їх реалізації у спортивному тренуванні є їх дидактична адаптація до процесу опанування у тому вигляді, в якому це доцільно з огляду на ефективне розв'язання рухових завдань і подальшого досягнення високих результатів змагань.

На думку авторів, які торкалися проблеми дидактичного моделювання, під час тренувальної роботи мають досліджуватися такі моделі

спортивної техніки, що об'єктивно, обґрунтовано, кількісно і якісно визначають дидактичні вимоги, на досягнення яких спрямована робота тренера і діяльність спортсмена. Освоївши ці моделі в процесі тренування, спортсмени засвоюють техніку фізичних вправ. Залежно від якості та повноти засвоєння дидактичних моделей спортивної техніки, спортсмени набувають певного рівня технічної майстерності. Для того, щоб цей рівень став таким, який дозволяв би гарантовано показувати високі результати, спортсменові спочатку необхідно запропонувати в тренуванні високоякісні моделі техніки, а уже потім домагатися того, щоби він повною мірою їх опанував. Якщо рівень володіння моделями техніки в тренуванні спортсменів буде досить високим, тоді і їх реалізація на змаганнях також буде успішною (А.Н. Лапутин, В.И. Бобровник, 1999).

Рівень технічної майстерності спортсменів може бути повністю об'єктивно оцінений тільки за результатами реалізації певних моделей техніки на змаганнях. В умовах змагань структура техніки, що реалізовується спортсменами біомеханічно, звичайно враховує численні так звані збиваючі впливи того середовища, в якому знаходиться атлет. До них належать різноманітні психологічні впливи, а також численні такі фізико-хімічні зовнішні чинники, передбачити вплив яких на певну структуру рухів заздалегідь навіть теоретично, просто неможливо. Окрім того, слід пам'ятати, що на цьому фоні в організмі спортсмена, який змагається, неминуче розвивається стомлення, що також спочатку мимовільно, а потім можливо і довільно викликає адаптаційну перебудову індивідуальної моделі техніки (А.Н. Лапутин, 1996).

Чекати однак дійсних успіхів у досягненні високого рівня технічної майстерності спортсменів у змагальній діяльності можна тільки в тому випадку, якщо методологія опанування конкретних моделей техніки в тренувальному процесі базується на сучасних технологіях дидактичної біомеханіки, що враховує закономірності побудови багатоцільових, багаторівневих структур спортивних рухів, механізми багаторівневої психомоторної регуляції їх, а також на можливостях комп'ютерних ресурсів керування. При цьому численними дослідженнями доведено, що з усіх біомеханічних структур техніки змагальної діяльності майже завжди вирішальне значення у досягненні високих спортивних результатів має силова, біодинамічна структура рухів. Саме вона є причиною успішної чи неуспішної реалізації кожної змагальної рухової дії. Сила як векторна фізична величина має, як відомо, не тільки своє числове

значення (модуль), а й точку прикладення і вектор (напрямок) дії. Якщо вона відповідає руховому завданню, то завжди забезпечує необхідну геометрію і кінематику рухів, а отже й успішний результат (А. М. Лапутін, В. В. Гамалій, О. А. Архипов, 2001).

Під час опанування складних моделей техніки в спортивному тренуванні доцільно використати спеціалізовані тренажерні системи, які дозволяють досить вірогідно моделювати фізичні умови того середовища, у якому спортсмен буде реалізовувати свій силовий потенціал в умовах змагань. Ці тренажери дають можливість значно інтенсифікувати процес удосконалення технічної майстерності. Конструюються вони з урахуванням рухової (біомеханічної) специфіки індивідуальних особливостей спортсменів (В. Т. Пятков, 2002, И. П. Ратов, 1996).

Для того, щоб успішно вирішувати названі проблеми вдосконалення технічної майстерності спортсменів високої кваліфікації, слід підходити до них комплексно, системно, розглядаючи їх в єдності з усіма іншими актуальними питаннями розвитку олімпійського і професійного спорту.

Певна частина провідних спеціалістів, у тому числі у сфері фізичної культури і спорту, використовує термін "імітаційне моделювання", хоча ми вважаємо таке словосполучення певною мірою тавтологією, якої бажано уникати (И. В. Максимей, 1988, В. Н. Селуянов, 1992, Р. Шеннон, 1978). Основною метою імітаційного моделювання є отримання показників якості на основі параметрів, які характеризують організаційну структуру за допомогою сукупності числових методів, що описують реальні функціональні взаємозв'язки. Імітація передбачає проведення низки експериментів упродовж певного періоду часу. Керування цими експериментами полягає у спрямованих змінах відповідних даних за результатами розрахунків імітаційної моделі.

Для оцінювання результатів імітаційного моделювання застосовуються також відповідні числові методи. Результатами імітаційного експерименту є вихідні параметри моделі, які перебувають у математичній залежності від вхідних. Вхідні параметри можуть бути задані умовами зовнішнього середовища експериментатором чи визначатися іншими міркуваннями.

Усі вхідні дані фіксуються у базі даних, з якої потрібні показники надходять до інструменту реалізації імітаційної моделі. Визначені у процесі імітації дані надходять до особи, яка приймає рішення, і, оцінивши

результати, при потребі змінює необхідні вхідні параметри, після чого цикл повторюється.

Основними етапами імітаційного моделювання є:

- ❖ формулювання проблеми;
- ❖ формалізація моделі;
- ❖ розробка програми;
- ❖ оцінювання адекватності.

На етапі формулювання проблеми визначають, які саме результати необхідно отримати від імітаційної моделі, і як їх використовувати. Під результатами імітаційного моделювання розуміють кількісні оцінки взаємодій елементів системи після моделювання реальних ситуацій.

Етап формалізації моделі починається з вибору вхідних і вихідних змінних моделі. Вихідні змінні визначаються відповідно до мети моделювання. Значення вихідних змінних є результатом роботи певних математичних методів та алгоритмів. Вхідні змінні дозволяють експериментаторові впливати на імітаційне моделювання як одноразово, при кожній імітації, так і багаторазово, під час безпосередніх циклів імітації. Етап створення імітаційної програми включає розробку таких її елементів (Н.П. Бусленко, 1988):

- ❖ концептуальної моделі даних;
- ❖ фізичної моделі даних;
- ❖ алгоритмів перетворення даних;
- ❖ інтерфейсу з користувачем;
- ❖ форм звітності.

Етап оцінювання відповідності імітаційної моделі передбачає відображення (перенесення) результатів, які отримані під час прогнозного моделювання, на реальні об'єкти. При цьому з'ясовується міра відповідності, котра у багатьох випадках є експертним оцінюванням.

Для узагальнення викладеного звернімося до табл. 1.1, де наведено характеристики ознак, що визначають рівень і призначення моделей спортивної діяльності різної природи (А.Л. Кривенцов, 1990). Зупинимося детальніше на окремих із них.

До першої ознаки, яка визначає рівень моделі, зараховують складність системи. Вона характеризується різноманітністю параметрів стану, яких набувають компоненти системи за умов взаємодії. Мірою складності є кількість системоутворювальних компонентів, що утворюють

систему. До них слід зарахувати ті, від яких залежить стан досліджуваної системи.

Таблиця 1.1

Основні ознаки, що характеризують рівень і призначення моделей

№ з/п	Ознака	Характерні риси ознаки
1	Складність системи	Побудова, описання і використання моделей залежить від кількості (обсягу) досліджуваних системоутворювальних компонентів (факторів)
2	Рівень організації системи	Рівень моделей визначається у масштабі часу, простору і динаміки розвитку системи та її складових: <ul style="list-style-type: none"> • у часі – під час взаємодії структурних елементів можливо з достатньою точністю передбачити й описати поведінку такої системи на етапах багаторічної підготовки спортсмена; • у просторі – можливість передбачити склад і структуру елементів систем, а також число їхніх станів; • у динаміці – можливість опису великої кількості елементів системи, що взаємодіють у процесі функціонування та зміни їх станів з урахуванням часу і простору
3	Характерні властивості системи	Визначення рівня моделі враховуючи характер зв'язку між елементами, блоками, підсистемами, об'єктами системи, можливість описання за зовнішніми (педагогічними) і внутрішніми (фізіологічними) ознаками
4	Підхід до вивчення системи	Модель визначається <ul style="list-style-type: none"> • у структурному аспекті – створення конструкції, впорядкованості властивостей і зв'язку між елементами системи, також і між системами різного рівня; • у динамічному аспекті – створення моделей поведінки і розвитку системи, елементів, описання функцій складових системи
5	Призначення моделі	Моделі, які характеризують процес спортивного тренування на основі дослідження великої групи спортсменів у певному виді спорту, а саме: <ul style="list-style-type: none"> • такі, що базуються на основі виявлення специфічних особливостей у групі спортсменів; • такі, що розробляють для окремого спортсмена у тривалих дослідженнях

Наступною ознакою моделі є міра її організації (R), що характеризує величину складності системи, а її значення коливається у межах $0 < R < 1$. Системі спортивної підготовки притаманні такі риси як гнучкість, багатозначність, детерміністичність. Рівень організації визначають, користуючись формулою К. Шеннона (1978), $R = 1 - N/N_m$, де N – кількість варіантів стану структурних елементів, які входять до моделі, а N_m – загальне можливе число варіантів стану структурних елементів.

Складність і організація достовірно характеризують стан системи і можуть бути використані як основні ознаки для створення моделей різних рівнів. За цими ознаками моделювання у спорті деякі автори поділяють на 4 рівні (А.Л. Кривенцов, 1990):

1) моделювання простих систем, до складу котрих включено від одного до трьох ($1 \leq N \leq 3$) системоутворювальних компонентів;

2) моделювання складних систем, що містять від трьох до шести ($4 \leq N \leq 6$) компонентів;

3) моделювання дуже складних систем, де $N > 6$ (об'єктом моделювання, в цьому разі може бути спортивне тренування; таке моделювання пов'язане із розробкою, вивченням і використанням модельних характеристик тренувальних впливів, підготовленості та змагальної діяльності спортсмена у їх взаємозв'язку);

4) моделювання надскладних систем (опис стану цілісної системи підготовки спортсменів, що містить багатокомпонентний склад різноманітних підсистем різного рівня).

Зважаючи на специфіку спортивної діяльності А.Л. Кривенцов (1990) пропонує використовувати методи моделювання з урахуванням мети і завдань етапів багаторічної підготовки спортсменів. Тому розробка моделей спрямована насамперед на подальше вивчення проблем удосконалення процесу підготовки на конкретному етапі, Отже за цією ознакою моделі можна класифікувати за різними рівнями.

Перший рівень – моделі, які характеризують фізичний стан спортсмена (моделі фізичного стану людини), основне призначення котрих полягає в описі і вивченні стану здоров'я, фізичного розвитку організму тощо.

Другий рівень – моделі, призначені для вивчення стану організму в результаті впливу засобів фізичного виховання. Розробка і використання моделей з урахуванням професійної орієнтації у конкретному виді спорту – профорієнтаційні моделі.

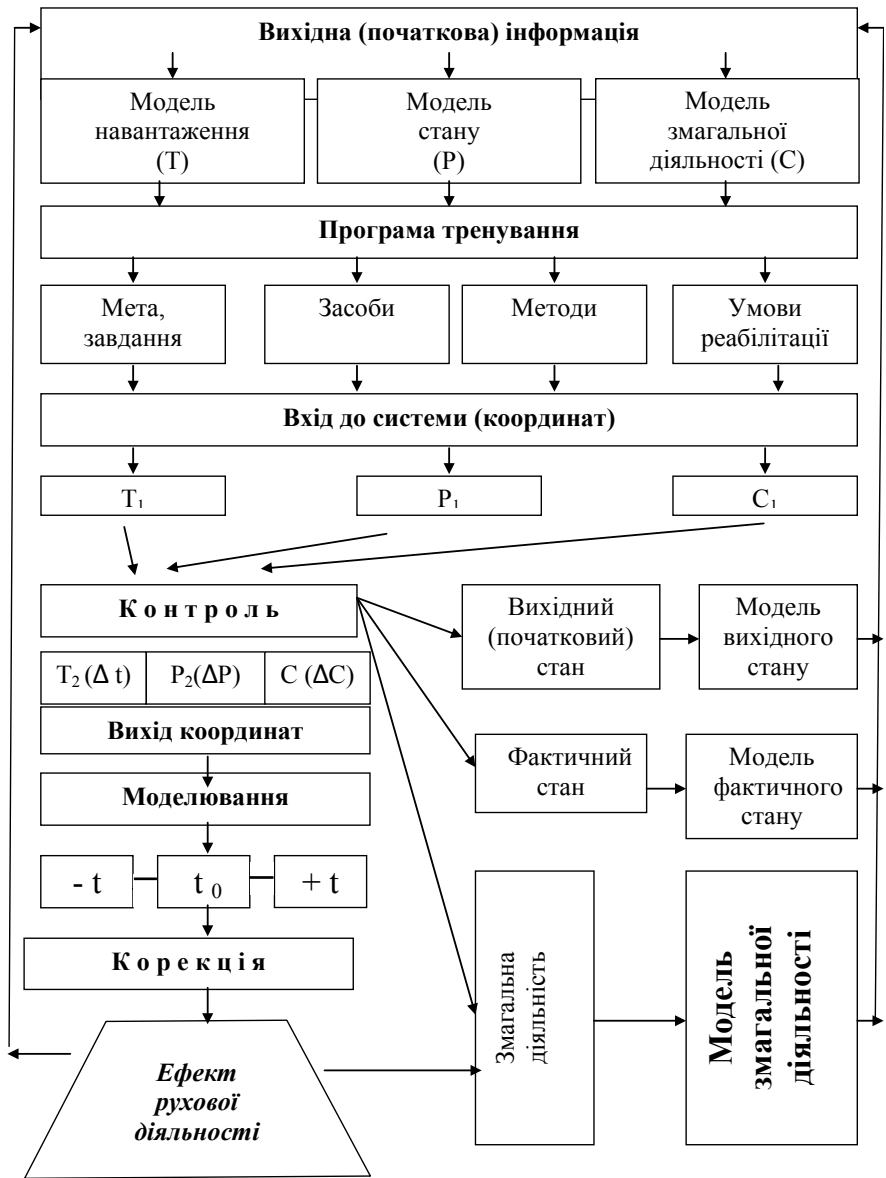


Рис. 1.10. Схема моделювання підготовленості спортсменів
(А. Л. Кривенцов, 1990)

Третій рівень. На етапі поглибленої спеціалізації спортсменів метод моделювання передбачає побудову та опис “вихідних” моделей спортсменів. Йдеться про моделі, що співвідносяться із можливістю виконання норм певного спортивного розряду чи досягнення результату.

Четвертий рівень. Моделі розробляють відповідно до поглибленої спеціалізації та індивідуалізації процесу підготовки спортсмена. Модель цього етапу підготовки можна ще назвати моделлю кваліфікованого спортсмена.

П'ятий рівень передбачає побудову моделі найсильнішого спортсмена або моделі спортсменів найвищої кваліфікації. Крім того, на цьому рівні розробляють і використовують моделі «ідеального» спортсмена.

Формально процес тренування можна досліджувати, як послідовні етапи моделювання його складників. Тому керування тренуванням можна уявити як комплекс структурно-функціональних моделей того процесу, який вивчається і спрямований на досягнення цільових завдань. Схематично організація процесу тренування з використанням методів моделювання показана на рис. 1.10.

1.3. Основи контролю процесу підготовки і спеціальної підготовленості висококваліфікованих спортсменів

Відомо, що контроль є однією із найважливіших ланок системи керування підготовкою спортсменів високої кваліфікації. Це зумовлено тим, що жодна система керування не може оптимально функціонувати без комплексу достовірної інформації про стан об'єкта. Іншими словами, ланка, що замикає канал зворотного зв'язку і забезпечує зняття достовірної інформації з об'єкта керування, є однією із найважливіших ланок, без котрої система керування стає розімкненою, а отже, вона не може ефективно працювати (Т.Д. Полякова, В.А. Барташ, 2006, Е.Ю. Розин, 1995).

Однак, є цілком зрозумілим те, що проведення контролю вимагає дотримання певних умов. Не вся інформація, отримана під час дослідження тренувальної чи змагальної діяльності, може бути корисною для тренера чи спортсмена. Вона має мати визначене місце в науково-методичному забезпеченні. Інколи така інформація може мати збиваю-

чий характер, або бути “нейтральною”. У цьому й полягає суть виникнення наукового поняття “комплексний контроль”.

Комплексний контроль передбачає всю сукупність організаційних заходів щодо оцінювання різних сторін підготовленості спортсменів, реакцій організму на тренувальні і змагальні навантаження, ефективності тренувального процесу. Комплексний контроль у спорті реалізовує різні види контролю (етапного, поточного, оперативного), що застосовуються у структурних ланках тренувального процесу (річний цикл, мезоцикл, мікроцикл, окремі заняття) для отримання об’єктивної різносторонньої інформації про динаміку стану спортсмена для керування процесом спортивної підготовки.

Дотепер спортивні науковці значну увагу приділяли контролю тренувальних і змагань навантажень (М.А. Годик, 1988), інтенсивно розробляли теорію і методику педагогічного, біологічного контролю у спорті (В.А. Запорожанов, 1988). Водночас бурхливий розвиток у спорті, що характеризується виключно високою напруженістю змагальної боротьби, підвищенням щільності спортивних результатів, досягненням обсягів тренувальних навантажень граничних величин, свідчить про збільшення складності у забезпеченні рухової діяльності спортсменів. Усе це ставить підвищені вимоги до організації заходів щодо забезпечення комплексного контролю й керування тренувальним процесом, визначає необхідність розробки нових засобів, методів і технологій, що дозволяють тренерів отримати й обробити великий обсяг різноманітної інформації, оперативно прийняти певне рішення (В.А. Булкин, 1996).

Логічно, що значна частина спеціальних публікацій, дисертаційних робіт і наукових тем стосується розв’язання різних актуальних питань комплексного контролю в процесі підготовки спортсменів до відповідальних змагань. На думку провідних учених і практиків, які вивчають цю проблему, система комплексного контролю має об’єднувати всі основні підсистеми контролю, у тому числі педагогічного, біомеханічного, медико-біологічного, біохімічного і психологічного. Ці підсистеми забезпечують контроль усіх основних компонентів тренувального процесу – інтегральні характеристики змагальної діяльності, стану здоров’я, рівня функціональної, спеціальної фізичної, техніко-тактичної і психологічної підготовленості, а також ефективності відновних заходів. За допомогою системи комплексного контролю перевіряється, аналізується виконання програм підготовки спортсменів на різних її етапах, визнача-

ються невідповідності між запланованим (модельним, еталонним) рівнем підготовленості і на основі цих невідповідностей вносять необхідні корективи щодо програм, методів і засобів підготовки.

Для класифікації типів комплексного контролю за змістом будемо вважати, що він об'єднує такі підсистеми (рис. 1.11) (В.В. Иванов, 1987).

Підсистема педагогічного контролю (ППК) є основною для отримання комплексу інформації про діяльність і підготовленість спортсмена. Під ППК розуміють сукупність параметрів, засобів, методів, алгоритмів і організаційно-методичних заходів щодо оцінювання ефективності використання засобів і методів підготовки, тренувальних навантажень, техніко-тактичних дій, а також спортивних результатів і поведінки спортсменів. Основними методами педагогічного контролю є педагогічні спостереження і контрольні виправи (тести). Крім того, педагог повинен уміти узагальнювати в єдину (інтегральну) оцінку дані обстежень, отримані під час здійснення інших видів контролю (А.И. Федоров, С.Б. Шарманова, О.А. Сиротин, 1997).

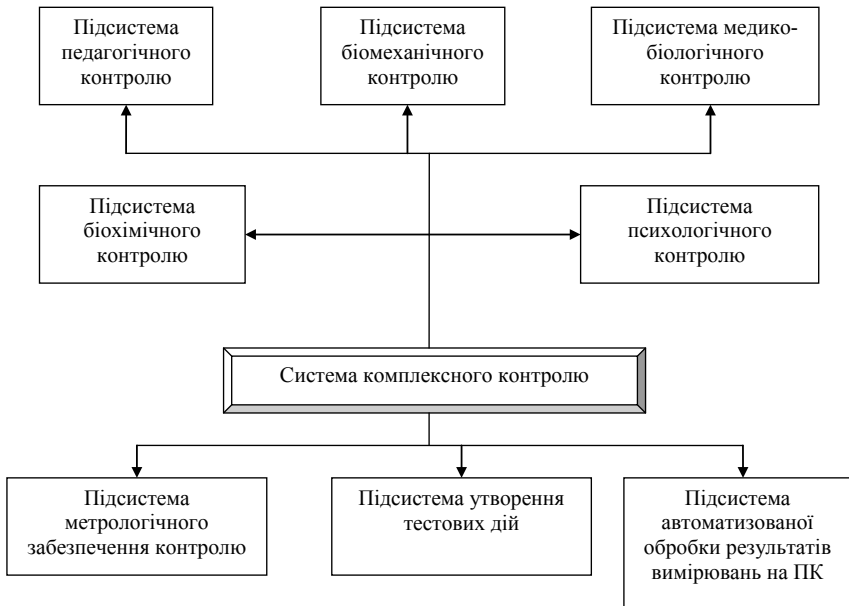


Рис. 1.11. Структура системи комплексного контролю
(В. В. Иванов, 1987)

Підсистема медико-біологічного контролю (ПМБК) є сукупністю параметрів, засобів, методів, алгоритмів і заходів, спрямованих на оцінювання здоров'я, функціональних можливостей і стану організму спортсмена з урахуванням реакції його функціональних систем на різні, у тому числі екстремальні тренувальні і змагальні дії (навантаження).

Підсистема біомеханічного контролю (ПБМК) є сукупністю параметрів, засобів, методів, алгоритмів і заходів щодо оцінювання техніки виконання спортивних вправ (И.П. Ротов, Г.И. Попов, А.А. Логинов, Б.В. Шпонин, 2001).

Підсистема психологічного контролю (ППСК) є сукупністю параметрів, засобів, методів, алгоритмів і заходів щодо оцінювання індивідуально-типологічних особливостей особистості спортсмена, його загальних і спеціальних психомоторних здібностей, психічних станів за екстремальних (стресових) умов змагань, соціально-психологічних характеристик спортивних колективів (С.В. Попов, 2001).

В.В. Іванов (1987) у систему комплексного контролю вводить ще три додаткові підсистеми – метрологічного забезпечення комплексного контролю, автоматизованої обробки результатів вимірювань у процесі комплексного контролю на основі використання ЕОМ, створення (модельовання) тестових дій.

Підсистема метрологічного забезпечення комплексного контролю є комплексом засобів, методів, алгоритмів, науково-технічних і організаційно-методичних заходів, спрямованих на забезпечення єдності і необхідної точності вимірювань параметрів підготовленості спортсменів, що передбачають випробування, перевірку, атестацію засобів вимірювань, оцінювання інформативності інструментальних методів контролю тощо.

До підсистеми автоматизованої обробки результатів вимірювань у процесі комплексного контролю належить комплекс обчислювальних пристроїв, алгоритмів і програм визначення комплексних критеріїв підготовленості спортсменів за результатами обстежень. При тому всі елементи цієї підсистеми об'єднані у вимірювально-обчислювальний комплекс (ВОК), який включає сучасний ПК з відповідним пакетом програм. Важливою вимогою до такого комплексу є використання інтерфейсу для медико-біологічних діагностичних вимірювальних приладів і агрегатних засобів, котрий забезпечує їх конструктивну, електричну і логічну сумісність.

В.В.Іванов (1987) вирізняє ще підсистему створення (моделювання) тестових дій, яка повинна містити в собі комплекс технічних тренажерно-моделюючих засобів, призначених для створення тестування навантажень різної фізичної природи (психологічних, фізичних, координаційних тощо).

Як вже згадувалося, інтегровальну роль має відігравати педагогічний контроль, який забезпечує керування та корекцію норм фізичних навантажень, раціональний напрям побудови тренувального процесу, а отже і підвищення ефективності всієї системи підготовки. На сьогодні зусиллями багатьох вітчизняних і зарубіжних фахівців розроблено важливі теоретичні і методологічні положення педагогічного контролю у фізичному вихованні і спорті (В.А.Булкин, 1996, Ю.В.Верхошанский, 1998, М.А.Годик, 1988; В.А.Запорожанов, 1988, А.Л.Кривенцов, 1987; А.М.Лапутін, 2002, Л.П.Матвеев, 1999, В.Н.Платонов, 2004, Р.М.Энока, 2000, J.C. Bongard, H. Lipson, 2005, J.L. Laszlo, 1992). Зокрема, було сформовано наукове положення про доцільність поділу контролю відповідно до типів стану рухової функції спортсменів (рис. 1.12). На цій основі розрізняють етапний, поточний і оперативний контроль. За широтою охоплення сторін підготовленості контроль поділяють на локальний, вибірковий і поглиблений.



Рис. 1.12. Організація контролю з урахуванням ефекту навантаження (В. А. Запорожанов, 1988)

Посилення значення методології комплексного контролю підготовленості спортсменів і екрювання тренувальним процесом зумовлене характерними для сучасного етапу розвитку спорту причинами, серед яких: значне ускладнення системи підготовки спортсменів; відставання якості комплексного контролю від вимог з організації спортивного тренування як керованого процесу; збільшення кількості показників, що вимірюються під час тренувань і змагань; підвищення вимог до метрологічного забезпечення збору й аналізу інформації про підготовленість спортсменів. На думку В. А. Булкіна (1993), існують дві принципові можливості впорядкування значного об'єму інформації, що надходить від технічних пристроїв, для прийняття раціонального рішення: по-перше, виявлення основних найістотніших ключових положень організації системи з подальшою деталізацією на ієрархічно менш значущі компоненти; по-друге, широке застосування сучасних інформаційних технологій, розроблених на основі використання досягнень сучасної обчислювальної техніки.

Крім теоретико-методичного аспекту застосування комплексного контролю сьогодні надзвичайно важливі технічний та інформаційний аспекти (А.В. Самсонова, И.М. Козлов, В.А. Таймазов, 1999, И.И. Юзвипин, 1996). Технічні аспекти контролю полягають у необхідності широкого запровадження сучасних інформаційних технологій. Інформаційні технології (ІТ) є сукупністю засобів і методів, розроблених на основі використання сучасних досягнень обчислювальної і телекомунікаційної техніки. Основу сучасних ІТ складають обчислювальна техніка, програмно-методичне забезпечення і розвинені комунікаційні засоби. У спортивній науці розвиток сучасних інформаційних технологій представлений у вигляді розробки різноманітних психодіагностичних методик; автоматизації методів функціональної діагностики, біомеханічного аналізу техніки рухів, оцінювання технічної підготовленості спортсменів; використання систем імітаційного моделювання; розробки експертних систем. Не зважаючи на те, що багато аспектів щодо застосування інформаційних технологій у спорті вимагають чіткішого наукового обґрунтування й експериментальної апробації, розробка нових засобів, методів і технологій, котрі базуються на сучасних досягненнях обчислювальної техніки, є одним із найважливіших і найперспективніших напрямів удосконалення системи спортивної підготовки (В.А. Дюк, В.Л. Эммануэль, 2003, П.К. Петров, 1999, К.Г. Юнг, 1997).

Інформаційні аспекти комплексного контролю знайшли своє відображення в автоматизації методів наукових досліджень: з'явився новий методологічний напрям – комп'ютерна діагностика. Різко зросла інформаційна складова наукової роботи. Використання ІТ в системі комплексного контролю дозволяє, по-перше, забезпечити виконання метрологічних вимог до проведення експерименту, підвищити змістовну валідність методик; по-друге, значно скоротити тимчасові витрати на проведення досліджень; по-третє, значно збільшити можливість подальшого застосування методів багатовимірної математичного аналізу даних (М.І. Жалдак, Н.М. Кузьміна, С.Ю. Берлінська, 1995, Е.Ю. Розин, 1995).

Як впливає з праць багатьох авторів, – точність, обґрунтованість та об'єктивність керувальних дій тренера визначається інтенсивністю і якістю інформаційних потоків (І.Я. Сапужак, 2003). Для тренерів-практиків насамперед необхідна стандартизована система контролю за станом спортсменів і наявність критеріїв оцінювання. Нині у багатьох видах спорту така інформація має лише фрагментарний, вибіркового характер. Але сучасний рівень розвитку комп'ютерної техніки створює передумови для розв'язання всього комплексу завдань у напрямку наукового керування підготовкою спортсменів. Повна стандартизація процедури введення й аналізу інформації можлива лише за умови використання ПК та розробки алгоритмічного апарата. Автоматизовані інформаційні системи педагогічного контролю дозволяють та допомагають зробити таке:

- ❖ упорядкувати інформаційні потоки;
- ❖ раціонально побудувати процедури їх первинної обробки;
- ❖ поєднати необхідний аналіз даних з наочною формою подання;
- ❖ забезпечувати відбір інформації та створювати архіви;
- ❖ обчислювати похідні показники та проводити статистичну обробку даних;
- ❖ розробляти індивідуальні моделі підготовленості спортсменів та порівнювати їх із модельними характеристиками;
- ❖ відображати динаміку основних параметрів тренувальних і змагальних навантажень тощо.

Отже, перспективність розробки цього напрямку для об'єктивізації та індивідуалізації процесу керування підготовкою спортсменів повинна не викликати сумнівів (М. Ф. Агашин, А. С. Кахидзе, 2003, А. К. Блажис, В. А. Дюк, 2000).

1.4. Інформаційний компонент керування у стрілецькому спорті

Ефективність процесу спортивної підготовки передбачає обов'язкове володіння потрібною інформацією і на її основі вчасне прийняття управлінських рішень.

Однак багато питань із розробки і використання інформаційних технологій у спорті вимагають чіткішого наукового обґрунтування і експериментального випробування. Значною мірою це пояснюється складністю і суперечністю специфічних завдань спорту (суб'єкт дослідження – живий організм), що не завжди дозволяє формалізувати процес обробки інформації (Л.А. Хасин, С.Б. Бурьян, С.В. Минков, А.Б. Рафалович, 1996, А.И. Федоров, С.Б. Шарманова, 1996). Орієнтуючись на сучасні теоретико-методичні положення щодо організації системи комплексного контролю і керування підготовкою спортсменів, ураховуючи досягнення сучасної науки і техніки, потрібно зазначити, що існує виразна суперечність між ступенем розробки науково-методичних положень теорії і методики спортивного тренування та рівнем інформаційного забезпечення системи комплексного контролю й керування у спорті.

Оптимізація керування складними системами, до котрих належить і спортивне тренування, передбачає реалізацію принципу зворотного зв'язку, а засобом отримання інформації є комплексний контроль. Об'єктивізація керування тренувальним процесом може бути досягнута у разі отримання великого обсягу інформації про індивідуальні особливості і різні сторони підготовленості спортсменів. Усі види комплексного контролю мають ґрунтуватися на обліку специфіки рухової діяльності спортсмена під час розв'язання конкретних прикладних завдань. Керування тренувальним процесом передбачає наявність інформації про педагогічні впливи, здійснювані у процесі спортивного тренування. Основою для планування педагогічних впливів, програмування тренувального процесу є інформація, отримана під час комплексного контролю. Водночас однією з тенденцій розвитку сучасного спорту є автоматизація людської діяльності, що передбачає використання сучасних інформаційних технологій (ІТ). Використання ІТ в системі комплексного контролю і керування підготовкою спортсменів дозволяє, по-перше, забезпечити виконання метрологічних вимог до проведення експерименту, підвищити змістовну валідність методик; по-друге, зна-

чно скоротити витрати часу на проведення досліджень; по-третє, суттєво підвищити можливість подальшого застосування методів багатовимірного математичного аналізу даних (Б.А. Виноградський, 2004, 2011).

У науково-методичному забезпеченні контролю важливе місце займає система оцінювання й оптимізації основних чинників спортивного досягнення. Її практична вартість визначається наявністю такого:

- ❖ системи високоінформативних тестів і показників для комплексного або диференційованого оцінювання стану спортсмена на різних етапах спортивної підготовки;

- ❖ надійних математико-статистичних методів для обробки первинної інформації і відповідних критеріїв для оцінювання достовірності отриманих результатів;

- ❖ системи оцінювання ступеня досліджуваних чинників або їх окремих компонентів (шкал, таблиць, номограм тощо);

- ❖ оптимізаційних моделей підвищення ефективності тренувального процесу шляхом вибіркового впливу на різні чинники спортивного досягнення.

У підсумку, у спорті високих досягнень, отримані результати комплексного контролю подають у вигляді різноманітних моделей. І якщо під час створення моделей змагальної діяльності чи морфофункціональних моделей не виникає серйозних складнощів, то побудова моделей підготовленості вимагає наявності значної кількості інформативних показників, що вступають у складні взаємовідносини аж до негативних впливів. З іншого боку, рівень спортивної підготовленості – це динамічний адаптивний стан особистості зі складною ієрархічною структурою (О.В. Жбанков, А.Н. Лебязьєв, 1994). Проблема визначення його критеріїв – дискусійна, але вона може бути розв’язана на базі системного підходу і теорії про багатомірні простори (В.П. Губа, М.П. Шестаков, Н.Б. Бубков, М.П. Борисенков, 2002).

З цієї точки зору спортивна підготовленість розглядається як інтегральна модель готовності спортсмена реалізувати свої потенційні можливості в спортивному досягненні. Кількісні і якісні параметри цього стану можуть бути представлені у вигляді компонентів будь-якого змінного вектора – $X(t)$:

$$X(t) = \{ x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t) \}, \quad (1.1)$$

Можна стверджувати, що у n -мірному просторі існує область, яка у певних умовах характеризується найменшою сумою квадратів відстаней між різними компонентами моторики (чинниками спортивних досягнень) – x_1, x_2, \dots, x_n . Ця оптимізована модель специфічної працездатності спортсмена і репрезентує рівень спортивної підготовленості.

Відомо, що інформативність показника визначається його відповідністю якості або властивості, котра оцінюється. У спортивній науці поширені два основних варіанти підбору інформативних показників, на основі яких можна побудувати відповідні моделі. Перший варіант полягає у виборі показників на основі знання чинників формування того чи іншого явища, а другий ґрунтується на знаходженні статистично значущих зв'язків.

Процес створення моделей інтегральної підготовленості спортсмена пов'язаний з її описом. Якщо ми сформуємо набір конкретних величин цього опису (набір 1) і, порівнявши його з множинністю якогось величезного інформаційного масиву, що представляє всі сторони підготовленості спортсмена, і спробуємо виразити інтегральну підготовленість набором величин 1, тобто використовувати тільки значення цього обмеженого набору, то величезна більшість якісних та кількісних характеристик не буде врахована. А інша велика частина характеристик визначеної сторони підготовленості міститиме не тільки окремі величини з набору 1, ще деяка частина тільки пари величин, ще менша – трійки і т.д. Деяка кількість моделей різних сторін підготовленості міститиме велику частину величин з набору 1, і найімовірніше, саме ці характеристики або їх фрагменти описуватимуть проблему так само недостатньо об'єктивно. На жаль, для спортсмена і тренера, і в “зниклих” часткових моделях підготовленості, і в моделях “одиницях”, “двійках” та інших, може міститися інформація, здатна змінити їх погляд на наявну проблему – проблему побудови інтегральної моделі. Однак імовірність цієї зміни буде різною, залежно від того, чи буде отриманий набір характеристик із класу “одиниць”, “двійок” чи “трійок” (С.В. Попов, 2001).

Для ефективного проведення тренувального та змагального процесів доводиться фіксувати й аналізувати велику кількість параметрів, які впливають на досягнення спортивних досягнень. При цьому тренери мають враховувати усі ці фактори і приймати рішення, які дозволяли б досягати максимального результату.

Ми розглядали метод видобування знань на основі класифікації даних, а також запропоновано застосовувати цей метод для підтримки

прийняття рішень у стрілецьких видах спорту (В.І. Богіно, О.Г. Петрова, Л.Л. Бесєдна, О.В. Гладківська, 2001).

Постановка завдання класифікації даних.

Метод класифікації даних складається з двох основних етапів. На першому етапі здійснюється аналіз даних, що зберігаються у відповідній базі, і будується модель, яка для кожного об'єкта визначає відповідну мітку класу, до якого цей об'єкт належить. Сукупність об'єктів, за якою створюється класифікаційна модель, називається навчальним набором.

Побудована модель подається визначеним способом представлення знань, переважно у формі дерев рішень або класифікаційних правил. Класифікатор може мати як детермінований характер, коли для кожного об'єкта точно визначається один клас, так і недетермінований, коли об'єкт належить до кількох класів з певною мірою невизначеності.

На другому етапі створена класифікаційна модель використовується для класифікації нових об'єктів. Сукупність цих об'єктів називається тестовим набором даних.

Розглянемо формальну постановку завдання класифікації даних. Нехай маємо навчальний набір даних L , який складається з кортежів $t \in L$, а також множину класів C , яка складається з міток класів $c_i \in C$, $i = 1, \dots, m$. Для кожного кортежу з навчального набору відомо, до якого класу він належить, тобто, кортежі мають структуру $\langle A, c \rangle$, де A – атрибут, що описує об'єкт, c – мітка класу. Крім того, задано тестовий набір даних T , для кортежів якого не відомо, до якого класу вони належать. Потрібно: 1) на основі навчального набору побудувати відображення $K : L \rightarrow C$ у формі знань, яке кожному кортежу t навчального набору L ставить у відповідність мітку c_i з множини класів C ; 2) кожному кортежу t тестового набору T , використовуючи відображення K , поставити у відповідність мітку c_i з множини класів C .

Метод класифікації на основі індукції дерев рішень.

Побудова класифікаційної моделі здійснюється у певній послідовності.

A. Вибірка даних.

На першому етапі здійснюється вибірка даних із бази даних, що становитимуть навчальний набір. При цьому особа, яка приймає рішення, чи експерт аналізує предмет дослідження та формує множину параметрів, які описують його і можуть впливати на остаточне рішення. У результаті

вибірки створюється відношення, котре називається *таблицею рішень*, зі структурою типу $R(A, D)$, де A – набір атрибутів-факторів, значення яких впливають на формування рішення, D – набір атрибутів рішення.

Як приклад розглянуто виявлення факторів, що впливають на результат стрільби, та прогнозування на основі цього результатів наступних змагань. Структура алгоритму рішень має такий вигляд (алгоритм 1.1):

Алгоритм 1.1

Фактори атрибуту рішень у стрільбі з лука

Код

Дата турніру

Погодні умови

Характеристики лука

Характеристики стріл

“Підігнаність” лука

Майданчик для стрільби

Наповненість трибун

Результат у “гладкій” стрільбі і по дистанціях

Результат в олімпійському колі

Результат у командній стрільбі

Учасники команди

Особистий тренер

Команди – суперники

Суддя технічної комісії

Результат змагань (місце).

Атрибут “Результат стрільби” є атрибутом рішення, а усі решта – характеристиками різних сторін підготовленості.

Б. Приготування даних.

На цьому етапі здійснюється поповнення даних з невизначеностями, опрацювання аномальних даних, дискретизація числових величин і виділення із загального набору параметрів підмножини сутєвих факторів.

Після вибірки даних частина кортежів таблиці рішень може містити невизначені або пропущені значення. Окрім того, деякі значення пев-

ного атрибута можуть різко відрізнятися від решти значень. Для коректного виконання алгоритму побудови дерева рішень усі невизначеності та аномалії потрібно або усунути з таблиці рішень, або довизначити і згладити їх на основі статистичного аналізу значень атрибута (Р. Вельган, Р. Віблій, О. Івахів, 1998).

Для зменшення кількості можливих значень числових атрибутів і побудови дерева рішень на загальнішому рівні агрегації даних здійснюється дискретизація числових величин. При цьому числовий домен атрибута розбивається на сукупність інтервалів, і кожне значення атрибута в таблиці рішень замінюється на відповідний інтервал.

Одним із критеріїв якості отриманих знань є їх цілковите розуміння тренером чи фахівцем, який приймає рішення. Тому важливо, щоби дерево рішень мало досить просту структуру. Одним із способів досягнення цього є виділення серед атрибутів-характеристик тих, що найбільше впливають на вихідне рішення. Цей крок здійснюється за допомогою методів факторного аналізу (U. M. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth, R. Uthurusamy, 1996).

В. Побудова дерева рішень і набору класифікаційних правил.

На цьому етаві виконується алгоритм ID3 побудови дерева рішень. Алгоритм виконується у такій послідовності:

- 1) створюється початковий вузол дерева;
- 2) якщо усі кортежі навчального набору належать до одного класу, то вузол визначається як листковий і йому присвоюється мітка класу;
3. інакше алгоритм використовує інформаційний приріст для визначення атрибута, на основі котрого доформовується дерево;
- 4) для кожного значення вибраного атрибута формується гілка дерева, а кортежі навчального набору, що залишилися, розділяються на відповідні підмножини;
- 5) алгоритм виконується рекурсивно для побудови піддерева на основі набору атрибутів, що залишилися (при цьому атрибути, які вже задіявалися під час побудови дерева не розглядаються);
- 6) алгоритм зупиняється при настанні однієї з таких умов:
 - ❖ усі кортежі навчального набору, що залишилися, належать до одного класу;
 - ❖ для побудови дерева рішень використані усі атрибути;
 - ❖ для побудови дерева використані усі кортежі навчального набору.

На основі побудованого дерева рішень формується набір класифікаційних правил типу “ЯКЩО <атрибут>=<значення>, ТО <результат змагань>=<значення>” (У.Р. Эшби, 2006).

З викладеного можемо зробити певні висновки:

1. Розробка й упровадження нових інформаційних технологій у навчально-тренувальний і змагальний процеси – найважливіші стратегічні завдання, спрямовані на вдосконалення системи спортивної підготовки. Перспективними є проекти з розробки спеціального програмного забезпечення, призначеного для автоматизованого збору, зберігання й аналізу даних комплексного контролю з можливістю керування тренувальним процесом спортсменів; з розробки систем автоматизованого моделювання, проектування і прогнозування стану організму спортсменів, визначення відповідності розробленої моделі у серіях обчислювальних експериментів для розв’язання завдань керування тренувальним процесом на різних етапах багаторічної підготовки й у системі річного тренувального циклу.

2. Використовуючи шеннонівське правило негентропії, теоретично обґрунтовано, що інформаційна система забезпечення спортивної діяльності здатна змінювати погляд тренера чи спортсмена на проблему створення моделі інтегральної підготовленості. Робота такої системи спрямована на підтримку прийняття найбільш об’єктивних рішень в умовах невизначеності тренувальної і змагальної практики.

3. Метод видобування знань на основі класифікації даних дозволяє тренерові або спортсменові визначати вплив різноманітних чинників на результат змагань і приймати рішення щодо формування складу команди та вибір тактики майбутніх змагань.

1.5. Характеристика технічної підготовленості лучників

Технічна підготовленість стрільців має важливе значення у формуванні їх інтегральної підготовленості, а також спортивного результату загалом. Вона визначається ефективністю, стабільністю, варіативністю, індивідуальністю, економічністю. Разом із цим, поняття спортивної техніки має безліч аспектів – педагогічний, естетичний, психологічний, фізіологічний, біомеханічний тощо. Історично термін “техніка” похо-

дить від грецького слова “тэхнэ”, яке перекладається як “мистецтво” або “майстерність” і яке означає сукупність навичок і прийомів у будь-якому виді діяльності.

Найповніше визначення спортивної техніки, на нашу думку, подано у ґрунтовних наукових дослідженнях В.В. Гамалія (2004, 2007) й А.М. Лапутіна та В.І. Бобровника (1999). Ми схилиємося до думки, що спортивна техніка – це спосіб організації внутрішніх і зовнішніх сил відносно тіла спортсмена у функціональну систему на основі генеральної мети, що регламентується руховими спроможностями спортсмена, біомеханічними критеріями оптимізації рухів, ситуаційною доцільністю, а також правилами змагань і представлений системою рухів, що відповідають особливостям виду спорту.

Отже, спортивні рухи є функціональною системою низького порядку. Предметом удосконалення є сили як внутрішні для людини, так і зовнішні та їх структурні зв'язки, завдяки котрим окремі суглобові рухи утворюють систему рухів з притаманними їй системними властивостями й особливостями функціонування. Функціональна дієздатність такої системи спрямована, насамперед, на досягнення головної мети – поліпшення спортивного результату. Індивідуальні рухові спроможності спортсмена залежно від ступеня їх розвитку і використання у тому чи іншому руховому акті багато в чому визначають потенційний рівень функціонування системи, а отже, і кінцевий результат дії. Ситуація, в якій відбувається реалізація рухової дії, та правила змагань впливають на формування зв'язків у самій системі й обмежують оптимальні, з точки зору біомеханіки, механізми їхньої організації.

У практиці тренування слід ураховувати всю складність цього процесу і будувати його на основі системної єдності мети з педагогічними, психологічними, фізіологічними і біомеханічними компонентами спортивної техніки.

Спортивна техніка як предмет навчання й удосконалення є наріжним каменем тренувального процесу, основу якого становлять педагогічні дії, що формують як мотивацію до дії, так і саму дію (Л.П. Матвеев, 1999, А.А. Тер-Ованесян, И.А. Тер-Ованесян, 1992). Фізіологічний феномен скорочення і розслаблення м'язів зумовлений діяльністю ЦНС як координаційної субстанції, діяльність якої своєю чергою, зумовлена психічними процесами (Н.А. Бернштейн, 1991). Кінцевий результат скорочення м'язів – механічний рух, тобто переміщення тіла людини

або його біоланок у просторі і часі, який вимірюється біомеханічними характеристиками. Якщо результат руху співпадає з поставленою метою – зміст тренувального процесу зорієнтовано на його удосконалення, якщо не співпадає – вносяться відповідні корективи. Але у кожному разі продовження тренувального процесу, спрямованого на вдосконалення техніки, починається з педагогічних дій.

Від правильності образу (моделі) майбутньої дії, зокрема, розуміння принципу побудови механізму її реалізації (техніки вправи) залежатиме спортивний результат змагальної вправи (С. С. Добровольский, 1996).

Стрільба з лука належить до тих видів спорту, що характеризуються відносно стабільною кінематичною структурою. Але зростання технічної майстерності стрільців з лука зумовлюється вдосконаленням динамічної структури рухової дії, варіативності, потужності й узгодженості силових дій, частина яких бере участь у досягненні рухового завдання (збереження форми), а частина – виконує функцію забезпечення надійності, тобто нейтралізує збиваючі чинники різного походження. Якщо цей “запас міцності” відсутній або недостатній, навіть незначні перешкоди можуть порушити необхідну просторову форму руху. Отже, зовнішня форма рухових дій стрільців разом із особливостями передачі руху від ланки до ланки є віддзеркаленням дій сил, що виникають у процесі виконання змагальної вправи. Нестабільність значень функції “сила – прискорення” пов’язана як з мінливістю властивостей елементів багатоланкової системи, так і з наявністю феномена неоднозначності умов передавання енергії. Тому думка про те, що однакова кінематика може бути за різної динаміки і навпаки, є щонайменше некоректною (В. В. Гамалій, 2004). За різної динаміки може бути досягнута схожа просторова форма руху – положення тіла і його окремих частин у різні моменти часу, траєкторії, шлях і переміщення окремих точок тіла, проте характер переміщення за траєкторіями (швидкість, прискорення) відтворити в ідентичному повторі, як підтверджує практика, практично неможливо.

Просторова форма руху, що найлегше сприймається візуально, часто є критерієм опанування техніки рухової дії спортсменом, що є вкрай помилковим. Створивши бажану просторову форму рухової дії, тренер іноді переносить акцент тренувальних дій на розв’язання інших завдань тренувального процесу, вважаючи, що техніку цієї дії вже опановано, про це може побічно свідчити навіть збільшення спортивного результа-

ту. Але показаний спортсменом результат як критерій якості спортивної підготовки може поліпшуватися не тільки за рахунок підвищення технічної майстерності, але і за рахунок поліпшення показників інших сторін підготовленості, зокрема, функціонально-морфологічної готовності організму. На перший погляд такий стан може задовольняти і тренера, і спортсмена, проте цей підхід є безперспективним, оскільки зростання функціональних можливостей не безмежне і вимагає невиправдано великих витрат енергії і часу. Коефіцієнт корисної дії такої механічної системи дуже малий, і значна частина рухового потенціалу спортсмена залишається не використаною.

Існує й інший, хоча не антагоністичний, підхід до визначення ефективності й удосконалення спортивної техніки. При цьому показники спортивної техніки співвідносяться з рівнем спортивної результативності. Введення спортивного результату у структуру спортивно-рухової діяльності дозволяє з неврегульованої сукупності різнорідних процесів побудувати ієрархічно впорядковану, структуровану систему, що функціонує за коловим принципом. При цьому результат технічних дій об'єктивно є прямим результатом цілеспрямованого переміщення тіла спортсмена і/або його ланок у часі і просторі. Необхідне переміщення відбувається за допомогою впорядкованого скорочення і розслаблення різних м'язових груп, котрі координуються ЦНС. І, як уже зазначалося, для досягнення поставленої мети тренер застосовує різноманітні необхідні педагогічні прийоми. На основі цього модель технічних дій може бути представлена у вигляді трисекційної "чорної скриньки", що відображає, відповідно, біомеханічний, фізіологічний і психологічний аспекти, де входом є психічні параметри спортсмена, а виходом – біомеханічні характеристики його рухів, що об'єктивно відображають процес досягнення конкретного результату технічних дій.

Досягнутий результат порівнюється з поставленою метою (або з цільовою моделлю), зусилля тренера і спортсмена спрямовуються на те, щоби розбіжність ставала меншою і, зрештою, досягнутий результат співпав із поставленою метою (що на практиці трапляється не часто).

З викладеного випливає, що процес формування й удосконалення спортивної техніки і становлення технічних дій має циклічний спіралеподібний характер. Він починаючись на всіх етапах і стадіях з педагогічних дій (іноді з корекцією цільової моделі), завершується біомеханічним процесом, що зумовлює конкретний результат.

Якщо біомеханічні характеристики рухів і особливо параметри конкретних спортивно-технічних результатів варіюють у надто широкому діапазоні, то це означає, що процес формування техніки не закінчено. Звуження і стабілізація діапазону варіативності з переходом більшості параметрів самоконтролю на підсвідомий автоматизований рівень свідчать про те, що техніку виконання цієї справи сформовано.

Таким чином, будь-який спортивно-технічний результат є наслідком реалізації спортсменом тієї або іншої техніки на основі виконання певних технічних дій, що об'єктивно проявляються в характерних рухах, або, іншими словами, в упорядкованому переміщенні тіла спортсмена і/або його ланок у часі і просторі за взаємодії з предметами навколишнього середовища і спортивним зняряддям (С.С. Ермаков, 2001)

З кібернетики відомо, що для ефективного керування частину вихідної інформації слід подавати на вхід керованої або самокерованої системи. Оскільки вихідними параметрами спортивно-технічних дій є біомеханічні характеристики, їх необхідно зареєструвати, виміряти, проаналізувати і подати результати на вхід підсистеми керівника системи "тренер – спортсмен" для вироблення відповідних дій (А.А. Колесников, 2000).

Теоретичний підхід до оцінювання техніки стрільби дав можливість побудувати методіку навчання на об'єктивній науковій основі, дозволив рекомендувати оптимальні варіанти виконання елементів техніки та пізнати об'єктивні умови влучання стріли у мішень.

Оцінювання якості спортивної техніки стрільців невід'ємне від поняття точності. Зокрема велике зацікавлення у дослідників викликає вивчення впливу різних чинників на точність рухів (утома, перерва у заняттях, трудова і спортивна спеціалізація, температурний режим, рівень розвитку фізичних якостей) (І.М. Блащак, 1991, А.С. Ровний, 2001). Думки різних авторів щодо багатьох важливих питань у цьому напрямку є певною мірою суперечливими. Так, у роботах О.М. Калініченка (1986, 1991) й А.В. Івойлова (1986) встановлено, що точність м'язових зусиль зростає з підвищенням спортивної майстерності, а в дослідженні В.П. Лук'яненка (1991) не виявлено істотної різниці м'язової чутливості у спортсменів та осіб, які не займаються спортом. Протилежні думки трапляються у дослідженнях, метою яких було вивчення впливу рівня розвитку сили, фізичного розвитку і рухової підготовленості на точність аналізу рухів. Більшість причин подібних

розбіжностей полягає певною мірою, у використанні різних моделей рухів, а також різноманітних методів оцінювання й обробки результатів досліджень. У доступній літературі виявлено різні підходи до визначення поняття точності рухів спортсмена. Враховуючи викладене, а також те, що стрільба з лука як вид спорту безпосередньо пов'язана з поняттям точності у різних її виявах, актуальним є акцентування уваги на дослідженні саме цієї проблеми.

Поняття “точність” може мати кілька трактувань. Проте більшість з них можна звести до двох варіантів. А саме “точність” як вид координатійних здібностей і “точність” як ступінь близькості до відповідного рухового завдання (С.В. Голомазов, 2003). Формування єдиної думки щодо зазначених питань істотно полегшило б аналіз і систематизацію результатів окремих досліджень. Проте проаналізувавши глибше, можна зрозуміти тісний взаємозв'язок між координованістю людини і точністю виконання конкретної вправи. Звернімо увагу ще на одну важливу обставину загального порядку. В основі методів фіксації показників точності є вимірювання, відтворення і диференціювання просторових, часових і силових параметрів рухів. У багатьох роботах маємо узагальнене позначення цих пропріоцептивних функцій. Особливо часто змішуються поняття про функції диференціювання і відтворення. Виділення просторових, часових і динамічних характеристик рухових дій може бути тільки умовним і застосовуватися для полегшення аналізу та викладу результатів дослідження.

Однак, навіть у таких випадках, сумнівно чи виправданим є розгляд їх у якісно єдиному ряді явищ хоча б тому, що ми маємо справу, з одного боку, із проявом фізичної якості – зусиллям, а з іншого – з результатом інтерпретації в конкретному русі категорій простору і часу, здійсненого за допомогою прояву цього зусилля. Таким чином, є підстави розглядати силову характеристику як провідну, а просторову і часову – як похідні від неї. Справедливість такої думки підтверджується таким. Єдиним посередником між командами нервової системи і досягненням результату руху (у тому числі певної точності рухів у просторі й у часі) є м'язи і зусилля, що ними розвиваються (А.С. Ровний, 2002). Отже, власне просторові і часові характеристики руху, що є похідними від зусилля і перебувають у безпосередній залежності від досконалості керування м'язовою активністю, характеризують точність докладання зусилля. Наведене означає, що точність просторових і часових параметрів може

розглядатися лише як окремі показники керованості м'язовим скороченням, що є в основі досягнення цієї точності. Стрільба з лука належить до складнокоординаційних видів спорту. А кожен складнокоординаційний рух – це система, тобто таке утворення, у якому зв'язки між окремими компонентами системи мають перевагу над внутрішніми рухами цих компонентів і над зовнішніми впливами на них. З цього випливає, що закономірності, виявлені під час вивчення елементів системи у відриві один від одного, можуть не мати нічого спільного з тими, котрі в дійсності спостерігаються за функціонування цілісної системи. Саме з проявом цієї закономірності ми стикаємося у стрільбі з лука. Точність у стрільбі з лука – це вияв таких нових якостей, котрі виникають під час взаємодії елементарних точнісних компонентів, і тому закономірності їх прояву в складному русі можуть не мати нічого спільного з тими, котрі спостерігаються під час аналізу окремих точнісних компонентів цього руху. В такому випадку підтверджується відома істина про те, що, будуючи алгоритм аналізу рухів лучника від цілого до деталей, можна виявити необхідність їх і достатність, зумовлена відношенням кожної з них до цілого і одна до одної.

1.6. Особливості моделювання технічної підготовленості висококваліфікованих лучників

Історичні передумови розвитку стрілецької зброї, способи її використання суттєво вплинули на кількість наукових праць щодо моделювання цієї галузі людської діяльності (В.Т. Пятков, 2002, В. Фап, В. Содел, 1986, Engh Douglas, 2005). Оскільки лук, стріли, арбалет з'явилися швидше, то цілком зрозумілим є той факт, що досліджень конструкцій і процесів у стрільбі з лука налічується більше (А.Ш. Балов, 1975, І.П. Заневський, 1998, 2000).

За літературними джерелами, ще у середні віки визначні вчені свого часу намагалися описати лук, як пружне тіло з використанням певного математичного апарату. Відомі світила – італієць Леонардо да Вінчі та англієць Роджер Ашем долучилися до опису механіки лука. Оскільки пізніше стрільба з лука втратила військове значення, не набувши рівноцінного іншого, то і науковий інтерес до неї згас. Зі стрімким розвитком стрільби з лука як виду спорту у XX ст. з'явилися нові підходи до опису

механіки лука. Основою досліджень, у яких використовувався чіткий математичний апарат, можна вважати роботи іноземних механіків і математиків початку та середини ХХ ст. Такими авторами були П.Е. Клопстег (1943), У.К. Марлоу (1981), Б.Г. Шустер (1969), Т.К. Сунг (1986), К. Сея (1963), Б.Г. Функ (1968). До когорти вітчизняних науковців і спеціалістів з країн СНД, дослідницькі роботи яких торкаються питань моделювання, слід зарахувати таких: А.Ш. Балова (1975), Т.В. Байдиченко (1989), О.Д. Бударіна (1986), В.П. Горобця (1983), І.П. Заневського (2010), О.М. Калініченка (2011), В.А. Коробіцина (1985), Г.А. Мелію (1982), Г. Петросяна (1977, 1978), В. Резнікова (1978), Б.І. Струка (1978), Т.І. Терунашвілі (1982), Г.Г. Цулая (1982) та інших.

На сучасному етапі найгрунтовнішими роботами з моделювання складних механічних систем дедуктивного характеру з використанням методів аналітичної механіки є дослідження І.П. Заневського (1996). Він розробив механіко-математичні моделі пострілу з лука, які автор розуміє як сукупність рівнянь, умов та обмежень, що описують механічні процеси, котрі відбуваються в системі “стрілець – лук”. Нині розвивається також індуктивний підхід до опису процесів у стрільбі з лука, який ґрунтується на аналізі складних акселерометричних коливальних сигналів під час та після виконання пострілу з лука.

Скористаємося підходом до аналізу використання моделювання в спортивній стрільбі з лука, який запропонував І.П. Заневський (1998). Подамо за хронологією та природою об’єктів моделювання внесок науковців, які розробляли моделі структури та процесів, що спостерігаються у стрільбі з лука. Оскільки лук і стріли мають складну конструкцію, то цілком зрозумілий інтерес до цієї зброї з боку спеціалістів-практиків і теоретиків. Так, у роботі П.Е. Клопстега (1943) розглянуто декілька різних проблем механіки спортивного і мисливського луків. Ще в середині 30-их років ХХ ст. він зробив класифікацію луків, за основу котрої прийнято форму повздожньої осі плечей у недеформованому стані. В одному зі спеціалізованих наукових фізичних журналів цей автор описав прямолінійні плечі, плечі з внутрішньою та зовнішньою кривизною, а також плечі із загнутими кінцями; провів порівняльний аналіз форм поперечного перетину плечей – закрутленого, прямокутного і трапецієподібного; довів, що найефективнішою з точки зору міцності та питомого запасу енергії є прямокутна форма; отримав залежності швидкості стріли від сили лука, маси стріли та тятиви; ввів поняття вір-

туальної (приєднаної) маси тятиви, що акумулює разом із масою стріли частину маси тятиви; за допомогою швидкісного кінознімання зафіксував явище повздовжнього динамічного згину стріли під час виходу її з лука, назване парадоксом лучника; причинами, що викликають його, визначив осьову повздовжню силу, несиметричність лука та боковий імпульс, що передається від пальців лучника через тятиву до хвостовика стріли; показав, що стріла повинна здійснити один цикл згинних коливань за час виходу з лука для того, щоби не зачепити руківку лука. В основному ця робота має описовий характер, аналітичні залежності обмежені елементарними математичними виразами. Однак у постановці завдань механіки лука ця робота до певної міри важлива (І.П. Заневський, 1999, 2008, 2010).

Інший американський математик У.К. Марлоу (1981) розробив дискретну нелінійну модель довгого (англійського) лука, яка враховує пружні властивості тятиви. Він записав відповідні рівняння Лагранжа другого роду та числовим методом отримав залежності для переміщення, швидкості та прискорення стріли, енергетичні співвідношення. Показав, що врахування пружних властивостей тятиви дозволяє пояснити суттєві розбіжності розрахункових даних з експериментальними. Встановив, що вихід стріли з гнізда тятиви відбувається, коли тятива і плечі ще зберігають суттєву частину кінетичної енергії, котра вже не може бути передана стрілі. Він оцінив вплив опору повітря, що становить тільки 2% загальної енергії лука та визначив власні частоти систем “лук – стріла” і “плечі – тятива” після виходу стріли.

Робота У.К. Марлоу (1981) є визначальною тим, що авторові вдалося показати близьке співпадіння отриманих розрахункових результатів з експериментальними даними. Разом з тим моделювання гнучких елементів (плечей) недеформівними стержнями не обґрунтовано числовими результатами.

Б.Г. Шустер (1969) запропонував динамічну модель лука, що враховує прилягання тятиви до зігнутих кінців плечей. У його дослідженнях вказується, що при аналізі енергетичних характеристик пострілу з лука до маси стріли слід додавати (приєднувати) одну третину маси тятиви; з використанням методу Лагранжа складено рівняння руху, в результаті розв’язання яких отримано кількісні залежності; розглянуто два етапи руху стріли – разом з тятивою (внутрішня балістика) і вільний політ (зовнішня балістика).

Роботи Т.К. Сунга (1986) стосуються оптимізації розмірів і форми плечей спортивного лука за критерієм максимальної швидкості вильоту стріли. Науковець за вихідні параметри для цього завдання приймає максимальну силу м'язів лучника і величину сили пружності лука за натягнутої тятиви. Плече лука змодельовано плоским криволінійним стрижнем, а тятива – пружною ниткою. На основі використання методів Ньютона – Рафсона та Рунге – Кутта складено процедуру знаходження оптимальних значень початкової кривизни плечей, розподілу їх жорсткості у повздожньому напрямку та розмірів руківки; проведено розв'язання задачі пошуку максимального рівня накопиченої в плечах і в тятиві потенціальної енергії. Аналізуючи роботу Т.К. Сунга, І.П. Заневський (1993) відзначає те, що принциповим недоліком цієї моделі є припущення про невагомість лука, тобто нехтування у розрахунках силами інерції.

Результати експериментальних досліджень статичної стійкості стріли під дією осьової сили проаналізовано в роботі К. Сея (1963), де вказано, що для стріл середньої довжини втрата стійкості настає за величини сили у 2,5 рази нижчої за силу відповідного лука. У роботі Б.Г. Функа (1968) наводяться експериментальні результати динамометрії лука в статичному положенні і показано, що у підв'язаній тятиві сила натягу більша, ніж у розтягнутому стані лука.

Використання підходів, характерних для теорії артилерійської стрільби, до стрільби з лука дало можливість А.Ш. Балову (1975) викласти основи балістики стріли. В роботі стріла моделюється абсолютно жорстким стрижнем, у рівняннях руху враховано опір повітря, однак у дослідженнях внутрішньої балістики не враховано інерційні властивості плечей і тятиви лука (І.П. Заневський, 1993).

Значний обсяг експериментальних досліджень із серійним луком був виконаний грузинськими вченими Г.Г. Цулая і Г.А. Мелія (1982). Результатом наукових пошуків є отримання характеристик жорсткості плечей, проведення порівнянь переміщень верхнього і нижнього плечей, визначення несиметричності статичних навантажень у луці і резонансних частот плечей окремо та лука у цілому на вібраційному стенді, проведено реєстрацію прискорення лука під час пострілу, визначення часу спільного руху стріли з тятивою.

В.А. Коробіцин (1985) заклав основи конструювання багатошарових плечей розбірного лука і запропонував рекомендації щодо форми

та напрямку армованих шарів, складу епоксидних композицій, особливостей технології склеювання. Інші дослідники Г. Петросян, В. Резников, В. Мироненко (1978) вивчали жорсткість руківок спортивних луків, скручування руківки відносно повздовжньої осі разом зі згином, крутильні деформації тощо. На базі лісотехнічного університету в Санкт-Петербурзі проводилися експериментальні дослідження частот власних коливань плеча, були проведені статичні випробування плечей, визначені фізико-механічні властивості зразків склопластиків, ровінгових ниток і шарових композицій плечей. Визначалися щільність, модуль пружності, логарифмічний декремент згасання і напруження у напрямку найбільшої жорсткості матеріалу, межі міцності при згині і зсуві. Для пошуку дефектів склеювання плечей був розроблений і впроваджений метод тіньової дефектоскопії. Тобто в цьому випадку побудова моделей фізичних властивостей пружних елементів лука мала лише прагматичний виробничий напрямок. На думку І.П. Заневського (1990, 1996), принциповим недоліком цієї роботи була некоректна розрахункова схема плеча, побудована на лінійній теорії згину призматичних стрижнів.

Т.В. Байдиченко (1989) досліджувала механічні властивості спортивних луків і стріл, що впливають на налаштування зброї, а також вивчала фактори, що зумовлюють точність стрільби. Вона провела дослідження механічних властивостей луків і стріл, що визначають початкову швидкість стріли. Технічна підготовленість лучників оцінювалася за допомогою систематичної і випадкової похибок результатів серії стрільб. З використанням відстріповального пристрою була досліджена купчастість стрільби без участі спортсмена.

За спеціальною методикою проводилося оцінювання впливу якості зброї на точність стрільби у спортсменів різного класу і кваліфікації. Встановлено, що наявні згинальні коливання стріли, деформації плечей лука є нелінійними. Купність бою луків по вертикалі не залежить від довжини дистанції, але може бути суттєво збільшена з допомогою амортизаторів. Вони зменшують величину розсіювання стріл, що випущені з лука фабрики “Динамо”, але практично не впливають на результати пострілу з лука фірми “Хойт”. Вплив якості зброї на точність стрільби спортсменів змінюється в межах 5–90%, і ця величина залежить від дистанції стрільби та кваліфікації і статі спортсмена. Емпірично визначені фактори, що найбільш ймовірно пов’язані з помилками у стрільбі.

Окрім теоретичних і практичних робіт, які стосуються опису конструкцій лука, стріл, їх поведінки в динамічному та статичному режимах, зауважуємо роботи з проблем моделювання техніки змагальної вправи. Так, Г. Петросян (1978) сформулював дві умови правильного пострілу, а саме: 1) під час прицілювання необхідно забезпечити наведення площини пострілу у ціль за постійного натягу тятиви і створити необхідний кут нахилу стріли до горизонту; 2) сукупність дій стрільця під час випуску тятиви не повинна порушувати вихідного положення прицілювання впродовж певного часу, достатнього для повного відділення стріли від тятиви. З іншого боку, цей же автор визнає недосконалість теоретичного підґрунтя моделі спортивної техніки. Він також відзначив, що тонкощі техніки стрільби не мають достатнього обґрунтування, трактуються по-різному, з протилежних позицій.

Питання техніки виконання пострілу та біомеханіки стрільби з лука також досліджували А. Богданов (1971), С.Д. Волжанін (1991, 1993), Р. Воронков (1980), Г. Гордієнко (1980), М.А. Джафаров (1983, 1989, 1990), М.К. Хускївадзе (1983), М.О. Калініченко (1986), О.М. Калініченко (1992, 1993, 1995, 2011), В.В. Сидорук (1980, 2006).

Аналіз і систематизацію відомостей із літературних джерел з питань біомеханіки стрільби з лука провів М.А. Джафаров (1991). Він назвав першочергові завдання досліджень у цій галузі – визначення біомеханічних (кінематичних і динамічних) характеристик тіла лучника; дослідження біомеханічного апарату (біокінематичних ланцюгів, важелів, кісток і механізмів з'єднання, біодинаміки м'язів, м'язової синергії, роботи, потужності функціональних груп м'язів); аналіз біодинаміки рухових дій (геометрії мас тіла, центрів мас, складних рухів у біокінематичних ланцюгах, сил м'язів, що зумовлюють позу і рухи стрільця у взаємодії з силами пружної деформації, маси тіла, реакції опори, тертя); вивчення біомеханіки дихальних рухів; дослідження біомеханіки збереження положення тіла і зміни пози (рівновага, стійкість); визначення індивідуальних і групових (вік, стать) біомеханічних особливостей стрільців.

У низці праць вітчизняних і зарубіжних авторів порушено проблеми побудови математичних моделей “внутрішніх” процесів виконання пострілу з лука на основі дослідження електроміографічних та біомеханічних параметрів роботи м'язів (M.D. Landers, M. Han, W. Salazar, 1994). У їхніх працях, як правило, аналізуються осцилограми нервових

імпульсів, що іннервують м'язи, котрі беруть найбільшу участь у процесі виконання пострілу. Досліджено, одну з найбільш відповідальних і складних фаз – випуск тятиви і випуск стріли. У праці грузинських учених Т.І. Терунашвілі, Г.А. Мелія та А.М. Панцхава (1982) висловлено думку про швидке розвантаження м'язів, яке характерне для пострілу з лука. У моделі задіяно математичний апарат для аналізу складних механічних систем, а також елементи сучасної теорії в'язко-пружного середовища й відповідно описано рухи центрів інерції стрільця і особливості м'язової активності під час пострілу.

У праці Б.І. Струка (1978) розглянуто проблеми спеціальної силової підготовки лучників. На основі об'єктивних методів дослідження з використанням кореляційного і факторного аналізу він виявив найбільш значущі показники, що впливають на спортивний результат. Це – керування м'язовими зусиллями, максимальною силою, силовою витривалістю і співвідношенням сили лука до максимальної сили спортсмена. Встановлено пріоритетність цих показників, їх порівняльну значущість для стрільців різної спортивної кваліфікації і стажу. Автор розробив ефективні тренувальні пристрої для розвитку силових якостей лучників. Обґрунтовано методи математичного прогнозування силової готовності спортсмена до змагань. Установлено, що цілеспрямований розвиток спеціальної сили м'язів, силової витривалості і керування силою дає можливість суттєво підвищити результат спортсменів високої спортивної кваліфікації і зменшити термін навчання.

Проте, як вже зазначалося, найвагоміший внесок у побудову повноцінних математичних моделей складних біомеханічних систем у стрільбі з лука зробив І.П. Заневський (1993–2012). На його думку, в структурі моделі тіла стрільця повинні бути враховані положення голови, верхнього і нижнього відділів тулуба, кистей, передпліч, плечей, лопаток, ключиць, стегон, гомілок і стоп. Модель тіла стрільця він розглядає як 19-ланковий розгалужений просторовий кінематичний ланцюг, що складається з абсолютно твердих елементів (ланок тіла), сполучених сферичними голономними шарнірами (суглобами). Міжланкові сили діють по лініях, що проходять через центри шарнірів, а рухи здійснюються за рахунок керованих (суглобних) моментів. Автор визначив два види збереження рівноваги стрільця з лука – без зовнішніх збуджувальних факторів (прицілювання) і при наявності зовнішнього збуджувального фактора (випуск тятиви). Розроблено алгоритм і подано

вирішення завдання силового аналізу статичної і динамічної змагальної справи лучників. Отримано залежності для суглобних сил і керувальних моментів, координат точок прикладення, величин і напрямків опорних реакцій. З використанням кутів Ейлера розроблено математичну модель для розрахунку кінематичних характеристик рухів ланок тіла стрільця у формі 15 алгебраїчних рівнянь для кожної ланки. Змодельовано процес випуску тятиви. У результаті зіставлення закономірностей м'язової діяльності людини з часовими характеристиками пострілу з лука обґрунтовано припущення про незмінність величин суглобних моментів моделі тіла стрільця на відрізку часу спільного руху стріли з тятивою, отримано залежності для прискорень ланок, суглобних сил і опорних реакцій. Методику аналізу системи "стрілець-лук" побудовано з використанням методів механіко-математичного моделювання, зокрема, теорії коливань та удару, теорії гнучких стрижнів, числових методів аналізу і комп'ютерного експерименту. Система "стрілець-лук" описано моделлю рухів у вертикальній площині і моделлю малих рухів відносно цієї площини. У завданні статичної (прицілювання) математична модель системи подається у формі системи звичайних нелінійних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами. У завданні динаміки (випуск тятиви) – у формі системи інтегро-диференціальних рівнянь із частковими похідними (за поздовжньою координатою і по часу) за граничних і початкових умов. Для розв'язання рівнянь використовується метод кінцевих різниць і метод простих ітерацій для системи алгебраїчних рівнянь.

Результати аналітичного дослідження пострілу з лука подано у графічному вигляді, що дозволяє вважати розроблену механіко-математичну модель парадоксу лучника прийнятною, такою, що відображає основні властивості досліджень системи "стріла-лук-спортсмен". Реалізація числового методу дослідження математичної моделі на апаратно-програмному комплексі дає практичну можливість отримання траєкторій руху стріли і лука у початковій фазі пострілу (внутрішня балістика).

Поперечні рухи стріли, крім відомих згинних деформацій, включають також її переміщення як твердого тіла разом із гніздом тятиви і плунжером. Згинні коливання накладаються на монотонно зростаючі відхилення і згин стріли. Фаза спільного руху стріли з луком характеризується подвійними бігармонійними коливаннями, фаза вільного польоту (зовнішня балістика) бігармонійними коливаннями. Причиною

поперечних рухів руківки лука є, очевидно, передусім парадокс лучника, а не асиметричність лука, як вважалося до цього часу.

Розроблена модель дозволяє врахувати особливості техніки випуску тятиви і знаходити оптимальні для конкретного спортсмена і зброї положення плунжера. Відповідна розрахункова методика враховує силу лука, жорсткісні та мас-інерційні характеристики стріли, форму її осі, початкове положення плунжера, його жорсткість і масу. Техніка випуску тятиви врахована боковим імпульсом сили, що передається гнізду тятиви при сковзуванні її з пальців правої руки стрільця.

Розрахунок плеча на гнучкість і міцність проведено з використанням наближеного енергетичного методу, що дозволяє отримати розв'язки завдання у замкненому аналітичному вигляді. Прийняті гіпотетичні форми зміни кута повороту поперечного перетину плеча призводять до похибок за переміщенням і силами у межах одного відсотка. За рахунок деякого ускладнення обчислювальних процедур із залученням числового методу і апроксимацією функцій кутів поліномами можна розв'язати завдання з будь-якою наперед заданою точністю. Виведені рекурентні залежності дають можливість отримати цілком задовільні за точністю результати при порівняно невеликому обсязі обчислень. Реалізація цього алгоритму у програмі для ПК демонструє практичну доцільність використання числових методів для аналізу роботи плеча спортивного лука (В.Ф. Турчин, 2000).

Механіко-математична модель вільних коливань стріли (зовнішня балістика) досліджена методом Релея. У результаті обчислювального експерименту на ПК за спеціально розробленою програмою отримано залежності для частоти основного тону згинних коливань стріли.

Для вирішення завдання оптимізації параметрів спортивного лука використано механіко-математичну модель, що враховує інерційні і жорсткісні властивості плечей і тятиви.

Отже, підсумовуючи викладене у цьому розділі можна констатувати, що окремі дослідження складних біомеханічних систем у лучному спорті мають фрагментарний характер. Основна частина робіт, які стосуються техніки стрільби, є методичними, в них майже повністю відсутні кількісні характеристики, не використовуються аналітичні методи дослідження. Практичні рекомендації, методики, засоби вдосконалення спортивної майстерності стрільців розробляються, на основі інтуїтив-

них уявлень спортсменів і тренерів, без достатнього наукового обґрунтування. Часто вони протирічають одна одній.

Теоретичні моделі в дослідженнях використовують украй рідко і, в більшості наукових праць, обмежені елементарними статистичними методами.

Водночас існують обґрунтовані і теоретично коректні механіко-математичні моделі лука, стріли, плечей, кінематичних ланок стрільця та процесів внутрішньої і зовнішньої балістики, налаштування лука у вертикальній та горизонтальній площинах. Проте виникають значні труднощі з упровадженням запропонованих моделей у практику стрільби з лука з огляду на їх складність. З іншого боку не вказуються дидактичні моменти застосування механіко-математичних моделей.

За результатами аналізу спеціальної літератури з проблем моделювання складних біомеханічних систем у стрільбі з лука вважаємо за доцільне проведення подальших досліджень у напрямку створення системної моделі процесу підготовки стрільців з лука; моделі спортивної результативності (змагальної діяльності), біомеханічних моделей спортивної техніки; моделей різних сторін підготовленості, поєднання результатів акселерометричних, тензометричних і відеографічних досліджень з педагогічним оцінюванням техніки виконання пострілу.

1.7. Технічні засоби контролю спеціальної підготовленості стрільців із лука

Вимірювальна система – чи не основна інформаційна ланка в контурі керування об'єктом дослідження, що здійснює збирання, опрацювання та передавання інформації про об'єкт керування. Проведення заходів щодо надійності функціонування об'єкта, відсутність повних апріорних відомостей про зовнішні впливові чинники, необхідність якомога повнішої ефективності здійснюваних досліджень зумовлює потребу дедалі більшої гнучкості в роботі системи. Необхідність опрацювання значної частини інформації вимірювання безпосередньо місць тренувань і змагань спортсменів накладає на систему низку обмежень, пов'язаних із жорстким лімітом енергетичних ресурсів, обсягів запам'ятовувальних та реєструвальних засобів, потужностей обчислювальних алгоритмів, маси

та габаритів використовуваної апаратури (Т.Д. Полякова, А.С. Скуратович, 2006, М.П. Шестакова, Г.И. Попова, 2002).

Перелічені чинники зумовлюють потребу підвищення автономності системи інформаційного забезпечення, висувають принципово нові вимоги щодо організації оперативного, раціонального та цілеспрямованого збирання, опрацювання та обміну значних і безперервно збільшувальних масивів інформації, оперативного оцінювання стану організму спортсмена, його спеціальної підготовленості тощо. Ці тенденції забезпечуються вимірювально-обчислювальними комплексами, оснащеними однією або кількома спеціалізованими чи універсальними машинами, що можуть контактувати з віддаленими абонентами вимірювально-обчислювальної мережі (Р. Вельган, Р. Віблій, О. Івахів, 1998, Л.В. Загоруйко, Л.І. Тимченко, 1999).

Ускладнення обслуговуваних об'єктів, а отже й поставлених перед багатоканальними системами завдань, підвищення вимог до ефективності їх функціонування водночас ускладнює і проектування систем, а іноді й унеможливує застосування аналітичних методів. Одним із основних етапів проектування є системно-технічний, на якому здійснюється вибір структури системи, визначення набору підсистем, їхніх параметрів і способів взаємодії, при цьому визначається і структура процесів, що відбуваються у системі, та їхні кількісні характеристики (Н.К. Lipson, Е.К. Antonsson, J.R. Koza, 2003).

Деяко інше значення має поняття технічних засобів. Технічні засоби у спорті – це пристрої, системи, комплекси й апаратура, що застосовуються для тренувального впливу на різні органи і системи організму, для навчання й удосконалювання рухових навичок, а також для одержання інформації у процесі навчально-тренувальних занять з метою підвищення їх ефективності (А.Н. Лапутин, В.Л. Уткин, 1990).

На сьогодні маємо низку класифікацій технічних засобів у спорті: за призначенням, структурою, принципом дії, формою навчання і контролю, логікою роботи тощо. На рис. 1.13 показана класифікація технічних засобів за призначенням, на рис. 1.14 – за структурою.

За принципом дії технічні засоби поділяються на світлотехнічні, звукотехнічні, електромеханічні, цифрові моделюючі, кібернетичні та інші.

За формою навчання і контролю їх можна поділити на засоби індивідуального, групового і потокового використання.

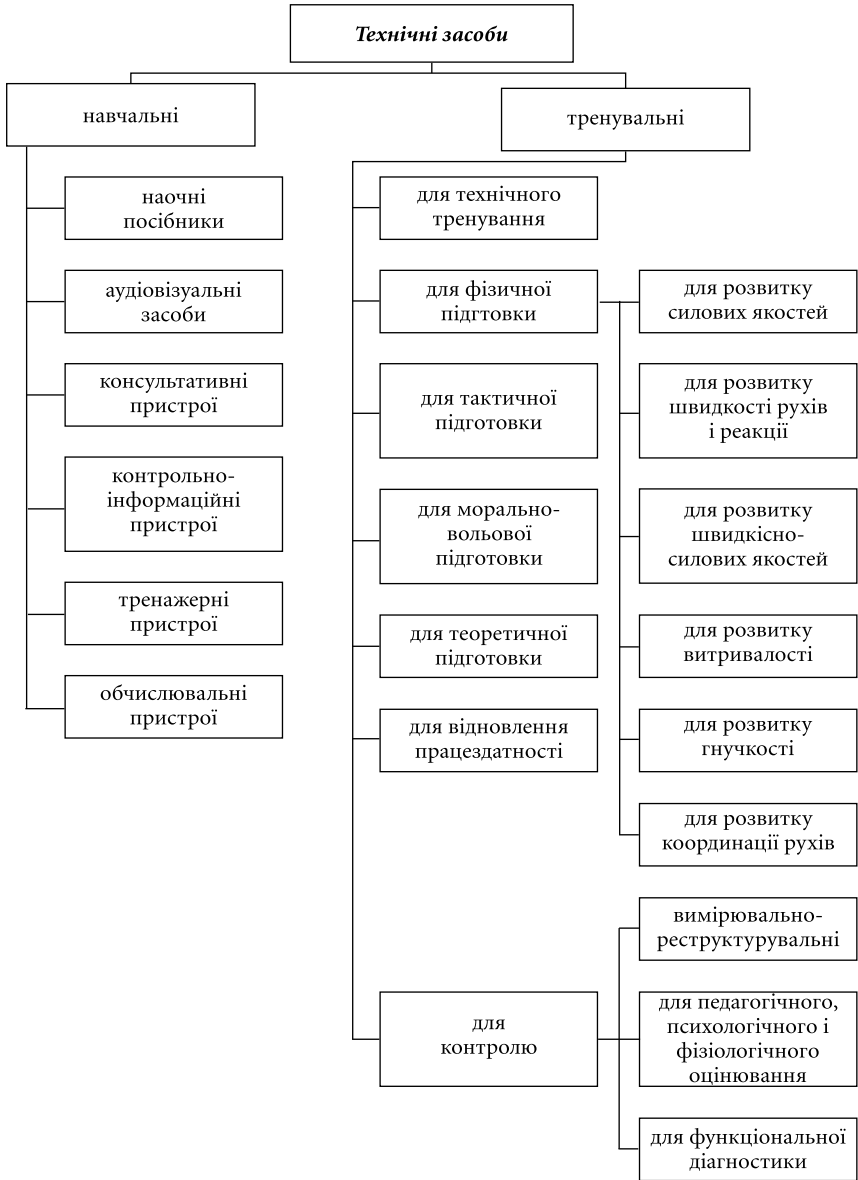


Рис. 1.13. Класифікація технічних засобів за призначенням
(В. В. Иванов, 1987)

За логікою роботи технічні засоби можуть бути з лінійною чи розгалуженою програмою, тобто вони можуть впливати як на окремі органи і системи, так і бути комбінованими. Залежно від характеру сигналів зворотного зв'язку, технічні засоби можуть бути з альтернативним вибором рухової дії і з вільним конструюванням програми відповіді.

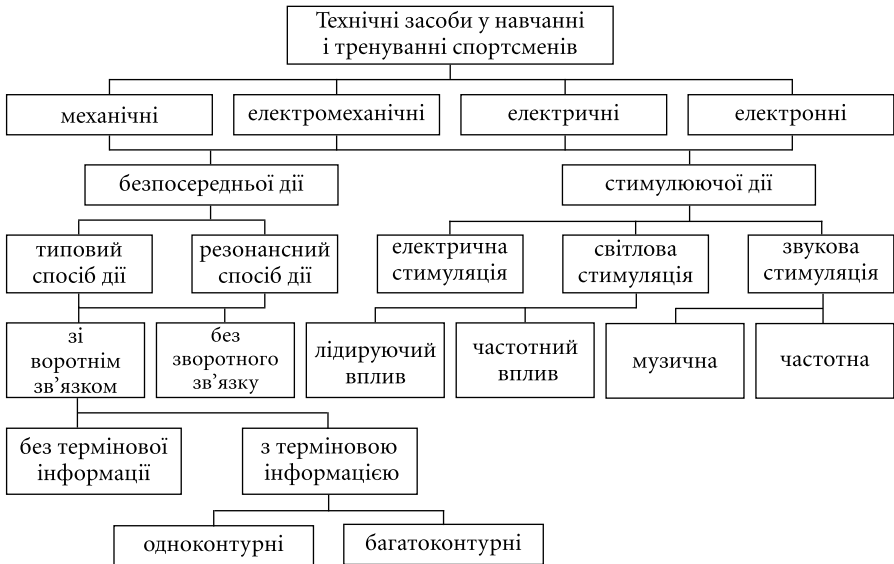


Рис. 1.14. Класифікація технічних засобів за структурою
(В. В. Иванов, 1987)

Існує безліч видів тренувальних пристроїв і тренажерів за педагогічною спрямованістю і конструкторським вирішенням – з регульованим зовнішнім опором, імітаційні, полегшені лідирування, керованої взаємодії та інші. Раціональне застосування технічних засобів дає можливість для такого:

1) розширити коло засобів і методів, застосовуваних у фізичній, технічній, тактичній, морально-вольовій і теоретичній підготовці спортсменів;

2) дотримуватися принципу відповідності спеціальних вправ до основних змагальних рухів, завдяки чому не тільки розвиваються фізичні якості, але й одночасно удосконалюється технічна майстерність;

3) використовувати ефект сполучення режимів роботи м'язів додання та поступання з урахуванням специфіки рухів основної спортивної вправи;

4) цілеспрямовано розвивати основні чи специфічні групи м'язів, що визначають успіх у певному виді спорту;

5) застосовувати вправи не тільки локального характеру, що сприяють зміцненню слабких ланок м'язової системи спортсменів;

6) вибірково впливати на визначені м'язові групи з урахуванням фаз рухів там, де необхідно проявляти максимальні зусилля;

7) багаторазово повторювати складнокоординаційні вправи у заданому режимі;

8) відновлювати у м'язовій пам'яті в усіх деталях основні фази спортивної вправи;

9) чітко дозувати навантаження.

Як вже зазначалося, важливим і перспективним елементом контролю за технічною підготовленістю спортсменів є розробка автоматизованих систем контролю біомеханічних характеристик техніки.

Аналіз літературних джерел показав, що у дослідженнях специфічних процесів під час виконання технічних дій лучників реєструвалися характеристики кінематики окремих фаз виконання пострілу, статичного положення тіла спортсмена й окремих біоланок, часових інтервалів виконання окремих фаз пострілу, фізіологічних процесів організму спортсмена.

Спеціалісти розробили низку універсальних технічних засобів (ТЗ), котрі дають змогу здійснити комплексний контроль технічної підготовленості за окремими підсистемами.

Розглянемо підсистему біомеханічних параметрів і можливих технічних засобів контролю, що застосовуються у стрільбі з лука (А. Ш. Баллов, С. Д. Волжанин, М. А. Джафаров, 1989).

У табл. 1.2 наведено основні біомеханічні параметри, котрі підлягають реєстрації в спортивній стрільбі з лука, а також методи реєстрації і типи використовуваних приладів.

Таблиця 1.2

**Параметри, методи реєстрації
і типи використовуваних приладів**

№ з/п	Параметри контролю	Метод вимірювань	Тип приладу
1	Максимальне зусилля натягу лука	Динамографія	Тензодавачі, тензометричні установки
2	Початкова поза спортсмена	Фотографування, відеознімання	Фотоапарати, відеокамери
3	Рух окремих біолонок	Відеознімання, стробоскопознімання, відеоаналізатори, швидкісні кінознімання, гоніометрія	Відеокамери, відеосистеми „АТЛЕТ-4”, „Світ”, „СКС-ІМ”, „Темп”(СРСР), „НАК Відеометрікс-200”, „НАК Спортнас” (Японія), „Біомекенікс-600”, „Екшнмастер-500”(США)
4	Початкова швидкість і напрямок вильоту стріли	Лазерні системи, швидкісні відеокамери	ЕРРОЦМЕТР (США), сейсмодавачі в комплекті СИПР-01, НАК (Японія). Лазерні тири: НОПТЕЛЬ (Фінляндія)
5	Координати влучення стріли у мішень	Лазерні тренажери	НОПТЕЛЬ (Фінляндія)
6	Моменти сил системи „лук –стрілець”	Акселерометрія	Трикомпонентний акселерометр 4321 „Бриль і К’єр”(Данія), акселерометри МП-1, ВЗ4-3, Д-14, АНС-014

Опрацювання інформативних біомеханічних параметрів дозволяє створити індивідуальні біомеханічні моделі пострілу з лука, а також оперативно контролювати точність (одноманітність) виконання пострілу.

Аналіз опублікованих джерел із проблем застосування тренажерних пристроїв у стрільбі з лука свідчить, що за своїм призначенням їх умовно поділяють на такі групи:

- ❖ для розвитку спеціальних фізичних якостей лучників;
- ❖ для опанування й удосконалення окремих елементів техніки стрільби з лука;
- ❖ для коригування помилок лучників;
- ❖ комплексні, для найбільш точного імітування пострілів зі спортивного лука.

Розглянемо детальніше кожну групу тренажерів.

Тренажери для розвитку спеціальних фізичних якостей лучника. Для успішного оволодіння технікою стрільби з лука суттєве значення має розвиток спеціальних силових якостей (сили, силової витривалості) різних груп. Деякі автори вказують на те, що використання тренажерів у тренувальному процесі впорядковує режим роботи м'язів, розвиває необхідні фізичні якості шляхом цілеспрямованого впливу на них, поліпшуючи міжм'язову координацію (Ф.К. Агашин, Е.П. Горбачев, Г.М. Петросян, 1983). При цьому не виникає закріплення окремих специфічних помилок техніки стрільби з лука, що може статися у разі тривалої інтенсивної тренувальної стрільби для розвитку спеціальних фізичних якостей.

Так, переносний індивідуальний тренажер призначений для розвитку спеціальної сили і силової витривалості, а також підтримання їх під час зборів і переїздів (Б.И. Струк, 1978). Конструкція тренажера дуже проста – це центральна частина руківки лука з упором і з прикріпленнями до неї гумовими джгутами й імітатором тятиви. Пружністю джгутів забезпечується необхідна сила натягу тренажера.

Стаціонарний тренажер призначений для розвитку сили і силової витривалості м'язів руки, котра натягує тятиву (Б.И. Струк, Г.М. Петросян, В.Г. Резников, 1977). Тренажер монтується стаціонарно на стіні залу, тиру чи навчального класу. У тренажері через блок перекинута трос з імітатором тятиви на одному кінці і тарирувальним шнуром і вантажем на іншому. Наявність гумового джгута і вантажу дають можливість регулювати силу та пружність тренажера при розтягуванні “тяги”. При цьому можна нарощувати опір у міру розтягування тренажера, що відповідає умовам спортивної практики.

Стаціонарний комплексний тренажер для розвитку спеціальних силових якостей, а також удосконалення роботи м'язів плечового поясу при випуску. Конструкція тренажера дещо відрізняється від описаного. Замість імітатора тятиви може бути використана тятива спортивного лука, що точніше відповідає реальним умовам. Сила натягу тятиви може регулюватися.

Тренажер “лук-динамометр” може бути використаний для розвитку максимальної сили групи м'язів, котрі натягують тятиву, для розвитку силової витривалості і точності відтворення заданого зусилля та довжини натягу. Використання вимірювальних приладів (динамометр

з індикатором і лінійка) дозволяє тренерів отримувати термінову інформацію під час роботи з тренажером. Це робить корисним його використання у контролі фізичного стану спортсмена (Б.И. Струк, 1976).

Тренажер для розвитку точності переміщень правої руки стрільця дозволяє поєднувати навчання й удосконалення техніки стрільби з розвитком силових якостей правої руки. Його конструкція аналогічна до рамкового тренажера у комплексі “Здоров’я”. Однак використання пристроїв моментальної інформації про напрямок тяги дозволяє підвищити ефективність його застосування, а також дає можливість контролювати процес навчання спортсменів (Ф.К. Агашин, Е.П. Горбачев, Г.М. Петросян, 1983).

Ще один лук-тренажер призначений для розвитку спеціальних фізичних якостей. Тут є можливість змінювати силу лука, використовуючи додаткові вантажі, реєструвати на самописці переміщення стріли при натягуванні лука. Тренажер дозволяє отримувати ергографи, що допомагає об’єктивно оцінювати рівень підготовленості спортсмена (О.Д. Бударин, 1986).

Серед тренажерів, які розвивають спеціальні силові якості слід відзначити також лук-тренажер М.Ф. Агашина (2003), Т.В. Байдиченко (1989), Б.І. Струка (1978).

Тренажери для вдосконалення окремих елементів техніки стрільби з лука. Стрільба з лука належить до технічно складних видів спорту. Тому особливого значення надається опануванню правильних технічних прийомів стрільби на початковій стадії навчання. Використання тренажерів скорочує час формування динамічного стереотипу, підвищує інтенсивність і ефективність тренування. Як наслідок – прискорюється процес становлення техніки стрільби (К.М. Найвуд, С. F. Lewis, 1996, J. Kidwell, 2004, R. Sapp, 2003).

Тренажери для вдосконалення постави стрільця. Електромеханічний кінематограф призначений для оволодіння статичною позою спортсмена-стрільця, тренування і контролю однаковості її відтворення, отримання зворотної інформації про порушення пози і помилки у стрільбі. Прилад складається з низки гоніометричних давачів, закріплених на осях суглобів. Зворотня інформація про кути суглобів і їх переміщення виводиться на самописець (Б.И. Струк, Г.М. Петросян, В.Г. Резников, 1977).

Тренажер пози дозволяє усунути дію зовнішніх сил натягу лука на біоланки спортсмена. Це дає можливість на початковому етапі досягнути правильного статичного положення спортсмена, вміння одноманітно відтворювати позу, розвинути властивість тривалий час утримувати позу. Конструктивно тренажер виконаний у вигляді розтягнутого лука з можливістю регулювання величини розтягу відповідно до індивідуальних антропометричних показників спортсмена (Ф.К. Агашин, Е.П. Горбачев, Г.М. Петросян, 1983).

Променевий тренажер призначений для інтегрального оцінювання техніки, що передбачає оцінювання правильності відтворення пози, “дотягу”, завалу лука, відводу тятиви з площини пострілу. Променевий тренажер реєструє точку прицілу і її зміщення під час обробки пострілу. Конструктивно тренажер виконаний у вигляді лазерної насадки на спортивний лук у комплекті з екраном. Може бути використаний гелій-неоновий лазер ЛГ-78, закріплений на луці. Додатково може бути запропоновано два пристрої для контролю за збереженням підготовчої пози, що базуються на використанні звукової і світлової індикації, а також орієнтації монохроматичного променя відносно просторового положення лучника (А.Н. Калиниченко, А.Л. Прохоров, 1986).

Тренажери для контролю просторового положення лука. Тренажер для навчання утримання вертикального положення лука під час стрільби призначений для контролю одного з найважливіших елементів техніки – завалу лука, тобто його відхилення від вертикалі. Прилад складається з давача кутového положення й електронного блоку живлення зі стрілочним індикатором з градуйованою шкалою (одиниця вимірювання – градус). Габарити приладу 70x15x15 мм і вага 50 г дозволяють закріплювати його на руківці лука, не заважаючи спортсменові виконувати постріл. У разі необхідності запис кутівих переміщень лука можна вести на самописці. Точність зміни нахилу лука $\pm 0,1^\circ$ (Ф.К. Агашин, Е.П. Горбачев, Г.М. Петросян, 1983).

Тренажер вертикальності пропонується для усунення виявлених помилок кутového положення лука. Він складається з давача вертикальності (електронного рівня) положення лука з двома сигнальними лампочками, які показують, у який бік завалений лук. Таким чином, цей прилад обладнаний точною індикацією, що підвищує ефективність його використання (Ф.К. Агашин, Е.П. Горбачев, Г.М. Петросян, 1983).

тренажери. Для оцінювання особливостей зорового сприйняття під час прицілювання може використовуватися прилад, що імітує приціл лука і рухому мішень. Пристрій призначений для дослідження особливостей зорового сприйняття у стрільбі з лука, вибору оптимальних варіантів проекції тятиви, оптимізації форм і розмірів прицілів (А.Н. Калиниченко, 1986).

Пристрої для коригування помилок, а також для усунення неадекватних умовно-рефлекторних зв'язків. Серед цих пристроїв слід згадати різного роду роз'єднувачі – пристрої, які розривають кінематичний ланцюжок (лук – руки – плечовий пояс) лучника незалежно від його волі (за таймером, або за бажанням тренера). Такого роду тренажер – роз'єднувач конструкції М.О. Калініченка – рекомендується до використання як для початківців, так і для кваліфікованих спортсменів (А.Н. Калиниченко, 1986).

Луки-тренажери. Серед зразків стрілецької амуніції є декілька тренажерів, які дозволяють імітувати весь постріл з лука в безпечних умовах (без вильоту стріли). Подібні тренажери можна успішно застосовувати в домашніх умовах, при переїздах – для підтримання спортивно-технічних навичок, для розминки, і з іншою метою, оскільки вони дозволяють найточніше відтворювати реальні постріли.

Прикладом найпростішого вітчизняного тренажера може послужити пристрій, сконструйований А. Холодовим. Тренажер складається з лука зі стрілою, яка розміщена у поличці-кільці і закріплена гумовими амортизаторами, щоб не вилітала з лука (Ю.С. Шитов, 1981).

За допомогою іншого подібного тренажера можна проводити тренування у відпустці, розминання на змаганнях. Тренажер виконаний у вигляді насадки на лук. У конструкції тренажера застосовується принцип повітряного насоса, коли розігнана пластикова стріла не вилітає, а гальмується накопиченим повітрям. Довжина стріли до 30" (76 см). Металевий наконечник на стрілі у взаємодії з магнітом дозволяє імітувати клікер. Вартість тренажера складає десяту частину від вартості спортивного лука (R. Axford, 1996, L. Wise, L. Wert, 1992).

Найдосконалішим тренажером цього класу слід визнати приставку до лука. У цьому тренажері для погашення швидкості стріли використовується пневматичне гальмо. Використання сенсорних контактів дозволяє імітувати установку клікера. Лазерне наведення й електронна мішень дозволяють автоматично впродовж 5с визначити точку приці-

лювання в момент пострілу. В тренажері використовується таймер для контролю часу пострілу. Враховуючи невелику масу, можливість розміщення тренажера на будь-якому “бойовому” лукові, він успішно може знайти застосування як для навчання, так і для вдосконалення спортивної майстерності, а також популяризації стрільби з лука в умовах, коли відсутня можливість створити спеціальний лучний стрілецький тир.

Для контролю і тренування елементів наведення та прицілювання збірна команда України використовує подібний до описаного лазерного тренажера, який можна використовувати протягом тренувань чи навіть контрольних стрільб, тобто в умовах, наближених до змагальних.

В.П. Горобець (1983) розробив і впровадив у спортивну практику прилад для вимірювання часу польоту стріли. Мілісекундомір запускається і зупиняється від сигналів інерційних давачів. Проведено вимірювання часу польоту стріли на дистанціях 30, 50, 60, 70 і 90 метрів. Установлено, що середня швидкість стріли становить $50\text{--}80 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. З використанням цього приладу розроблено методику відбору стріл із подібними характеристиками.

БІОМЕХАНІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АНТРОПОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ «СТРІЛЕЦЬ – ЗБРОЯ»

2.1. Загальна біомеханічна модель антропотехнічної системи „стрілець – зброя”

Грунтуючись на науковому досвіді і застосовуючи дедуктивний метод до вивчення антропотехнічних систем у спорті, ми запропонували загальну схему моделювання таких конструкцій. В основі моделювання антропотехнічної системи у стрілецькому спорті, зокрема типу “лучник – лук”, закладено відповідні принципи інформаційної достатності, доцільності, здійсненності, агрегації, параметризації. Вони дозволяють гнучко, різнопланово, практично вивчати і застосовувати керування, спрямоване на вдосконалення спортивно-технічної майстерності стрільців.

Модель системи “лучник – лук” побудована з урахуванням сучасної уяви про ефективну спортивну техніку стрільців високої кваліфікації. Маючи ґрунтовні систематизовані знання з техніки змагальної вправи, ми забезпечуємо перший принцип інформаційної достатності про складну біомеханічну структуру “стрілець – зброя”.

Очевидно, що системотворювальною ознакою спортивної діяльності є спортивний результат, тому під час побудови загальної моделі дотримано принципу доцільності, позаяк ця модель створюється, передусім, для досягнення конкретної змагальної мети чи спортивного результату, котрий передбачається на першому етапі визначення завдання.

У загальній моделі антропотехнічної системи враховуються наявні ресурси, тобто певний початковий стан спеціальної підготовленості спортсмена, зокрема можливість виконання рухів відповідно до визначених схем кінематичних і динамічних взаємозалежностей технічних дій. Отже, в моделі задіяний принцип здійсненності, згідно з яким ураховується ймовірність досягнення спортивного результату за конкретний відрізок часу.

Запропонована загальна модель антропотехнічної системи відображає, передусім, ті властивості системи, які впливають на досягнення мак-

симального спортивного результату. Для глибшого дослідження антропотехнічної системи можливе подальше доповнення низкою моделей, які різносторонньо відображають певний процес функціонування системи типу “стрілець – зброя” і з різним ступенем деталізації.

Розроблена загальна структурна модель дозволяє подавати складну систему у формі множини взаємозв’язаних підсистем (принцип агрегації), що своєю чергою уможлиблює ширше застосування формалізованих варіантів її опису і, що найважливіше – гнучке варіювання моделі залежно від зміни ситуації, зокрема, правил і регламенту проведення змагань, зміни зброї, техніки виконання змагальних вправ.

Важливим є опис станів системи чи її підсистем на основі використання кількісних величин, що на практиці називаються “модельними характеристиками”. Цей принцип параметризації залежно від обставин досліджень дозволяє охарактеризувати антропотехнічну систему з використанням таблиць, графіків й аналітичних виразів. Застосування такого принципу скорочує тривалість і спрощує процес моделювання складної біомеханічної системи, хоча знижується її функціональне значення.

Спираючись на розглянуті принципи й емпіричні знання з теорії та методики підготовки лучників, ми запропонували загальну структурну модель антропотехнічної системи “стрілець – зброя”, компонентами котрої є такі блоки: макро- і мікрорухів верхніх кінцівок, збереження стійкості змагальної пози, функціонування спортивної зброї, біомеханічних взаємозв’язків зброї та стрільця, дії тренувальних навантажень, дії чинників зовнішнього середовища, розсіювання влучень у мішені, спортивної результативності (рис. 2.1).

Для ефективного керування антропотехнічною системою „стрілець – зброя” окрім знання її будови необхідно також з’ясувати умови та закономірності зміни параметрів її стану. Якщо врахувати, що логічна схема організації тренувального процесу спортсменів складається з таких великих блоків: комплексу зовнішніх взаємодій спортсмена, стану спортсмена, тренувального навантаження, – то з’являється певна схема, котру необхідно проаналізувати. Взнявши за основу цю схему, насамперед, слід усвідомити, що системну модель треба розуміти як упорядковану і логічну організацію даних та інформації у вигляді моделей, що супроводжується чіткою перевіркою й аналізом цих моделей, що необхідно для їх верифікації та поліпшення.



Рис. 2.1. Загальна структурна модель антропотехнічної системи “стрілець – зброя”

Відповідно до зазначеного підходу поняття зовнішньої дії стрільця слід розуміти як переміщення його тіла і зброї у просторі й часі, котре забезпечується використанням індивідуального рівня розвитку моторики стрільця, щоб досягнути визначеного рухового завдання. Моторний потенціал і комплекс зовнішніх взаємодій спортсмена тісно пов’язані ще з одним великим блоком зі схеми організації процесу підготовки – тренувальним навантаженням. Великі блоки розкладаються на відповідні складники, які для кількісного аналізу мають параметричний характер.

Спортивний результат також доцільно розбивати на частини. Специфіка стрілецького спорту полягає у наявності такого складника як зброя, що має суттєвий вплив на досягнення кінцевого результату.

Системна модель розбита на логічні блоки. Параметри блоків мають добре виражений динамічний характер, що пов’язано з двома принциповими моментами: детерміновано-стохастичним перебігом процесів життєдіяльності і впливом спеціально підібраної тренувальної програ-

ми. Вивчення динаміки таких систем ґрунтується на теорії сервомеханізмів. По суті, йдеться про моделювання великої кількості параметрів, що мають різний ступінь узагальнення та різний вплив на спортивний результат. Математична модель відображає реальну систему з тою мірою точності, з якою рівняння описують властивості компонентів. Це найбільше стосується моделювання педагогічних впливів і стану підготовленості з їх конкретним детермінантним впливом на влучення у мішень. Динамічні моделі для опису процесу керування підготовкою спортсменів у стрілецьких видах спорту відрізняються значною гнучкістю у використанні методів опису динаміки системи, котра передбачає нелінійні реакції компонентів на змінні, які є залежними (показники спортивного результату), а також позитивні і негативні зворотні зв'язки. Проте, зрозуміло, що практично неможливо врахувати рівняння усіх компонентів системи (рис. 2.2–2.6), і навіть за наявності сучасної комп'ютерної техніки її імітація є дуже складною.

Тому необхідно використати певну абстрактну імітаційну модель щодо визначення вагомості внеску компонентів керування та параметрів станів стрільців для досягнення результативного влучення.



Рис. 2.2. Модель структури рухових дій під час виконання змагальної правки

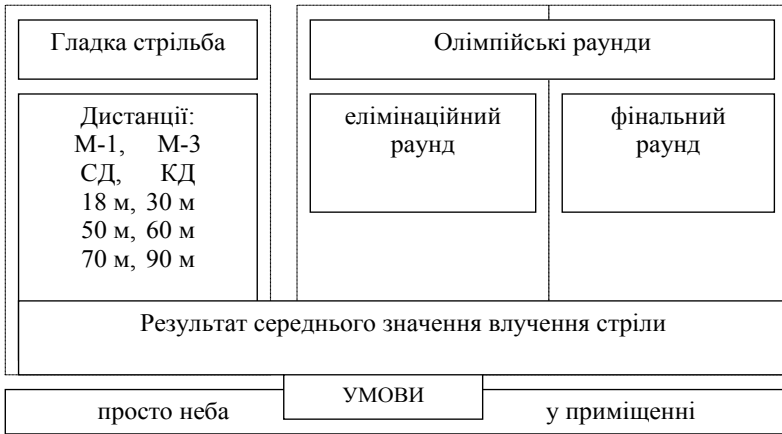


Рис. 2.3. Модель структури спортивної результативності лучників

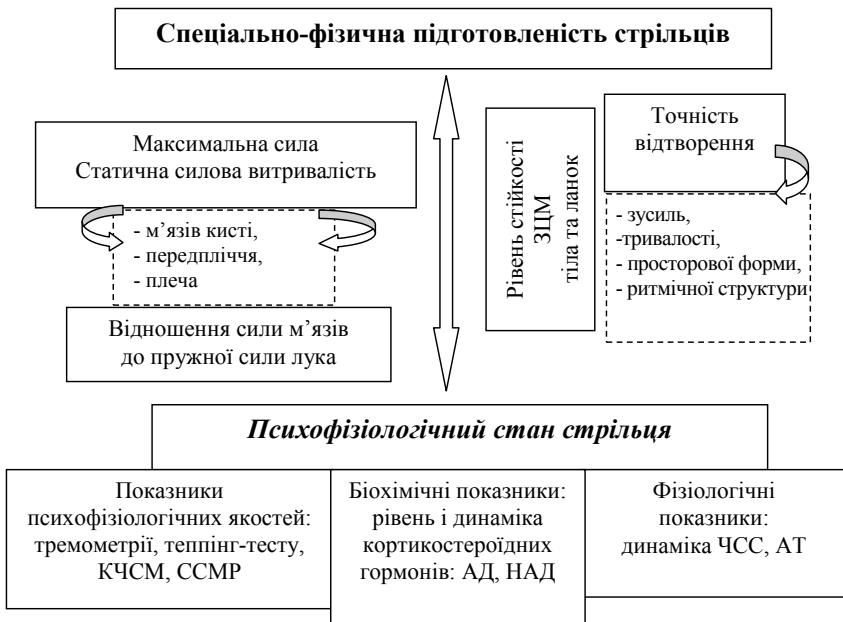


Рис. 2.4. Модель структури спеціальної фізичної підготовленості лучників

При використанні системної динаміки під час моделювання слід виділити три етапи. По-перше, необхідно виокремити ті динамічні властивості системи, котрі мають суттєвий вплив на кінцевий спортивний результат. На основі власного практичного досвіду й аналізу літературних джерел визначено параметри, що мають суттєвий вплив на результат стрільби, а отже потребують введення до моделей (рис. 2.2–2.6).

По-друге, імітаційна модель має бути побудована так, щоби вона дублювала елементи поведінки і взаємодій чинників, котрі визначені як суттєві.

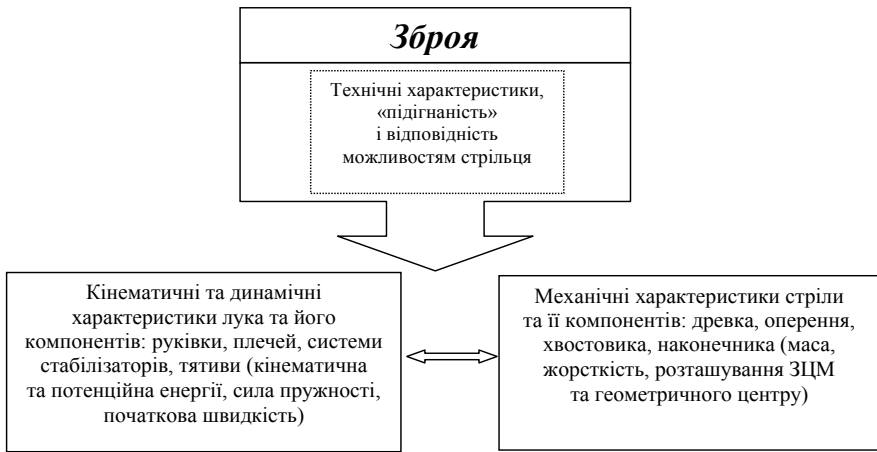


Рис. 2.5. Модель структури підсистеми “зброя”

По-третє, у разі виявлення системної моделі, достатньо близької до реального спортивного об’єкта, виникає можливість продовження експерименту щодо оцінювання потенційних стратегій у керуванні процесом підготовки стрільців. Як бачимо з рис. 2.2–2.6, у системній моделі процесу керування підготовкою спортсменів-стрільців фігурує велика кількість показників різної природи. Для їх автоматизованого аналізу ми розробили спеціальну комп’ютерну програму на базі Access під Windows 2000, яка є реляційною базою даних, де в окремих формах і таблицях зберігаються показники з різних блоків – спортивний результат, біокінематична модель виконання пострілу, спеціальна фізична підго-

товленість, психофізіологічна підготовленість, зброя. Під час роботи з даними із різних таблиць встановлено зв'язки між таблицями.

У розроблені форми вводяться дані, котрі можуть бути посортвані та проаналізовані за допомогою відповідного запиту. У запиті вказується, які критерії необхідно взяти для аналізу. Таким чином можливий аналіз необхідних параметрів у динаміці.



Рис. 2.6. Модель структури тренувального навантаження лучників

Дослідження засвідчили, що існують складні взаємозв'язки між якісними та кількісними параметрами всередині окремих блоків і між блоками в логічній схемі системної моделі. Вони полягають у неліній-

ності залежностей, детермінантно-стохастичному впливові одних характеристик на інші, наявності нечітких межових моментів. Подальші дослідження спрямовані на збір і порівняльний та динамічний аналіз параметричних даних, які характеризують властивості елементів у блоках системної моделі підготовки.

2.2. Біомеханічні характеристики рухових дій лучника

Створення моделей антропотехнічних систем у спорті ґрунтується на двох типах інформації: теоретичних знаннях про рухову дію, що вивчається, і експериментальні дані, отримані методами відеоаналізу, електроміографії, гоніометрії тощо.

Оскільки модель є спрощеним відображення рухової дії, необхідно на початковій стадії моделювання визначити істотні і неістотні складові моделі, тобто вирішити, які параметри включати у модель, а якими нехтувати. Чим простіша модель, тим швидше її можна створити і тим менша ймовірність виникнення помилок. Баланс між комплексністю моделі та її інформаційною значущістю залежить від мети моделювання. Модель, що працює за системою “чорного ящика” і функціонує в реальному режимі часу, у деяких випадках є набагато кориснішою від найдетальнішої моделі, що потребує багатогодинних розрахунків.

Перш ніж моделювати таку складну систему як тіло людини, необхідно визначити мету моделювання і, базуючись на ній вибрати модель. Структура моделі повинна містити певне число ланок, типи суглобів, кількість задіяних акторів тощо. Якщо уявити достатньо повну модель тіла людини, у склад якої входять кістки хребта, черепа, верхньої і нижньої кінцівок, то така модель складатиметься більш ніж з 80 твердих тіл і може мати до 250 ступенів свободи. Створення математичного алгоритму функціонування такої комплексної моделі є завданням досить складним. Нині однією з найповніших моделей тіла спортсмена є 16–17-ланкові моделі з 40–44 ступенями свободи (І.П. Заневський, 1994, В.М. Заціорский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов, 1981).

Дослідження рухових дій спортсмена за допомогою плоскої багатоланкової моделі формулюється як у вигляді прямої, так і зворотної задачі механіки. Під час розв’язання прямої задачі механіки вводять початкову

конфігурацію системи, а також вектор керування. Потім з використанням чисельного інтегрування системи диференціальних рівнянь знаходять кінцеву конфігурацію системи, а також кінематичні і динамічні траєкторії (І.П. Заневський, 1998). Для того, щоби під час розв'язку не були спотворені фізіологічні параметри, встановлюють певні обмеження на кінематичні і динамічні параметри моделі.

Під час розв'язку зворотної задачі механіки за відомими кінематичними параметрами знаходять сили та моменти сил, що спричиняють цей рух. Особлива увага при такому способі моделювання акцентується на рівняннях або системах рівнянь. Вони повинні якомога точніше описувати біологічну систему з урахуванням фізичних, анатомічних і фізіологічних параметрів.

Під час розв'язку як прямої, так і зворотної задачі механіки припустимо таке:

- ❖ сегменти тіла спортсмена (включно з тулубом) абсолютно тверді;
- ❖ усі суглоби ідеальні;
- ❖ довжини сегментів, розташування центрів мас відомі;
- ❖ визначені лінійна і кутова кінематика ланок тіла;
- ❖ маси, моментів інерції ланок тіла відомі;
- ❖ сили реакції прикладені у центрах обертання в суглобах;
- ❖ моменти керування є функціями сил міжланкових реакцій, кутів і кутових швидкостей;
- ❖ сили опору зовнішнього середовища відомі.

Після створення антропоморфної моделі необхідно вибрати систему керування ланками тіла. Найбільш простою схемою керування руками є використання твердих ланок із відповідними приводами (актонами), що генерують моменти сил у шарнірах. Кожен привід створює момент сили відносно осі обертання у суглобі. Схема керування приводами базована на реципрокному гальмуванні антагоністів, тобто момент сили створюють тільки м'язи-синергісти (В.М. Заціорский, А.В. Акторов, 1990).

Моделлю опорно-рухового апарату обрано 15-ланковий розгалужений кінематичний ланцюг, що за масо-інерційними і геометричними характеристиками відповідає великим сегментам тіла спортсмена, а шарніри – основним суглобам (рис. 2.7).

Удосконалення техніки стрільби з лука варто розглядати крізь призму ефективності функціонування м'язів плечового поясу, а також збереження змагальної пози (стійки). Проте, розглядаючи роботу м'язів

верхнього поясу, ми з'ясували, що офіційна номенклатура м'язів не прямопропорційно відображає їх функціональні характеристики. Зокрема, передня і задня частина дельтоподібного м'яза відповідають за виконання різних рухових завдань. Тому структурне наповнення м'яза – актон – доцільно розглядати як “біологічний двигун”. Актон – це волокна, що генерують м'язову силу і працюють синергетично відносно центру суглоба.

Під час біомеханічного аналізу будови верхнього поясу, досліджено, що верхня кінцівка складається з 22 суглобів з 30-ма ступенями свободи і 66-ма актонами (В.М. Заціорский, Б.И. Прилуцкий, 1984).

Визначення суглобових сил і моментів ґрунтується на послідовному розгляді кінетостатичної рівноваги ланок моделі, які звільнені від суглобових зв'язків. Оскільки рівняння, укладене для всіх ланок вибраної моделі, є громіздким, то для опису рухів довільної ланки було застосовано адаптований варіант рівняння. Під час програмного розрахунку рухові характеристики ланки є коректованими: зв'язки набувають форм головного вектора і моменту суглобових сил. Вектори, що діють на суміжні ланки одного суглоба, рівні за величиною і протилежні за напрямками. Попередньо розглянуті вектори суглобових сил і моментів також впливають на цю ланку.

Розглянемо момент, коли лучник, виконує змагальну вправу, зігнувши й руку в ліктьовому суглобі й утримуючи передпліччя в горизонтальному положенні. При цьому:

а) м'язи-згиначі ліктьового суглоба повинні створити момент сили (М), що протидіє моментіві сили пружності розтягнутого лука;

б) моменти сили відносно інших ступенів свободи в суглобах верхньої кінцівки або повинні дорівнювати нулю (наприклад, рука не повинна бути відведена убік), або повинні змінюватися, щоби протидіяти моментам сили пружності лука (наприклад, у променезап'ястковому суглобі).

Проте, згинання передпліччя здійснюють щонайменше п'ять актів: довга і коротка головки двоголового м'яза плеча, плечовий і плечопроменевий м'язи, круглий пронатор. Очевидно описану технічну вправу лучників можна зробити незліченною кількістю способів, активувавши якісь м'язи більше, інші – менше. Однак спостереження показують, що у стандартних умовах стрільби з лука, наприклад у приміщенні, активізація м'язів залишається завжди постійною. Так звані

«первинні» актони починають працювати першими (при розтяганні лука), «вторинні» задіюються, коли первинні досягають певного рівня сили (під час завершальної фази дотягування).

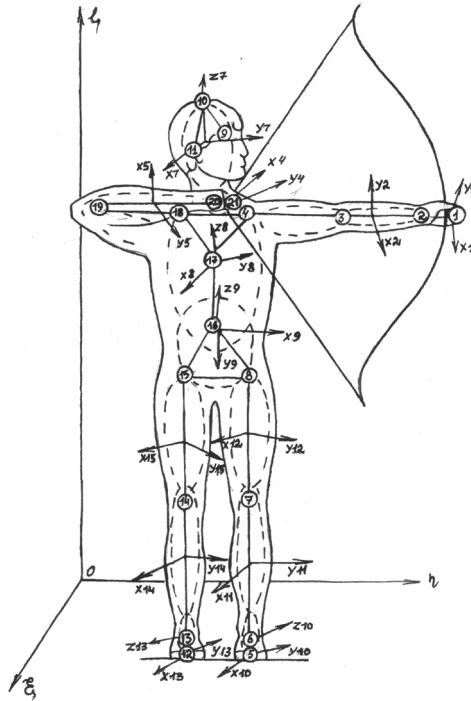


Рис. 2.7. Модель опорно-рухового апарату стрільця під час виконання змагальної вправи

Інша складність полягає в тому, що оскільки м'язи, як вже наголошувалося, мають звичайно декілька функцій, тобто генерують моменти сили щодо декількох ступенів свободи, то крім необхідного моменту M вони створюють ще так звані додаткові, або паразитні, моменти, що підтвердилося під час педагогічних і фізіологічних досліджень. Наприклад, якщо активізується довга головка двоголового м'яза плеча, то крім необхідного моменту, що викликає згинання в ліктьовому суглобі,

створюються зайві моменти сил, пов'язані, зокрема, із супінацією передпліччя і згинанням плеча в плечовому суглобі. Ці моменти повинні бути компенсовані дією інших м'язів, які, проте, самі мають декілька функцій. Сформулюємо задачу таким чином. Нехай i -ступінь свободи в різних суглобах $1, 2, \dots, n$, M_1, M_2, \dots, M_n – моменти сил щодо осей біомеханічної системи «стрілець – лук». Тоді моменти сил M_i дорівнюють сумах моментів сили м'язової тяги відносно цих ступенів свободи

$$M_i = \sum P_{ik} \times F_k, \quad (3.2)$$

де M_i – момент сили відносно i -го ступеня свободи, F_k – сила k -ого м'яза, P_{ik} – плече сили k -ого м'яза відносно i -ої ступені свободи, $i < k$.

Для збереження пози стрільця під час утримування лука в натягнутому стані суглобові моменти повинні дорівнювати певним величинам.

Оскільки ранг матриці цієї системи (він такий же, як число ступенів свободи) менший від числа невідомих (воно дорівнює кількості м'язів), то система рівнянь є невизначеною. Звідси випливає, що одні і ті ж моменти сили можуть бути створені за рахунок різних комбінацій сил м'язової тяги. Існує гіпотеза про існування принципу оптимальності на основі використання мінімального рівня певного невідомого нам біомеханічного показника (наприклад, загальних енерговитрат, часу виконання руху, мінімальної загальної м'язової сили тощо).

Як зазначалося, важливим і в перспективним є розв'язок оберненої задачі механіки під час дослідження біомеханічної системи лучного спорту. Щоб її розв'язати, використаємо алгоритм її розв'язку на основі фіксації та обробки відповідних експериментальних даних під час виконання змагальної вправи лучників, до яких належать координати основних опорних точок ланок тіла лучника, розташування загального центру мас ланок і величини дій зовнішніх сил (пружності лука, опори, вітру, тяжіння) (рис. 2.8).

Щоби кількісно охарактеризувати роботу, яку виконують м'язи плечового поясу, дослідимо їх певні характеристики. Так, особливістю основних м'язів, що беруть участь у виконанні змагальної вправи лучників є генерування силових моментів відносно двох суглобів. Вони, як правило, розташовуються на кінцівках. Зокрема, до м'язів, які беруть безпосередню участь у формуванні спеціалізованих рухів лучників належать двоголовий м'яз плеча, довга головка триголового м'яза пле-

ча, променевий згинач зап'ястя і плечова головка ліктьового згинача зап'ястя.

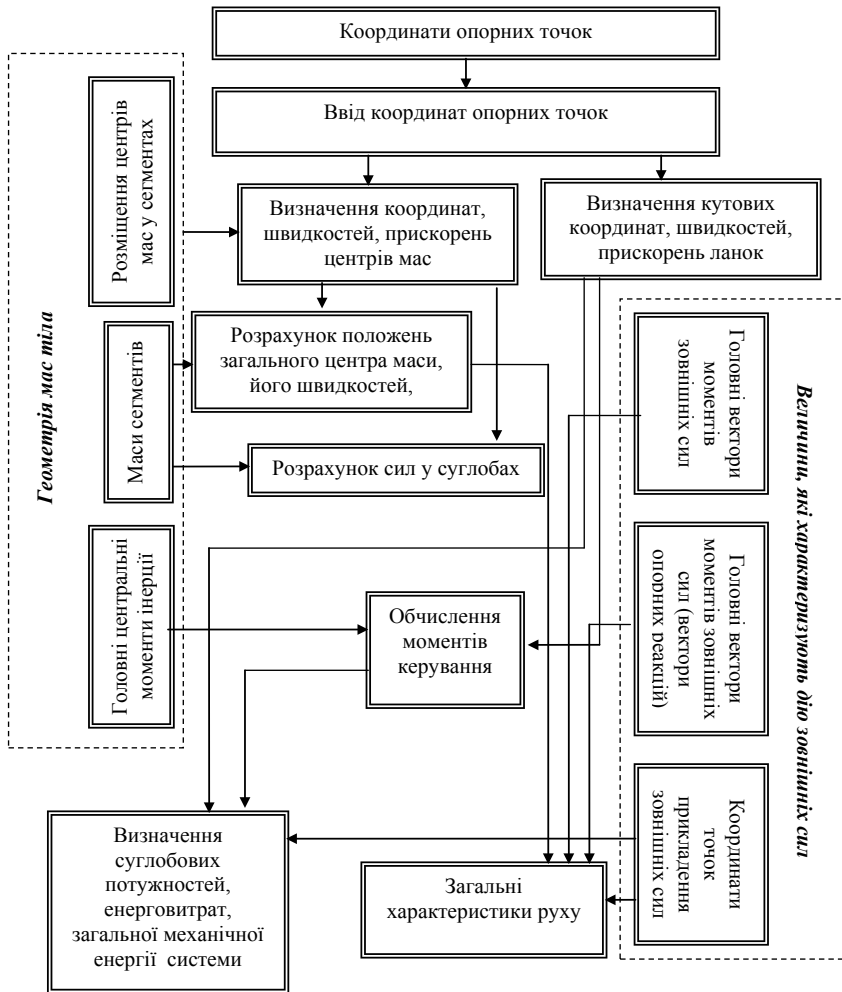


Рис. 2.8. Блок-схема розв'язку оберненої задачі механіки під час виконання необхідних техніко-тактичних дій лучників

Характерним для роботи зазначених м'язів є те, що вони генерують моменти сил протилежних за напрямками. Також важливим є те, що довжина м'язів під час виконання змагальної вправи лучників змінюється дуже мало (м'язи працюють в ізометричному режимі), при цьому вони скорочуються в одному суглобі, а подовжуються в іншому. Окрім того, активність згаданих м'язів дозволяє зменшити сумарну величину сили, що проявляється всіма м'язами, які проходять через обидва суглоби. Зниження сумарної величини м'язової тяги у поєднанні з одночасним зменшенням довжини (швидкості скорочення м'язів) веде до зниження механічної роботи, що виконується м'язами, і відповідно до зниження енерговитрат. Відповідна модель може бути представлена у вигляді механічного зв'язку (троса), що не виконує роботу. В цьому випадку механічна енергія передається від однієї ланки до іншої.

Теоретичні дослідження показали, що механічну роботу, яка виконується під час виконання пострілу з лука, найточніше оцінювати скориставшись підходом, у якому необхідно розв'язувати завдання знаходження моментів керування м'язами, які оточують певний суглоб. Знаючи величину вказаного фізичного параметра, а також кутове переміщення певної ланки верхнього поясу, є можливим для розрахунку три типи роботи для кожного зі суглобів.

Наведемо варіанти розрахунків моментів сили та роботи (В.М. Заціорский, 1984). У першому варіанті, нехай на $(i+1)$ -у ланку в області з'єднання з i -ланкою прикладний момент $\vec{M}_{i,i+1}$ (при цьому на i -ланку діє момент $-\vec{M}_{i,i+1}$

Робота визначається на кутовому переміщенні $(i+1)$ -ї ланки від $\varphi_{i+1}^{(1)}$ до $\varphi_{i+1}^{(2)}$ впродовж часу $[t_1, t_2]$ за зміною енергії цієї ланки (В.М. Заціорский, С.Ю. Алешинский, Н.А. Якунин, 1984):

$$\int_{\varphi_{i+1}^{(1)}}^{\varphi_{i+1}^{(2)}} \vec{M}_{i,i+1} d\vec{\varphi}_{i+1} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M}_{i,i+1} \frac{d\vec{\varphi}_{i+1}}{dt} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M}_{i,i+1} \vec{\omega}_{i+1} dt, \quad (3.3)$$

де $\vec{\omega}_{i+1}$ – кутова швидкість $(i+1)$ -ї ланки.

У другому варіанті роботу в суглобі під час переміщення i -ї ланки від $\varphi_{i+1}^{(1)}$ до $\varphi_{i+1}^{(2)}$ за час $[t_1, t_2]$ визначають за зміною енергії цієї ланки (В. М. Заціорский, А. С. Аруин, В. Н. Селуянов, 1981):

$$\int_{\varphi_{i+1}^{(1)}}^{\varphi_{i+1}^{(2)}} (-\vec{M}_{i,i+1}) d\vec{\varphi}_i = - \int_{t_1}^{t_2} \vec{M}_{i,i+1} \frac{d\vec{\varphi}_i}{dt} dt = - \int_{t_1}^{t_2} \vec{M}_{i,i+1} \vec{\omega}_i dt, \quad (3.4)$$

де $\vec{\omega}_i$ – кутова швидкість i -ї ланки.

Тоді у третьому варіанті розрахунку загальну роботу в суглобі впродовж часу $[t_1, t_2]$, а значить роботу керування м'язів визначають за формулою (В.М. Заціорский, Б.И. Прилуцкий, 1984):

$$W_{i,i+1} \Big|_{t_1}^{t_2} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M}_{i,i+1} \vec{\omega}_{i+1} dt - \int_{t_1}^{t_2} \vec{M}_{i,i+1} \vec{\omega}_i dt = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M}_{i,i+1} (\vec{\omega}_{i+1} - \vec{\omega}_i) dt, \quad (3.5)$$

де $\vec{\omega}_{i+1} - \vec{\omega}_i$ – швидкість зміни кута між $(i+1)$ і (i) ланками (між ланкова швидкість).

2.3. Точність як біомеханічний критерій технічної підготовленості висококваліфікованих лучників

Під час аналізу основної змагальної вправи у стрільбі з лука розрізняють два типи точнісних завдань. Головне завдання у стрілецькому спорті – влучення у певну точку або об'єкт. При цьому не має значення, яким чином виконується змагальна вправа (обмеження встановлюється тільки правилами змагань), головне – очкова результативність. Отож, з одного боку, необов'язково знати траєкторію ланок тіла стрільця, просторові, часові та темпо-ритмові параметри переміщення певної точки тіла лучника, необхідно лише потрапити у визначену ціль (у мішень, якомога ближче до її центру). Такі рухові завдання називають завданнями влучення, а точність – цільовою точністю. З другого боку, теоретично і практично доведено, що для виконання головню-

го (першого) завдання необхідно забезпечити точність руху робочих ланок тіла практично по усіх їхніх траєкторіях (приклад – постановка руки, котра утримує лук, збереження кінематичних параметрів під час переміщення руки, котра виконує натяг і дотяг тятиви) (рис. 2.9).

Цільова точність характеризується величиною відхилення від цілі. Залежно від конкретного виду рухового завдання використовують різні способи оцінювання точності. У стрільбі з лука завдання стрільця полягає у влученні стрілою якомога ближче до центру мішені. При цьому середня точка влучення може відхилитися від центра мішені. Це відхилення – систематична помилка влучення. Крім того, місця влучення стріли у мішень будуть розсіяні щодо середньої точки влучення. З балістики відомо, що це розсіювання описується законом нормального розподілу. Нормальний розподіл характеризується середньою величиною і стандартним (середньоквадратичним) відхиленням. Стандартне відхилення вказує величину випадкової помилки влучення. Величина, зворотна стандартному відхиленню, називається купчастістю влучення. Систематична помилка і купчастість разом характеризують цільову точність. Якщо систематична помилка дорівнює нулю, тобто якщо спортсмен попадає в центр мішені, цільова точність характеризується тільки купчастістю. У стрільбі з лука важливо розрізняти вертикальні і горизонтальні складові відхилення. У літературі трапляються поняття вертикальної і горизонтальної точності. Для оцінювання кожної з них треба знати систематичну і випадкову помилки, тобто разом чотири показники.

Відхилення від центра мішені праворуч і ліворуч залежать від азимуту, а відхилення у вертикальній площині – від кута і швидкості вильоту стріли. При цьому стріла влучає у ціль лише за суворо визначеного сполучення кута, азимуту і швидкості вильоту. Зміна однієї з цих характеристик за постійного значення іншої призводить до промаху. Спортивна практика та наукові дослідження показують, що головні труднощі в досягненні високої цільової точності полягають саме в тому, щоби забезпечити правильне сполучення кута, азимуту і швидкості вильоту стріли. У досягненні високої цільової точності істотну роль відіграє техніка виконання вправи, зокрема така організація рухів, за якої полегшується виправлення помилок, припущених під час виконання змагальної вправи. Оскільки подібна корекція відбувається до того, як стає відомим підсумковий результат дії, її називають попередньою або прелімінарною (від лат. *pre* – перед і *limin* – поріг) корекцією (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Структура типів точності у стрільбі з лука

Підсумовуючи наведене, відзначаємо, що головною умовою високої результативності лучників є висока цільова точність, яка своєю чергою зумовлена точністю кінематичних параметрів виконання змагальної вправи. Отже, доцільно здійснювати вивчення і дослідження чинників впливу на формування кута підняття лука, азимуту і швидкості вильоту стріли. Відомо, що точність руху залежить від індивідуальних особливостей людини, рівня її фізичної підготовленості, цільової настанови й інших факторів, унаслідок чого точність у спортивній практиці лучників можемо розглядати як один із основних критеріїв ефективності рухової і змагальної діяльності, а відповідно і як інтегральний критерій опанування та застосування техніко-тактичної майстерності у стрільбі з лука. Отож, точність у стрільбі з лука будемо розуміти як інтегральну кількісну характеристику, що відображає ступінь відповідності процесу координації зусиль у просторі і часі особливостям рухового завдання й умовам його реалізації.

Техніка виконання пострілу забезпечує досягнення максимальної точності за дотримання певних умов. Прицілювання має забезпечувати наведення вертикальної площини пострілу в ціль за постійного натягу тятиви та одного постійного (необхідного) кута підвищення для однієї дистанції. Траєкторія польоту стріли і точне влучання мають перебувати в одній вертикально розміщеній площині – площині пострілу. Оскільки стріла після звільнення тятиви деякий час переміщується в контакт з луком, а через нього і зі стрільцем, то необхідним є таке:

1) дії стрільця після випуску тятиви не порушували б вихідного положення прицілу впродовж певного часу, необхідного для повного відділення стріли від лука;

2) кут підвищення стріли для цієї дистанції за постійної величини розтягу лука має забезпечуватися за рахунок постійного розтягу між оком стрільця та стрілою;

3) робота лівої (що утримує лук) та правої руки (яка випускає тятиву) стрільця має проходити в площині пострілу;

4) ліва рука (при лівосторонньому затиску) відразу ж після зняття навантаження має переміщуватися тільки у напрямку та площині пострілу; Робота правої руки щодо звільнення тятиви має уникати можливості сковзання або стягування тятиви у бік від площини пострілу;

5) за певного положення затиску виникає поворот руківки лука навколо вертикальної осі, що викликає появу вихруватості у русі плечей лука, тому рука, що утримує лук, кистю лівої руки (при лівосторонньому затиску) не має призводити поворот руківки лука за рахунок затиску;

6) зміна положення осей плечей лука внаслідок натягу та випуску тятиви має проходити у площині симетрії лука і перебувати в одній площині – площині пострілу. Не повинно бути вихруватості ні у русі плечей, ні в русі тятиви.

Наведені умови точної стрільби стали основою техніки стрільби, описаної далі.

2.4. Морфопографічна структура цілісного пострілу у стрільбі з лука

Для якісного та глибокого аналізу рухових дій і рухів під час виконання змагальної вправи необхідно використати морфологічні дані

спортсменів про їхній руховий апарат, що є складною системою з передавання й утворення силових зусиль.

Практичний досвід, педагогічні спостереження, інформація відеоаналізу свідчать про доцільність виділення семи фаз виконання змагальної вправи лучників, які загалом співпадають зі сучасними уявленнями про раціональну техніку виконання влучного пострілу (рис. 2.10).

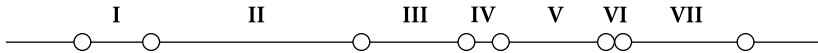


Рис. 2.10. Фазний розподіл цілісного пострілу з лука:

- I – підготовча;
- II – фаза встановлення руки, яка утримує лук;
- III – розтягування лука;
- IV – прикладка;
- V – дотяг;
- VI – власне постріл;
- VII – збереження пози

Для наочності та кращого розуміння моменту задіювання м'язів ми розробили відповідну хронокоординаційну схему (табл. 2.1). Дані для табл. 2.3 і 2.2 отримані на основі аналізу біомеханізмів організації передавання моментів сил у замкнутому біокінематичному ланцюзі верхніх кінцівок лучника (С.Г. Николаев, 2010). Використовувалися інструментальні методи електроміографії, відеоаналізу та загальні закономірності техніки виконання влучного пострілу з лука. Синхронізація даних швидкісного відеознімання та величин основних параметрів електроміограм у 18 відведеннях плечового поясу дали можливість із достатньою точністю розробити загальну хронодинамічну модель задіяння м'язів верхніх кінцівок під час виконання цілісного пострілу з лука.

Робимо висновок про те, що найбільше фізичне навантаження припадає на такі м'язи: трапецієподібний, триголовий плеча, ромбоподібний і найширший спини (права частина для праворуких), що виконують роботу динамічного характеру. Найбільш навантаженими м'язами лівої кінцівки є дельтоподібний, надостгний, плечопроменевий, великий грудний і квадратний пронатор, що виконують статичну роботу для утримання лівої (опорної) руки.

Таблиця 2.1

**Основні м'язи тіла лучника, що беруть участь
у спеціальній роботі в різних фазах виконання
цілісного пострілу з лука**

Фази пострілу	М'язи, які беруть участь у роботі	Тривалість, с
I. Підготовча	малий грудний, підключичний, передній зубчастий, трапецієподібний, ромбоподібний, нижні пучки найширшого м'яза спини, дельтоподібний, підостний, малий круглий, двоголовий плеча, супінатор, плечопроменевий, надостний, довгий відвідний великого пальця, підйімач лопатки, великий грудний, триголовий плеча, круглий м'яз-пронатор, плечовий, глибокі згиначі пальців кисті	1
II. Встановлення лівої руки	підлопатковий, найширший спини, великий круглий, великий грудний, дельтоподібний, круглий пронатор, квадратний пронатор, плечопроменевий, довга головка триголового плеча	3
III. Розтягування лука	дельтоподібний, надостний, найширший спини, трапецієподібний, підостний, ромбоподібний	1,5
IV. Прикладка	найширший спини, ромбоподібний, трапецієподібний, триголовий плеча	0,5
V. Дотяг	триголовий плеча, ромбоподібний, трапецієподібний, найширший спини, глибокий згинач пальців	1,5
VI. Власне постріл	дельтоподібний, надостний, триголовий плеча, ромбоподібний, трапецієподібний, найширший спини	0,1
VII. Збереження пози	надостний, дельтоподібний, плечопроменевий, трапецієподібний, довгий відвідний, великого пальця	2,0

Зіставивши синхронізовані дані з використанням зазначених вище методів дослідження, ми визначили групи м'язів, на котрі найбільше припадає фізичне навантаження, а також часові моменти їх задіяння у роботу привиконання пострілу з лука (табл.2.2).

Таблиця 2.2

**Задіяння м'язів верхніх кінцівок
під час виконання цілісного пострілу з лука**

М'язи	Фази пострілу, с						
	підго- товча	наве- дення	розтягу- вання лука	прик- ладка	дотяг	випуск тятиви	завер- шальна
М'язи лівої руки	1	3	4	4,5	6	6,1	8,1
квадратний пронатор							
круглий пронатор							
великий грудний							
підлопатковий							
довгий відвідний великого пальця							
плечопроменевий							
м'яз-супінатор							
малий круглий							
підключичний							
малий грудний							
підостний							
надостний							
найширший м'яз спини (ліва частина)							
дельтоподібний							
двоголовий плеча							
М'язи правої руки							
надостний							
глибокий згинач пальців							
круглий пронатор							
плечовий							
підлопатковий							
великий круглий							
передній зубчастий							
великий грудний							
підіймач лопатки							
плечопроменевий							
малий круглий							
малий грудний							
підостний							
найширший м'яз спини (права частина)							
дельтоподібний							
двоголовий плеча							
ромбоподібний							
триголовий плеча							
трапецієподібний							

2.5. Кінематичні моделі рухових дій виконання пострілу з лука

Для об'єктивізації аналізу рухів і рухових дій стрільця вважаємо за доцільне використання біомеханічних даних про руховий апарат верхніх кінцівок як матеріальну систему процесу рухів. Руховий апарат верхніх кінцівок лучника з точки зору біомеханіки є замкнутим через зброю біокінематичним ланцюгом, усі ланки котрого об'єднані в біокінематичні пари і мають між собою зв'язки, що визначають зовнішню свободу їхніх рухів. Отже, основою одного зі способів моделювання рухового апарату лучників є уявлення про руховий апарат як про систему взаємопов'язаних через суглоби біокінематичних ланок, котрі мають визначені кінематичні зв'язки та обмеження.

Загалом процес пострілу з лука полягає в діях стрільця зі звільнення натягнутої тятиви. Характер цих рухів має бути таким, щоби при цьому не змінювалися положення площини пострілу та величина вертикального кута підвищення лука, положення яких у просторі встановлюється стрільцем під час прицілювання.

Напрямок лінії пострілу визначають двома точками. Перша точка відповідає місцю, де відбувається контакт хвостовика стріли з тятивою у стані натягнутого лука, а друга точка характеризується координатами місця контакту руки, що утримує лук, з руківкою лука. Відхилення цих точок від початкового положення, котрі можуть виникати внаслідок дій лучника зі звільнення стріли (випуску), унеможлиблює точне влучання стріли у мішень. Оскільки рука, що натягує лук (зазвичай права, надалі матимемо на увазі власне її), припиняє вплив на першу точку відразу ж після звільнення тятиви, розглянемо її рух до моменту випуску. Рука, що утримує лук (зазвичай ліва) деякий час після звільнення тятиви може зумовлювати зміщення першої точки. Цей проміжок часу відповідає тривалості переміщення стріли в контакт з луком.

Отже, основне положення, яке є в основі кінематики виконання прицільного пострілу з лука, – це припущення про те, що дії лучника допускають переміщення двох зазначених точок тільки в площині пострілу. Інакше влучання в задану площу на мішені (за збереження всіх інших умов) неможливе. Це положення безпосередньо виходить з основних постулатів теорії пострілу.

Опис кінематики пострілу ґрунтується на графічному аналізі переміщення окремих ланок шарнірного механізму, котрий представляє скелет верхніх кінцівок і верхню частину тулуба людини (R. Axford, 1996). Механізм, який розглядається, підпадає під дію законів, що описує теоретична механіка. Використаємо дані закони, аналізуючи кінематику пострілу з лука.

Умовно можна уявити схему цього шарнірного механізму як це показано на рис. 2.11 та рис. 2.12. Ланки скелету виконують роль важелів і відповідають певним елементам рухової системи спортсмена (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Ланки скелета поясу верхніх кінцівок і тулуба, що беруть участь у виконанні пострілу з лука та їх умовні позначення

Ланка	Умовне позначення	Ланка	Умовне позначення
Ключиця права	Л1п	Ключиця ліва	Л1л
Лопатка права	Л2п	Лопатка ліва	Л2л
Плечова кістка правої руки	Л3п	Плечова кістка лівої руки	Л3л
Ліктьова та променева кістка передпліччя правої руки	Л4п	Ліктьова та променева кістка передпліччя лівої руки	Л4л
Об'єднана ланка кісток зап'ястка і п'ястка правої руки	Л5п	Об'єднана ланка кісток зап'ястка і п'ястка лівої руки	Л5л
Основна фаланга пальця правої руки	Л6п	Основна фаланга пальця лівої руки	Л6л
Середня фаланга пальця правої руки	Л7п	Середня фаланга пальця лівої руки	Л7л
Кінцева фаланга пальця правої руки	Л8п	Кінцева фаланга пальця лівої руки	Л8л

Важелі ланок скелета з'єднані між собою суглобами, котрі можна розглядати як шарніри обертання. Розрізняють щонайменше два типи шарнірів обертання – циліндричний, який припускає переміщення навколо однієї осі, та кулястий, де переміщення можливі в кількох площинах. У першому випадку переміщення ланок відбувається в площині, яка перпендикулярна до осі шарніра. Другий тип шарніра забезпечує

переміщення ланок усередині певного конуса з вершиною у його центрі. Максимальні значення величин куткових переміщень ланок залежать від конструкції шарнірів.

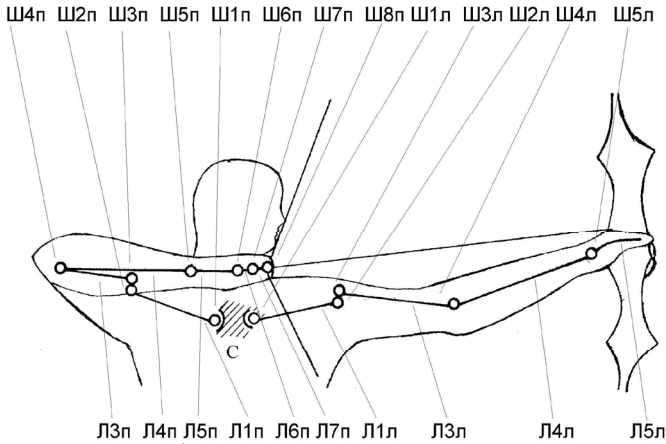


Рис. 2.11. Схема кінематичного ланцюга лучника під час виконання пострілу з лука (фронтальна площина):

- С – грудна кістка;
- Л1л, Л1п – ключиця ліва, права;
- Л2л, Л2п – лопатка ліва, права;
- Л3л, Л3п – плечова кістка лівої, правої руки;
- Л4л, Л4п – ліктьова та променева кістка передпліччя лівої, правої руки;
- Л5л, Л5п – об'єднана ланка кісток зап'ястка і п'ястка лівої, правої руки;
- Л6л, Л6п – основна фаланга пальця лівої, правої руки;
- Л7л, Л7п – середня фаланга пальця лівої, правої руки;
- Л8л, Л8п – дистальна фаланга пальця лівої, правої руки;
- Ш1л, Ш1п – суглоб, утворений грудною кісткою і лівою, правою ключицею;
- Ш2л, Ш2п – лівий, правий зовнішній ключичний суглоб;
- Ш3л, Ш3п – лівий, правий плечовий суглоб;
- Ш4л, Ш4п – лівий, правий ліктьовий суглоб;

Ш5л, Ш5п – лівий, правий променезап'ястковий та міжзап'ястковий суглоби;

Ш6л–Ш8л, Ш6п–Ш8п – проміжні суглоби пальців лівої, правої руки.

Отже, відповідно до рухливості суглобових з'єднань кісток розглянемо характер шарнірних з'єднань ланок механізму, що моделюються, де (рис. 2.11, рис. 2.12.):

❖ Ш2л, Ш2п – кулясті шарніри, які відповідають лівому та правому зовнішнім ключичним суглобам;

❖ Ш3л, Ш3п – кулясті шарніри, які відповідають лівому та правому плечовим суглобам;

❖ Ш4л, Ш4п – циліндричні шарніри, які відповідають лівому та правому ліктьовим суглобам;

❖ Ш5л, Ш5п – кулясті шарніри, які відповідають об'єднаним променезап'ястковим та міжзап'ястковим суглобам;

❖ Ш6л–Ш8л, Ш6п–Ш8п – циліндричні шарніри, які відповідають проміжним суглобам пальців лівої та правої руки відповідно.

Ця конструкція за допомогою шарнірів Ш1л та Ш1п кріпиться до нерухомої основи С, якою є грудна кістка. Відносно такої основи розглядатимемо розглядати переміщення окремих ланок кінематичного ланцюга під час виконання пострілу з лука.

Вільні крайні ланки Л5л та Л8п контактують із точками В та А (точки контактів) й утримуються в цьому положенні відповідними м'язами. Специфіка утримання лука в натягнутому стані дозволяє вважати, що місця контакту лука з ланками скелета лучника є центрами шарнірів. Причому в точці В маємо кулястий шарнір, а в точці А – складний, який припускає взаємне роз'єднання ланки Л8п і тятиви шляхом скочування тятиви. Механізм знаходиться в рівновазі під дією сил пружності лука, які прикладені в точках А та В, та міжланкових сил, що є результатом перетворення хімічної енергії на механічну у м'язових волокнах.

Щоби дія зовнішніх сил була спрямована вздовж площини пострілу, тобто лінії АВ, необхідно унеможливити появу сил, спрямованих під кутом до лінії АВ. Іншими словами, лук має “самовстановлюватися” під дією сил пружності та реакції опори. Розглянемо умови самовстановлення лука в точці В.

Складова реакції опори в точці В, що спрямована під кутом до площини пострілу, буде відсутньою, якщо момент сили тертя навколо цен-

тра шарніра в точці В дорівнюватиме нулю. Зменшенню тертя в шарнірі В сприяє “вільний” затиск руківки лука. В цьому випадку, опора в точці В є нестійкою, що допускає, в деяких випадках, ковзування по контактних поверхнях. Під час ковзування момент сили тертя в опорі буде залежати від стану поверхонь контакту та відстані від осі повороту.

Крім вільного затиску руківки лука може застосовуватися “жорсткий” затиск. Можна вважати, що при такому затиску ланка Л5л стає елементом лука. Сила натягу в цьому випадку прикладається до шарніра Ш5л. Для того, щоби момент сил тертя в шарнірі Ш5л не враховувати, напрямок сили натягу лука повинен проходити через вісь шарніра.

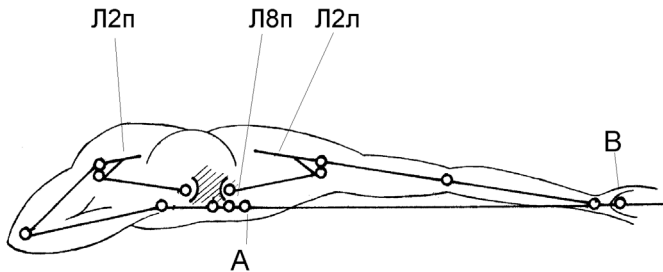


Рис. 2.12. Схема кінематичного ланцюга лучника під час виконання пострілу з лука (горизонтальна площина):

- Л2л, Л2п – лопатка ліва, права;
- Л8п – дистальна фаланга пальця правої руки;
- А – точка контакту тятиви лука з дистальними фалангами пальців руки;
- В – точка контакту руківки лука з долонею

Отже, з аналізу дії зовнішньої сили на кисть руки, що утримує лук, можна зробити проміжні висновки.

1. Основною умовою “вільного” затиску є безперешкодне самовстановлення лука під дією його пружних сил і реакції опори.
2. Мінімізація моментів сил тертя в місці контакту руки з руківкою лука та зменшення площі такого контакту є додатковими умовами оптимального виконання змагальних дій у разі “вільного” затиску.

3. За “жорсткого” затиску положення кисті на руківці лука має бути таким, щоб умовний центр об’єднаного променезап’ясткового та міжзап’ясткового суглобів був на лінії дії результуючої сили. Вільне обертання відносно зазначеного центра забезпечує розслаблення м’язів.

Проте необхідно зазначити, що самовстановлення точок В та Ш5л неможливе через появу нестійкості ланки Л5л. Практично неможливе застосування варіанту з обмеженням вільного переміщення одночасно у двох шарнірах В та Ш5л, оскільки протидія сил обертанню є причиною виникнення складових реакції опори, що спрямовані під певним кутом до лінії АВ. Ці складові після звільнення тятиви призводять до зміщення точки В від площини пострілу або спричиняють поворот лука навколо вертикальної осі. З двох можливих варіантів затиску руківки лука, на нашу думку, перевагу слід віддати “вільному”, оскільки при цьому легше враховувати чинники, зміни величин котрих спричиняють появу практично неконтрольованих моментів сил у точці В, які виводять її з рівноваги, а саме показники сили тертя між поверхнями накладки руківки лука та внутрішнього боку кисті, площі опори. Водночас, у разі “жорсткого” затиску дотримання умов самовстановлення у шарнірі Ш5л залежить від положення кисті відносно площини стрільби, ступеня напруження відповідних м’язів, де дати об’єктивну кількісну оцінку надзвичайно важко.

У період прицілювання та обробки випуску рука, котра натягує та утримує лук, впливає на тятиву через ланку Л8п. Утримання тятиви в натягнутому положенні лука відбувається за рахунок розміщення поверхні дистальних фаланг пальців практично перпендикулярно до напрямку сили пружності лука. В іншому випадку, у точці контакту тятиви з пальцями виникатимуть сили, що виводитимуть точку А з площини пострілу. Звільнення тятиви досягається зміною положення ланки Л8п відносно вектора сили пружності лука. При цьому необхідно забезпечити безперешкодне переміщення точки А вздовж лінії АВ. Існують кілька теоретичних варіантів такого переміщення. Один із можливих варіантів безперешкодного звільнення тятиви полягає у примусовому переміщенні ланки Л8п від точки А до точки В з подальшим її відведенням від лінії АВ. Це примусове переміщення необхідно здійснювати зі швидкістю більшою від швидкості руху точки А під дією пружних сил лука. Безперешкодне звільнення тятиви можливе також у разі повороту ланки Л8п відносно шарніра Ш8п під дією сили пружності лука. Для

того, щоби на місці контакту ланки Л8п не виникали сили, спрямовані під певним кутом до лінії АВ, момент тертя в шарнірі Ш8п має наближатися до нуля. Перший варіант звільнення тятиви у стрільбі з олімпійського лука на сучасному етапі практично не застосовується.

Розглянемо другий варіант. Під час натягування та утримання лука шарнір Ш8п не повинен допускати повороту ланки Л8п. Момент сили протидії обертанню має дорівнювати моментові сили натягу лука відносно цього шарніра. Як зазначалося, звільненню тятиви має відповідати такий стан шарніру, при якому момент сили протидії наближається до нуля, що теоретично можливо у разі повного розслаблення відповідних м'язів. Проте такий перехід не може відбутися миттєво. Він характеризується поступовим зменшенням величини моменту сили протидії розкриттю дистальних фаланг пальців. У міру такого зменшення, точка А переміщується уперед і вбік під дією сили пружності – Р та сили реакції опори – N, а місце контакту зміщується від початкового положення варіантом повороту, створюючи силу, котра спрямована під кутом до площини пострілу. Ця сила R дотична до контактної поверхні, що призводить до зміщення точки А, а значить – до відхилення точки прицілювання на мішені (рис. 2.13).

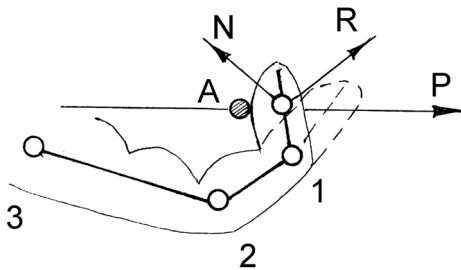


Рис. 2.13. Кінематична схема звільнення тятиви від захоплення пальцями:

- P – сили пружності;
- N – сили реакції опори;
- R – дотична до контактної поверхні;
- A – точка контакту тятиви лука з дистальними фалангами пальців руки;
- 1, 2, 3 – суглоби пальців руки

Для мінімізації переміщення точки А в бік від площини пострілу застосовують щільне притискання тятиви до підборіддя. У такому разі сила тертя буде перешкоджати вказаному переміщенню тятиви. При цьому, поворот ланки Л8п відбувається навколо тятиви до повного її відділення від пальців. Момент відділення настає при дії моменту сили протидії, величина котрого менша від початкового значення. Складова сили R, що викликає зміщення точки А з вертикальної площини стрільби, при цьому є меншою (рис. 2.14).

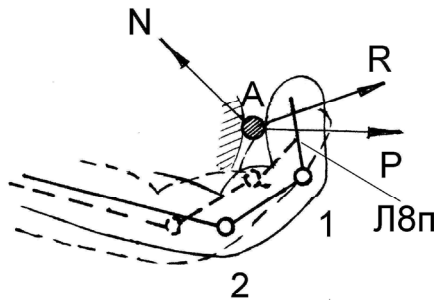


Рис. 2.14. Кінематична схема звільнення тятиви від захоплення пальцями шляхом повороту ланки Л8п:

P – сили пружності;

N – сили реакції опори;

R – дотична до контактної поверхні;

A – точка контакту тятиви лука з дистальними фалангами пальців руки;

Л8п – дистальна фаланга пальця правої руки;

1, 2 – суглоби пальців руки

Своєю чергою переміщення точки А у дотязі відбувається внаслідок зміни положення ланок правої частини кінематичного ланцюга (у разі лівосторонньої стійки лучника). Структура правої частини допускає велику кількість варіантів переміщень ланок, за яких точка А поступально переміщуватиметься в площині пострілу. З багатьох можливих варіантів розглянемо найбільш притаманні для дій лучників.

Доцільно виділити два механізми дотягу при роботі з клікером. У першому випадку дотяг відбувається шляхом переміщення кисті,

тобто ланок Л8п, Л7п, Л6п, Л5п. Така робота є цілком можливою. Багатьма вимірюваннями показано, що зусилля, яке розвивається м'язами-згиначами пальців, у 3–4 рази перевищують силу пружності лука. Для переміщення точки А в положення A_1 і збереження траєкторії у вигляді лінії АВ повинна відбутися взаємна зміна розташування ланок кінематичного ланцюга – Л8п, Л7п, Л6п та Л5п. Таке досягається за рахунок поворотів зазначених ланок навколо шарнірів Ш5п і Ш6п. Повороти відбуваються за рахунок м'язового скорочення і при цьому моменти сил м'язової тяги є більшими за моменти сил пружності лука відносно центрів зазначених шарнірів. Одночасно з цим моменти сил м'язів відносно центрів шарнірів Ш7п та Ш8п можуть дорівнювати моментів сил пружності лука. Оскільки сила пружності лука зростає зі збільшенням довжини його розтягу, то абсолютна величина моментів сил м'язових скорочень так само поступово збільшується відносно всіх шарнірів цієї частини кінематичного ланцюга. Точність переміщення точки А при цьому залежатиме від дозування м'язових зусиль, які переміщують усі ланки кисті. Неузгодженість величин моментів м'язових сил відносно шарнірів Ш5п, Ш6п, Ш7п, Ш8п призведе до переміщення точки А по дотичній до прямої АВ.

Щоби на контактному місці уникнути дій додаткових сил, котрі спрямовані по дотичній до площини пострілу, можливий варіант передавання м'язових зусиль на точку А через компенсвальну ланку. Така ланка характеризується наявністю шарнірів, які не протидіють обертанню дистальних ланок, що досягається розслабленням відповідних м'язів. За рахунок компенсвальної ланки відбувається самовстановлення лука. При його самовстановленні вільний шарнір розміщується на одній лінії з точками прикладення основних сил, тобто на лінії АВ. У правій частині кінематичного ланцюга такою компенсвальною ланкою може бути кисть. Тоді на неї покладаються функції утримання лука в натягнутому стані (основні ланки Л8п, Л7п та частково Л6п з шарнірами Ш8п, Ш7п та Ш6п; компенсвальну ланку – Л5п і Л6п з шарнірами Ш5п та Ш6п) та звільнення тятиви для виконання змагальної вправи лучників. Тобто, у звільненні тятиви беруть участь ті ж елементи кінематичного ланцюга, що і в утриманні лука в розтягнутому стані. Зусилля, які переміщують компенсвальну ланку, а також точку А, повинні розвиватися активними елементами міжланкових сил частини кінематичного ланцюга, що залишилися незадіяними в цій схемі.

Такій роботі відповідає другий тип дотягу при роботі з клікером. Розглянемо частину кінематичного ланцюга, яка складається з ланок Л1п, Л2п, Л3п та Л4п та шарнірів Ш1п, Ш2п, Ш3п, Ш4п, Ш5п. Крайнім кулястим шарніром Ш2п механізм з'єднується з нерухомою основою. Вільний шарнір Ш5п за умовою роботи повинен переміщуватися поступально вздовж площини пострілу. Структура цієї частини механізму така, що поступальному переміщенню Ш5п може відповідати різна комбінація переміщень ланок Л1п, Л2п, Л3п, Л4п. Наявність кулястих і блокоподібних шарнірів Ш2п, Ш3п і Ш5п дозволяє розглядати оберти навколо кожного з них, як оберти навколо двох взаємно перпендикулярних осей: вертикальної, яка є паралельною до площини пострілу, та горизонтальної, яка є перпендикулярною до площини пострілу. Під час аналізу переміщень ланок у кінематичному ланцюзі вважатимемо, що суміжним парам ланок залишена можливість взаємного переміщення за рахунок міжланкових сил. Така пара в цьому випадку буде переміщуватися як єдине ціле.

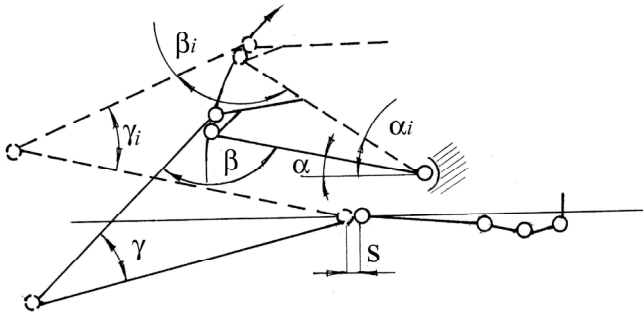


Рис. 2.15. Схема переміщення ланок кінематичного ланцюга правої руки у випадку об'єднання ланок Л1п та Л3п у спільну ланку:

α – початкове положення кута між грудиною та правою ключицею;
 β – початкове положення кута між правою ключицею та правим плечем;

γ – початкове положення кута між плечем і передпліччям;

α_i – кінцеве положення кута між грудиною та правою ключицею;

β_i – кінцеве положення кута між правою ключицею та правим плечем;

γ_i – кінцеве положення кута між плечем і передпліччям;
 S – величина лінійного переміщення кисті руки

На рис. 2.15 зображений варіант (у фронтальній площині), де ланки ЛЗп та Л4п об'єднані силами, що діють навколо шарніру Ш4п, в загальну ланку (ЛЗп, Л4п). Кожна точка цієї об'єднаної ланки проходить шлях, котрий дорівнює S . При цьому ланка має повернутися так, щоби точка ШЗп перемістилася за дугою окружності з центром у шарнірі Ш1п. Ланка Л1п також повернеться навколо цієї точки. Кінцеве положення механізму при такій роботі показано на рис. 2.15 пунктиром. Графічний аналіз цього положення доводить, що в процесі виконання пострілу у кінематичному ланцюзі змінюються кути α та β . Кут α збільшується до α_r , що є результатом роботи м'язів, які переміщують лопатку, а кут β збільшується до β_r , що є результатом, в основному, скорочення заднього пучка дельтоподібного м'яза плеча.

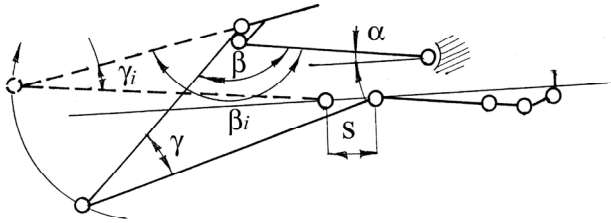


Рис. 2.16. Схема переміщення ланок кінематичного ланцюга правої руки при виконанні пострілу у випадку, коли ланка Л1п не бере участі в активній роботі:

α – початкове положення кута між грудиною та правою ключицею;
 β – початкове положення кута між правою ключицею та правим плечем;
 γ – початкове положення кута між плечем і передпліччям;
 α_i – кінцеве положення кута між грудиною та правою ключицею;
 β_i – кінцеве положення кута між правою ключицею та правим плечем;
 γ_i – кінцеве положення кута між плечем і передпліччям;
 S – величина лінійного переміщення кисті руки

На рис. 2.16 (вертикальна площина або площина пострілу) показано варіант, де ланка Л1п не бере участі у роботі механізму, тобто $\alpha = \alpha_i$. Ланки та шарніри, показані на рис.2.16, відповідають рис.2.15. Для переміщення точки Ш5п на величину S ланки Л3п та Л4п повинні переміститися у положення, показане пунктиром на рис.2.16. При цьому кут γ_i стає меншим від кута γ , що є результатом роботи згинача передпліччя, а кут β_i стає відповідно більшим від β , що є результатом роботи заднього пучка дельтоподібного м'яза плеча.

Варіант на рис. 2.16 характеризується об'єднанням ланок Л1п та Л3п у загальну ланку (Л1п–Л3п), тобто $\beta_i = \beta$. При виконанні пострілу з лука таким чином кут α_i збільшується порівнянно з α за рахунок часткового розслаблення згинача передпліччя. Особливістю цього варіанту є те, що значному переміщенню точок Ш4п та Ш3п відповідає невелике переміщення точки Ш5п.

Як показано на рис. 2.17, шлях S точки Ш5п приблизно в 3 рази менший порівняно зі шляхом у варіанті, котрий розглядався на рис. 2.14 та 2.15.

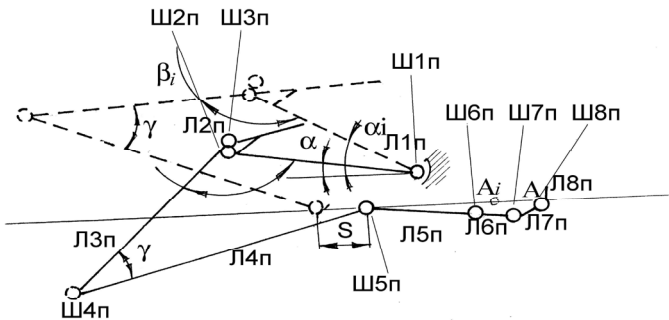


Рис. 2.17. Схема переміщення ланок кінематичного ланцюга правої руки у випадку об'єднання ланок Л3п та Л4п у спільну ланку:

- Л1п – ключиця ліва, права;
- Л2п – лопатка ліва, права;
- Л3п – плечова кістка лівої, правої руки;
- Л4п – ліктьова та променева кістка передпліччя лівої, правої руки;
- Л5п – об'єднана ланка кісток зап'ястка і п'ястка лівої, правої руки;

- Л6п – основна фаланга пальця лівої, правої руки;
 Л7п – середня фаланга пальця лівої, правої руки;
 Л8п – дистальна фаланга пальця лівої, правої руки;
 Ш1п – суглоб, утворений грудною кісткою і лівою, правою ключицею;
 Ш2п – лівий, правий зовнішній ключичний суглоб;
 Ш3п – лівий, правий плечовий суглоб;
 Ш4п – лівий, правий ліктьовий суглоб;
 Ш5п – лівий, правий променезап'ястковий та міжзап'ястковий суглоби;
 Ш6п–Ш8п – проміжні суглоби пальців лівої, правої руки
 α – початкове положення кута між грудиною та правою ключицею;
 β – початкове положення кута між правою ключицею та правим плечем;
 γ – початкове положення кута між плечем і передпліччям;
 α_i – кінцеве положення кута між грудиною та правою ключицею;
 β_i – кінцеве положення кута між правою ключицею та правим плечем;
 γ_i – кінцеве положення кута між плечем і передпліччям;
 A – початкове розташування точки контакту тятиви лука з дистальними фалангами пальців руки;
 A_i – кінцеве розташування точки контакту тятиви лука з дистальними фалангами пальців руки;
 S – величина лінійного переміщення кисті руки

Запропоновані варіанти передбачали обертання ланок довкола вертикальних осей. Можливими є також переміщення точки Ш5а й у фронтальній площині.

На рис. 2.18 та рис. 2.19 зображено дві проекції кінематичного ланцюга. Перший малюнок відповідає проекції на площину пострілу (ланку Л2п на ній не зображено). Шарнір Ш4п не допускає обертання у горизонтальній площині, тому кут при виконанні пострілу залишатиметься без змін. За цих умов можлива така зміна взаєморозташування ланок кінематичного ланцюга, яка забезпечує доцільне переміщення точки Ш5п. Вона полягає у зміні кута α за рахунок обертання ланки Л1п у шарнірі Ш1п. Одночасно з цим, у результаті скорочення середнього пучка дельтоподібного м'яза плеча, має збільшуватися кут ω . На горизонтальній проекції (рис. 2.19 видно, що за такої роботи кути α , β та γ змінюються

несуттєво, отже можна вважати, що ланки Л3п та Л4п переміщуються поступально в напрямку площини пострілу.

На основі аналізу можливих варіантів переміщень ланок у кінематичному ланцюзі під час виконання пострілу з лука доцільно зробити певні висновки:

1. Переміщення точки Ш5п у площині пострілу може відбуватися декількома різними способами (крім розглянутих можливі й інші комбінації варіантів).

2. Оскільки переміщення точки А має поступальний характер, для його забезпечення повинні відбутися зміни щонайменше у двох міжланкових кутах. Для здійснення такого переміщення відбувається скорочення як мінімум двох різних груп м'язів. У зв'язку з цим слід вважати помилковою думку окремих фахівців зі стрільби з лука про те, що дотяг проводиться за допомогою однієї групи м'язів (наприклад, тих, які переміщують лопатку), а інші групи в роботі участі не беруть. Рух ланок кінематичного ланцюга під час виконання пострілу з лука, що відбувається на основі повороту тільки в одному певному шарнірі, не є доцільним, оскільки точка Ш5п при цьому буде переміщуватиметься за дугою окружності, відхиляючись від необхідної траєкторії.

3. Для переміщення точки А в площині пострілу необхідна повна узгодженість рухів ланок кінематичного ланцюга у відповідних шарнірах у часі та просторі. Неузгодженість цих рухів призводить до відхилення від траєкторії, тобто виводить точку А із площини стрільби. Узгодженість дій потрібних груп м'язів базується на високій координації та високому рівні розвитку м'язових відчуттів. Зазначені властивості є змінними, а поточний стан залежить від багатьох причин: рівня спеціальної підготовленості, фізіологічного та психологічного стану стрільця, часу дня, температури навколишнього середовища тощо. Виходячи з наведеного, серед розглянутих варіантів, найбільш прийнятним є варіант, показаний на рис. 2.18, де точний рух точки А в площині пострілу практично не залежить від узгодженості рухів ланок Л1п, Л3п, Л4п, оскільки ці ланки діють як єдине ціле. Похибки траєкторії точки А в цьому варіанті можуть виникати тільки по вертикалі, що можна проконтролювати та чого можна запобігти за рахунок щільної фіксації кисті під нижньою щелепою.

4. Вибір певного варіанту дотягу проводиться з урахуванням індивідуальних особливостей стрільця, ступеня розвитку окремих груп м'язів, рухомості окремих суглобів, особливостей анатомічної будови.

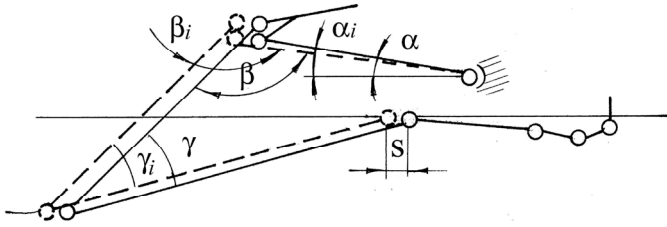


Рис. 2.18. Схема переміщення ланок кінематичного ланцюга правої руки у горизонтальній площині:

- α – початкове положення кута між грудиною та правою ключицею;
- β – початкове положення кута між правою ключицею та правим плечем;
- γ – початкове положення кута між плечем і передпліччям;
- α_i – кінцеве положення кута між грудиною та правою ключицею;
- β_i – кінцеве положення кута між правою ключицею та правим плечем;
- γ_i – кінцеве положення кута між плечем і передпліччям;
- S – величина лінійного переміщення кисті руки

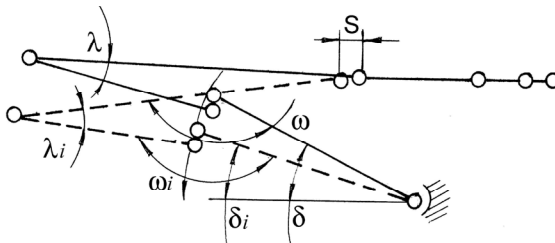


Рис. 2.19. Схема переміщення ланок кінематичного ланцюга правої руки у фронтальній площині:

- α – початкове положення кута між грудиною та правою ключицею;
- β – початкове положення кута між правою ключицею та правим плечем;
- γ – початкове положення кута між плечем і передпліччям;
- α_i – кінцеве положення кута між грудиною та правою ключицею;

- β_1 – кінцеве положення кута між правою ключицею та правим плечем;
- γ_i – кінцеве положення кута між плечем і передпліччям;
- S – величина лінійного переміщення кисті руки

Розглянемо ліву частину кінематичного ланцюга, який зображено на рис. 2.10.

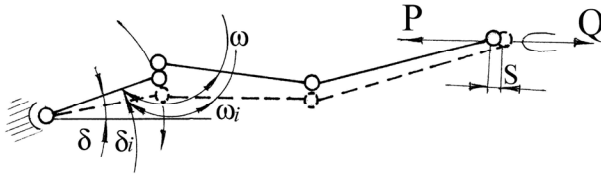


Рис. 2.20. Схема переміщення ланок кінематичного ланцюга лівої руки у горизонтальній площині:

- δ – початкове положення кута між грудиною та лівою ключицею;
- ω – початкове положення кута між правою ключицею та лівим плечем;
- δ_i – кінцеве положення кута між грудиною та лівою ключицею;
- ω_i – кінцеве положення кута між правою ключицею та лівим плечем;
- P – сила пружності лука;
- Q – сила опори;
- S – величина лінійного переміщення кисті руки

Як було вказано, у період прицілювання та обробки пострілу, лук під дією зусилля натягу самовстановлюється між точками А і В. Зрівноваженому стану відповідає дія рівних за величиною сил у точках А та В, що спрямовані в протилежні боки і перебувають у площині пострілу. Так само під дією сили натягу знаходиться і крайня ланка Л5л лівої частини кінематичного ланцюга. Статичне положення цієї частини характеризується зрівноваженням моментів сили натягу лука відносно осей шарнірів. Узагальнені моменти сил опори створюють зусилля Q , прикладене до точки В на ланці Л5л, яке дорівнює за величиною силі пружності P натягнутого лука і спрямоване у зворотний бік, але в площині пострілу. У момент звільнення тятиви перестає діяти сила пружності

Р, і тоді під дією сили Q точка В отримує переміщення у напрямку дії цієї сили. Таким чином, природним напрямком відходу лівої руки після пострілу є її рух уздовж площини пострілу в бік мішені. Аналіз сил, які діють на ліву руку, дає підставу вважати думку деяких фахівців про те, що природним відходом лівої руки є її рух назад–вниз помилковою (відповідно до термінології з анатомії).

Відхід лівої руки назад–вниз у певної частини лучників пояснюється додатковим напруженням чи розслабленням м'язів плечового поясу. З цієї ж причини може відбуватися відхід лівої руки у будь-якому іншому напрямку. Для включення в роботу додаткових м'язів немає теоретичних підстав. Тому у випадку, коли стріла ще не залишила лук, а в роботу включаються додаткові групи м'язів або окремі м'язи, точка В зміщується, що призводить і до зміщення точки прицілювання. Таку роботу лівої руки слід визнати помилковою. Додаткове включення або розслаблення м'язів, яке сталося після того, як стріла залишила лук, не впливає на точність її польоту і на кінцеву результативність.

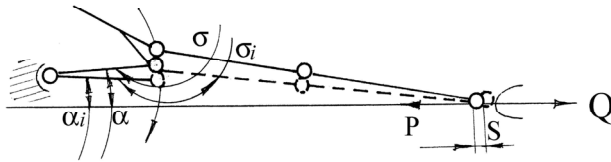


Рис. 2.21. Схема переміщення ланок кінематичного ланцюга лівої руки у фронтальній площині:

- α – початкове положення кута між грудиною та лівою ключицею;
- σ – початкове положення кута між правою ключицею та лівим плечем;
- α_1 – кінцеве положення кута між грудиною та лівою ключицею;
- σ_1 – кінцеве положення кута між правою ключицею та лівим плечем;
- P – сила пружності лука;
- Q – сила опори;
- S – величина лінійного переміщення кисті руки

Для ілюстрації наведеного на рис. 2.20 показано кінематичну схему роботи лівої руки. Поступальному переміщенню ланки Л5л відповідають обертові рухи ланок. Як і під час роботи правої руки, центрів

обертання має бути не менше ніж два. Під час стрільби з лука шарнір Ш4л, як правило, у переміщеннях ланок лівої частини кінематичного ланцюга участі не бере – лікоть лівої руки випрямлений наскільки це можливо та закріплений у такому положенні напруженням відповідних м'язів. Під час стрільби з використанням вільного затиску аналогічно закріплюється шарнір Ш5л. Тоді поступальний рух точки В супроводжується обертанням ланки Л1л у шарнірі Ш1л і об'єднаної ланки (Л3л-Л4л-Л5л) у шарнірі Ш3л. На рис. 2.21 розглянуто варіант переміщення аналогічних ланок навколо горизонтальних осей шарнірів. На основі міркувань, викладених при аналізі переміщень ланок правої руки, такий варіант змін у розташуванні ланок лівої руки після пострілу (рис. 2.21) з кінематичної точки зору виявляється найбільш прийнятним.

2.6. Внутрішня модель технічної підготовленості лучників високої кваліфікації.

Разом із кінематичною структурою виконання змагальної вправи лучників, яка за сприйняттям є зовнішньою, не менш важливим для теорії є розуміння та кількісне визначення внутрішньої структури виконання пострілу з лука. Власне кажучи, за сукупністю всіх основних внутрішніх взаємозв'язків у системі рухів, а також взаємодій спортсмена із зовнішнім середовищем під час виконання вправи визначається спеціальна координація стрільця.

Серед інструментальних методик достатньо інформативною для з'ясування особливостей координації роботи груп та окремих м'язів і водночас доступною для використання у польових умовах є методика дослідження їх електричної активності на основі запису біопотенціалів з поверхні тіла людини – інтерференційної (поверхневої) електроміограми (ІЕМГ). Аналіз ІЕМГ поширений у практиці спортивних досліджень, оскільки дозволяє проаналізувати активність різних груп м'язів під час виконання рухів чи підтримання положення тіла у просторі, розвиток утоми під час виконання фізичних вправ (N. Masso, F. Rey, D. Romero, G. Gual, L. Costa, A. German, 2010).

Дослідження внутрішньої координаційної структури технічної підготовленості лучників високої кваліфікації поділялися на дві частини. У першій частині ми реєстрували й аналізували ІЕМГ м'язів плечового

поясу і спини стрільця з лука в процесі виконання основної імітаційної вправи лучників – холостого пострілу. Друга частина полягала у вивченні характеристик роботи м'язів, які беруть найактивнішу участь у виконанні стрілецьких вправ у завершальній фазі пострілу лука у змагальних умовах.

Під час першої частини електроміографії електроди накладалися у 18 симетричних точках лівої та правої половини тіла над місцями локалізації основних м'язів, що беруть участь у виконанні пострілу з лука. На отриманій ІЕМГ (рис. 2.22) проаналізовано амплітудні та частотні параметри сегментів електроміограми у фазі прицілювання, тобто під час утримування лука в натягнутому стані за 1 с до звукового сигналу клікера лука.

Оскільки у різних фазах пострілу відбувається послідовна активація понад 20 м'язів спортсмена, формування цілісного уявлення про їх взаємодію необхідне для удосконалення техніки виконання пострілу та поліпшення спортивного результату.

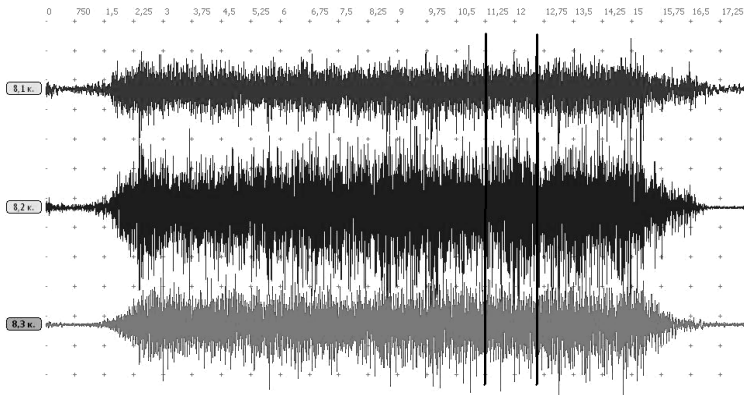


Рис. 2.22. Зразок запису ІЕМГ (три канали реєстрації) з виділеним сегментом для аналізу

Результати аналізу сегмента ІЕМГ дозволили виявити певні відмінності в електричній активності окремих м'язів (табл. 2.4), що підтверджують результати дисперсійного аналізу ($F = 29,56$ при $F_{кр} = 1,65$). Зокрема, максимальна амплітуда коливалася від $10,08 \pm 0,85$ мВ (лівий

m. deltoideus, надостьова частина) до $2,06 \pm 0,18$ мВ (праві *m. infraspinatus*, *m. latissimus dorsi*). Аналогічну залежність виявлено для показника середньої амплітуди, яка становила відповідно $2,61 \pm 0,18$ мВ та $0,56 \pm 0,03$ мВ. Найвищу електричну активність зареєстровано для *m. deltoideus*, у межах якого найвищі електричні потенціали зафіксовано під електродом, розташованим над надплечовою частиною цього м'яза (рис. 2.23).

Дещо слабшою була електрична активність *m. trapezius*. Найнижчою виявилась електрична активність *m. infraspinatus*, *m. teres major et minor* та *m. latissimus dorsi*.

Таблиця 2.4

Показники інтерференційної міограми окремих м'язів стрільців з лука під час виконання прицілювання ($M \pm m$, $n = 21$)

М'яз і його частини		Максимальна амплітуда (мВ)		Середня амплітуда (мВ)		Середня частота (Гц)		Амплітудно-частотне співвідношення (мкВ·с)	
		прав.	лів.	прав.	лів.	прав.	лів.	прав.	лів.
<i>m. deltoideus</i>	ключична	3,93± 0,45	9,05± 0,95	0,97± 0,10	1,99± 0,20	310,57± 9,06	297,19± 7,96	3,24± 0,33	6,85± 0,72
	надплечова	6,52± 0,51	10,08± 0,85	1,57± 0,12	2,61± 0,18	297,43± 4,76	288,67± 9,19	5,29± 0,40	9,22± 0,71
	остьова	4,99± 0,32	7,09± 0,54	1,07± 0,06	1,70± 0,16	284,00± 8,44	329,38± 9,55	3,81± 0,23	5,15± 0,59
<i>m. trapezius</i>	висхідна	3,76± 0,39	4,24± 0,33	0,96± 0,08	1,07± 0,07	251,36± 13,60	291,29± 7,23	3,92± 0,27	3,68± 0,24
	поперечна	4,29± 0,50	5,07± 0,34	1,00± 0,09	1,22± 0,07	284,78± 14,18	269,71± 7,26	3,52± 0,33	4,50± 0,22
	низхідна	3,12± 0,38	3,44± 0,32	0,75± 0,07	0,80± 0,06	274,89± 16,26	296,29± 6,16	2,67± 0,14	2,70± 0,21
<i>m. infraspinatus</i>		2,06± 0,14	2,71± 0,15	0,56± 0,03	0,76± 0,04	291,43± 11,84	291,90± 5,10	1,99± 0,13	2,60± 0,15
<i>m. teres major et minor</i>		2,85± 0,31	3,21± 0,39	0,72± 0,06	0,79± 0,09	309,67± 7,96	313,29± 10,42	2,35± 0,23	2,49± 0,27
<i>m. latissimus dorsi</i>		2,06± 0,18	2,42± 0,25	0,57± 0,03	0,61± 0,06	284,47± 23,23	277,27± 21,86	2,34± 0,24	2,51± 0,21

Визначено також, що електрична активність м'язів лівої половини тіла в усіх випадках перевищувала аналогічні показники симетричних м'язів, розташованих справа (хоча ця відмінність не завжди мала достовірний характер). Найбільша різниця (в 1,7 разу) спостерігається

між правим і лівим *m. deltoideus*. На основі виявлених закономірностей про збільшення амплітуди ІЕМГ при зростанні сили скорочення м'язів (Т. R. Roberts, А.М. Gabaldon, 2008, Н. Wagner, К. Bostrom, В. Rinke, 2011) можна припустити різну силу скорочення цих м'язів під час прицілювання. Водночас оскільки характер залежності децю відрізняється для різних груп м'язів, необхідно враховувати й інші параметри ІЕМГ, зокрема середню частоту коливань, яка може вказувати на тип задіяних у скороченні рухових одиниць.

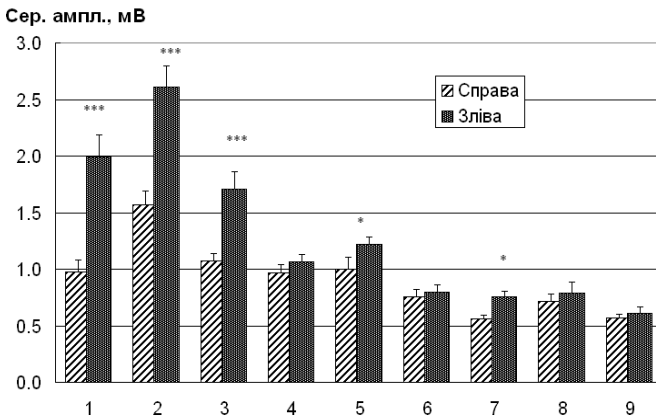


Рис. 2.23. Середня амплітуда ІЕМГ упродовж 1 с прицілювання. М'язи: 1, 2, 3 – *m. deltoideus* (ключична, надплечова й остьова частина), 4, 5, 6 – *m. trapezius* (висхідна, поперечна та низхідна частини); 7 – *m. infraspinatus*; 8 – *m. teres major et minor*; 9 – *m. latissimus dorsi*.

Достовірність різниці показників між м'язами справа та зліва:

* – $p < 0,05$, *** – $p < 0,001$

Середня частота електричних коливань, зареєстрованих під час виконання фінальних рухових дій стрільця для різних м'язів (табл. 2.4), змінювалася від $251,36 \pm 13,60$ Гц (правий *m. trapezius*, висхідна частина) до $329,38 \pm 9,55$ (лівий *m. deltoideus*, остьова частина). Результати дисперсійного аналізу свідчать про наявність відмінностей частотних характеристик біопотенціалів різних м'язів ($F = 2,22$ при $F_{кр} = 1,65$).

Зокрема, середня частота коливань 310–330 Гц виявлена для правого та лівого *m. teres major et minor* й окремих пучків *m. deltoideus*. Для деяких частин *m. trapezius* та *m. latissimus dorsi* середня частота коливань становила 250–280 Гц. Високі частоти коливань свідчать про використання для виконання вправи великих (швидких, фазних) рухових одиниць м'язів. Водночас на цьому етапі досліджень не вдалося виявити чітку закономірність залежності середньої частоти коливань від анатомофізіологічних особливостей будови, розміщення чи роботи м'язів. Можливою причиною цього, як і високих значень частоти коливань, може бути явище «затікання» потенціалів з інших м'язів (*muscle cross-talk*), що збільшує частотні характеристики коливань.

Порівняння наших результатів з даними інших авторів свідчать про те, що отримане співвідношення амплітуди біопотенціалів *m. deltoideus* та *m. trapezius* близьке до виявленого для кваліфікованих стрільців японської школи (Н. Nishizono, Н. Shibayama, Т. Izuta, К. Sito, 1987). Водночас аналіз наших даних показує більшу перевагу активності м'язів лівої половини тіла. Більшу електричну активність *m. deltoideus* порівнянно з *m. trapezius* виявлено також в одному з досліджень (С. Tinachi, 2001). Проте різниця амплітуд нормалізованої ІЕМГ для цих м'язів була меншою, ніж у наших дослідженнях. Певне переважання активності лівого *m. deltoideus* порівнянно з правим виявлено також в інших працях (J. Edelmann-Nuser, 2001, N. Masso, F. Rey, D. Romero, 2010). Водночас у цих працях зареєстровано порівнянно високу активність окремих частин *m. trapezius*. На жаль у своїх дослідженнях автори не наводять схем розташування електродів і застосовують графічний аналіз, а не наводять цифрові дані. Це разом із відсутністю комплексного аналізу значної групи м'язів спини унеможливило детальніше порівняння отриманих результатів.

Друга частина електроміографічних досліджень стосувалася вивчення характеристик функціонування різних м'язів лучника під час пострілу. Для цього виконували синхронну реєстрацію ІЕМГ м'язів, які беруть найактивнішу участь у виконанні стрілецьких вправ, і порівнювали зміни їх електричної активності у завершальних фазах пострілу.

Дослідження отриманої ІЕМГ полягало у визначенні амплітудних і частотних параметрів сегментів електроміограми у заключній фазі пострілу – упродовж 1 с до та після випуску стріли. Ми підтвердили виявлену в попередньому нашому дослідженні різницю електричної активності різних груп м'язів. Передусім, найвищу електричну актив-

ність зареєстровано для лівого *m. deltoideus* (табл. 2.5). Депо нижчою була максимальна та середня амплітуда електричних коливань правого *m. deltoideus* і *m. trapezius*, а найнижчою вона була для правого *m. rhomboideus major*. Середня частота електричних коливань різних м'язів практично не відрізнялася.

Таблиця 2.5

**Електрична активність м'язів лучника
впродовж 1 с до випуску тятиви**

М'яз	Макс.амп. (мкВ)	Сер.амп. (мкВ)	Сум.амп. (мВ/с)	Сер.част. (1/с)	Ампл./част (мкВ·с)
<i>m. deltoideus</i> (прав.)	4246,47 ± 375,64	983,43 ± 71,64	291,47 ± 27,95	292,66 ± 11,93	3,39 ± 0,24
<i>m. trapezius</i> (прав.)	3032,93 ± 420,15	829,57 ± 114,71	229,87 ± 34,25	268,00 ± 17,51	3,13 ± 0,40
<i>m. rhomboideus</i> <i>major</i> (прав.)	2325,64 ± 296,50	605,16 ± 58,84	176,34 ± 26,28	273,07 ± 24,93	2,41 ± 0,26
<i>m. deltoideus</i> (лів.)	10861,68 ± 1478,69	2821,22 ± 387,40	704,01 ± 91,33	257,09 ± 12,77	11,66 ± 1,89

Візуальний аналіз ІЕМГ м'язів плечового поясу та спини стрільців у завершальній фазі пострілу виявив певні індивідуальні особливості часової динаміки їхньої електричної активності. Зокрема, для правого *m. deltoideus* (рис. 2.24) виявлено такі варіанти зміни активності – швидко різке зниження амплітуди електричних коливань після випуску тятиви (приблизно у 75% стрільців), плавне зниження амплітуди (\approx у 20% стрільців) та навіть зростання активності впродовж першої секунди після випуску з наступним плавним її зниженням (\approx у 5% стрільців). Для правого *m. trapezius* (висхідна частина) виявлено такі варіанти зміни електричної активності впродовж першої секунди після пострілу (рис. 2.24) – невелике збільшення (\approx у 35% стрільців) чи відсутність змін (\approx у 20%, на рисунку не показано), різке збільшення (\approx у 20%), плавне зниження активності (\approx у 25% спортсменів).

Активність правого *m. rhomboideus major* також змінюється у різних осіб неоднаково. Зокрема, у \approx 30% лучників зміни амплітуди електричних коливань цього м'яза в межах однієї секунди до та після

пострілу візуально не виявляються, у $\approx 45\%$ стрільців спостерігається невелике зменшення, а у $\approx 25\%$ – зростання величини коливань (рис. 2.25). Електрична активність лівого *m. deltoideus* найвища серед проаналізованих м'язів.

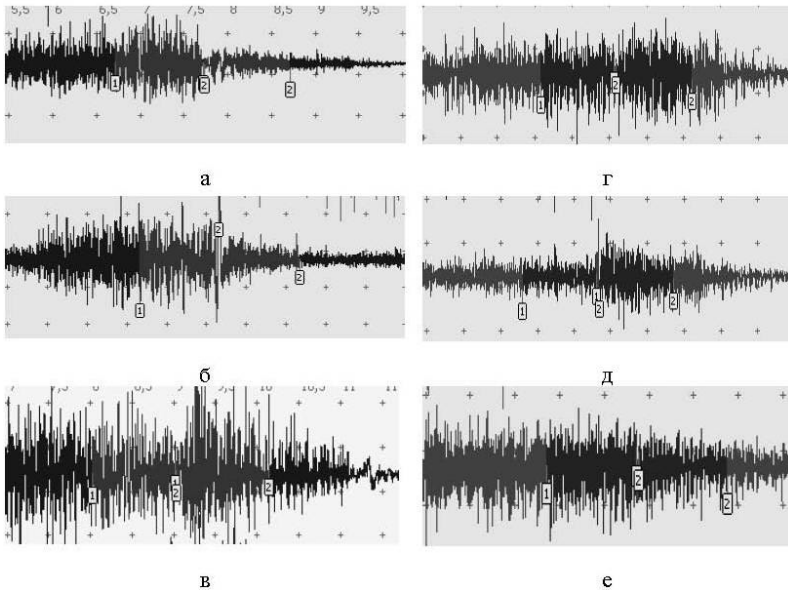


Рис. 2.24. Зміна активності м'язів у завершальних фазах пострілу, де а, б, в – зміни активності *m. deltoideus* (прав.); г, д, е – зміни активності *m. trapezius* (прав.).

Цифри 1 і 2 позначають часові моменти початку та завершення 1-секундних сегментів ІЕМГ до та після випуску стріли

Аналіз коливань її активності під час пострілу засвідчив найменші зміни величини активності порівняно з іншими м'язами. Водночас виявлено окремі індивідуальні особливості цих змін (рис. 2.25). Зокрема, величина електричних коливань після випуску тятиви може дещо зменшуватися (у $\approx 40\%$ стрільців) або різко знижуватись (у $\approx 20\%$ спортсменів, на рисунку не показано), дещо збільшуватись (у 30% спортсменів), або практично не змінюватись у межах 1 секунди ($\approx 10\%$ спортсменів).

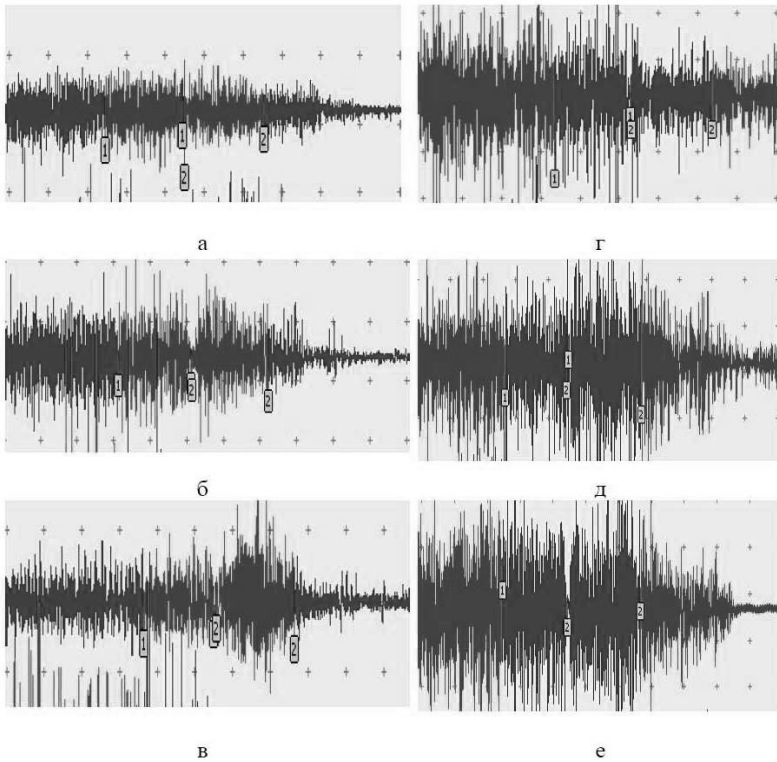


Рис. 2.25. Зміна активності м'язів у завершальних фазах пострілу, де а, б, в – зміни активності *m. rhomboideus major* (прав.); г, д, е – зміни активності *m. deltoideus* (лів.).

Цифри 1 і 2 позначають часові моменти початку та завершення 1-секундних сегментів ІЕМГ до та після випуску стріли

Очевидно, що такі зміни активності м'язів у завершальній фазі пострілу обумовлені змінами їх навантаження та довжини у момент розриву кінематичного ланцюга під час випуску стріли. Зокрема, зменшення у цей момент навантаження на правий *m. deltoideus* (табл. 2.6) зумовлює закономірне зменшення його електричної активності у переважній більшості стрільців ($\approx 95\%$ спортсменів). Збільшення електричної активності цього м'яза після випуску стріли (≈ 5 стрільців) може

бути обумовлене намаганням утримати руку в максимально високому положенні після завершення пострілу.

Таблиця 2.6

**Зміни амплітуди коливань ІЕМГ упродовж 1 с після пострілу
(за 100% прийняті показники,
zareєстровані впродовж 1 с до пострілу)**

№ з/п	Середня амплітуда (%)			
	<i>m. deltoideus</i> (прав.)	<i>m. trapezius</i> (прав.)	<i>m. rhomboideus</i> <i>major</i> (прав.)	<i>m. deltoideus</i> (лів.)
1	51,33 ± 3,84	92,38 ± 2,97	75,35 ± 2,69	67,00 ± 1,82
2	121,66 ± 6,83	137,70 ± 6,39	115,67 ± 3,50	79,96 ± 1,41
3	50,56 ± 2,41	146,80 ± 4,05	73,00 ± 5,63	128,29 ± 8,49
4	55,62 ± 2,54	173,20 ± 10,55	79,43 ± 2,72	65,14 ± 3,76
5	51,12 ± 3,08	80,35 ± 5,38	84,69 ± 6,49	118,95 ± 9,79
6	43,00 ± 1,11	185,53 ± 16,14	111,10 ± 4,51	120,98 ± 2,79
7	40,11 ± 1,51	141,44 ± 6,66	86,40 ± 2,25	<i>105,38 ± 5,09</i>
8	25,28 ± 1,89	<i>101,06 ± 4,26</i>	76,59 ± 5,03	67,17 ± 3,51
9	36,74 ± 2,11	126,21 ± 4,42	93,56 ± 3,21	136,60 ± 6,59
10	51,12 ± 2,54	73,93 ± 3,07	90,40 ± 3,61	53,58 ± 2,00
11	36,70 ± 1,17	123,98 ± 4,66	131,81 ± 5,07	52,73 ± 2,59
12	58,75 ± 2,28	<i>109,74 ± 7,77</i>	<i>96,10 ± 2,71</i>	84,41 ± 5,00

*Примітка. Курсив – різниця між сегментами ІЕМГ недостовірна.

Для правого *m. trapezius* (всхідна частина) після випуску стріли у більшості випадків (≈ 60 спортсменів, ще \approx у 15% збільшення недостовірне) характерне збільшення електричної активності. Це може вказувати на те, що до моменту випуску він не бере значної участі в підтримуванні натягу тятиви, а після завершення напружується внаслідок руху руки стрільця назад і вгору. Цікаво, що у трьох випадках різке збільшення активності правого *m. trapezius* після випуску стріли поєднується зі зростанням активності правого *m. rhomboideus major*, яка у більшості спортсменів не змінювалася чи зменшувалася ($\approx 80\%$ лучників). Можливо, що таким чином відбувалася компенсація зусиль м'язів у горизонтальній площині, щоби зменшити зміщення у ній по-

ясу верхніх кінцівок (правої частини) після пострілу. Електрична активність лівого *m. deltoideus* після пострілу змінювалася неоднозначно. Зокрема, у $\approx 55\%$ випадків вона зменшувалася, хоча лише у $\approx 15\%$ випадках – різко. Водночас, наявне збільшення у $\approx 30\%$ осіб було тимчасовим і не тривало більше ніж 2 секунди. Вочевидь, зменшення активності цього м'яза обумовлене зниженням його напруження після випуску стріли, а транзйентні коливання після пострілу виникають унаслідок намагання спортсмена утримати руку та зброю від вертикального зміщення.

2.7. Вплив зовнішніх чинників-завад на технічну підготовленість стрільців із лука

Антропотехнічна система “стрілець – зброя” часто потрапляє під вплив чинників-завад. Одним із таких основних чинників є вітрове навантаження. У рамках динаміки матеріальної точки сформулюємо основні рівняння і початкові умови для низки задач, що мають практичний інтерес для системи з урахуванням дії сили вітру (А.Н. Тихонов, Д.П. Костомаров, 1984).

Для врахування впливу вітрових навантажень і створення відповідної фізико-математичної моделі, ми скористалися підходом, який полягає в тому, що система “стрілець – зброя” є об’єкт моделювання, а все, що не включено в цю підсистему, але взаємодіє з нею або взаємовпливає на неї, є зовнішнім середовищем. Зовнішнім середовищем відносно системи, таким чином, є спортсмен та оточуюче середовище, яке характеризується температурою, тиском, вологістю, дією сил тяжіння та сили вітру.

Взаємодію об’єкта моделювання зі зовнішнім середовищем розглянуто у деякому наближенні як дію певних сил (або тисків), що генеруються вітром і тяжінням.

Під час розгляду певної фізико-математичної або механіко-математичної моделі для опису стану системи використано рівняння (диференціальні рівняння у частинних похідних), котрі для однозначності розв’язку доповнено відповідними крайовими (початковими та граничними) умовами. Якщо модель описано диференціальними рівняннями у частинних похідних другого порядку (один з найпоширеніших випадків), то початкові умови задають на функції стану та її похідних, а граничні умови – як залежність між деякими параметрами стану та її

похідних. Розглянемо модель дії зовнішніх сил на об'єкт моделювання на прикладі стрільби з лука (рис. 2.26).

Тиск вітру на антропотехнічну систему “стрілець – зброя” у загальному випадку можна записати у вигляді

$$P(t) = A_0(t) [S(t - t_1) - S(t - t_2)], \quad (3.1)$$

де $P(t)$ – тиск вітру, $A_0(t)$ – амплітуда функції, S – функція Хавісайда, t – час, t_1, t_2 – час початку та кінця дії імпульсу.

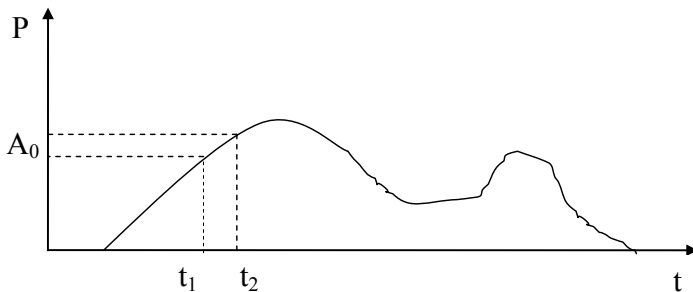


Рис. 2.26. Графічна модель дії зовнішніх сил (тиску вітру) на зброю

Рухи об'єктів можна умовно розділити на два класи залежно від того, залишається об'єкт поблизу певного середнього положення, чи такого положення немає.

Прикладами руху одного класу є політ стріли, кулі, заряду дробу, рух тіла, кинутого під кутом до горизонту. Як приклади руху другого класу є коливання маятника, вібрація струни музичного інструмента. Відзначимо, що один і цей же рух іноді можна зарахувати до будь-якого з цих класів залежно від бачення явищ – так хвилі океану рухаються до берега, але частинки води здійснюють рухи вгору й униз, а також уперед і назад відносно певного середнього положення.

Рух матеріальної точки масою m під дією сил \vec{F} описується рівняннями, що є законами збереження кількості руху або другим законом Ньютона.

Основною задачею динаміки матеріальної точки є така: знаючи сили, які діють на матеріальну точку, а також її початкове положення і початкову швидкість, визначити закон руху точки.

Сила \vec{F} залежить від часу і від швидкості руху матеріальної точки або тіла.

Інтегрування рівнянь руху при початкових умовах дає можливість отримати залежність координат руху точки від часу, початкового положення тіла та початкової швидкості.

Будемо вважати, що на матеріальну точку діють три сили, а саме: сила тяжіння, сила опору повітря і сила вітру.

Сила тяжіння спрямована вертикально вниз і рівна по величині mg , де g – прискорення вільного падіння.

Закон опору середовища досить складний. Доведено, що при малих швидкостях (до 0,1 м/с) опір середовища можна вважати пропорційним першому ступеню швидкості. Для дозвукових швидкостей (приблизно до 240 м/с) опір повітря пропорційний другому ступеню швидкості. Якщо замість матеріальної точки розглядати певне тіло, то в аеродинаміці вважають, що числове значення сили опору \vec{R} можна обчислити за формулою

$$\vec{R} = \frac{1}{2} c_x \rho S v^2, \quad (3.6)$$

де ρ – густина повітря, S – площа так званого мидилевого перетину, тобто площа проекції тіла на площину, перпендикулярну до напрямку його швидкості, c_x – безрозмірний коефіцієнт опору, значення якого залежить від форми тіла. При дозвукових швидкостях величину можна вважати постійною. Напрямок сили опору повітря протилежний до напрямку вектора швидкості.

Силу вітру в загальному випадку можна записати у такому вигляді:

$$\vec{F}_g = \vec{F}(t, \vec{r}). \quad (3.7)$$

Відзначимо, що вітрове навантаження, у нашому конкретному випадку, має простіший вигляд. Зрозуміло, що зміна сили вітру по осі z (ріст стрільця) відсутня. Практично не змінюється сила вітру і стосовно до максимальної висоти, яку може досягти стріла або заряд дробу, що становить не більше декількох десятків метрів, тобто

$$\vec{F}_e = \vec{F}_e(t). \quad (3.8)$$

Використовуючи ідею моделювання за аналогією, розглянемо вплив вітрового навантаження на систему.

Існують досить прості формули в механіці, які дозволяють установити стійкість колони, яка перебуває під дією власної ваги без яких-небудь додаткових кріплень, і на яку діють вітрові навантаження (рис. 2.27, 2.28).

Якщо тіло масою m , висотою h і діаметром d знаходиться на поверхні землі під дією власної маси, тоді втрата рівноваги такого тіла настане, коли до нього прикласти сили з моментом перекидання

$$M \geq m g \frac{d}{2}, \quad (3.9)$$

де g – прискорення вільного падіння. Таку пару можна реалізувати, наприклад, за допомогою горизонтальної сили \vec{F} , прикладеної до загального центру мас, тобто на висоті $h/2$ від землі. При цьому величина сили

$$F = \frac{M}{h/2} \geq mg \frac{d}{h} \quad (3.10)$$

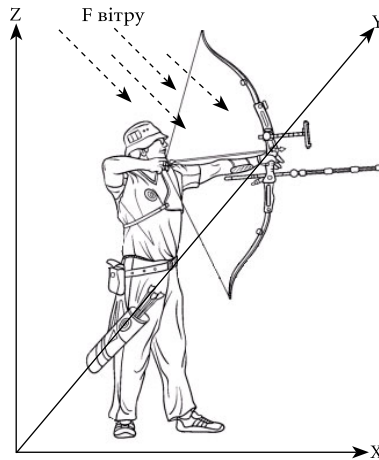


Рис. 2.27. Дія вітрового навантаження на систему „стрілець – зброя”

Підставляючи у формулу середні параметри стрільця $m = 70$ кг, $h = 1,7$ м, $d = 0,3$ м, $g = 9,81$ м/с², отримаємо:

$$F \geq m g \frac{d}{h} = 70 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,3}{1,7} = 121,2 \text{ Н} \approx 12 \text{ кГ}$$

Для оцінювання сили тиску вітру (вітрового навантаження) використовують таку формулу (Н. Н. Бухгольц, 1962):

$$\vec{P} = k \vec{q}, \quad (3.11)$$



Рис. 2.28. Проекція центру мас системи на горизонтальну площину

де \vec{P} (кГ/м²) – тиск вітру, k – аеродинамічний коефіцієнт, залежний від форми і положення об'єкта, q (кГ/м²) – швидкісний тиск вітру, що відповідає найпоширенішому для цієї місцевості значенню швидкості вітру з урахуванням особливих поривів.

Величина q залежно від швидкості вітру, визначається таким чином:

$$q = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{v^2}{2}, \quad (3.11)$$

тут γ – густина повітря (звично становить 1,23 кг/м³ при $P_{\text{атм}} = 760$ мм рт. ст. при $t_{\text{атм}} = 15^\circ\text{C}$).

Таким чином, щоби на площу $S = d \cdot h$ подіяла $F = 12$ кг, необхідно, щоби швидкість вітру була

$$v = \sqrt{\frac{16F}{d \cdot h}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 12}{0,3 \cdot 1,7}} = \sqrt{371} \text{ м/с} \approx 20 \text{ м/с}$$

Це дуже велика швидкість. Звичайно при проведенні змагань швидкість вітру 1–3 м/с вважається малою, 4–10 м/с – середньою, більше ніж 10 м/с – великою.

Розглянемо наступний конкретний приклад, а саме коливання елементів системи “стрілець–лук” під дією вітрових навантажень.

Удосконалення техніки спортивних рухів стрільців базується на осмисленні закономірностей використання педагогічного інструментарію залежно від специфіки об’єкта керування, умов його функціонування і кінцевої мети руху. В конкретному випадку об’єктом керування є структурне утворення частини плечового поясу спортсмена, що утримує лук в умовах зовнішнього вітрового навантаження, для збереження стійкості позначеної системи і вектора пружних сил у ній (рис. 2.29, 2.30).

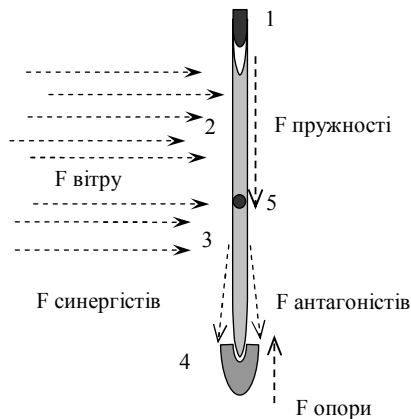


Рис. 2.29. Схема збереження положення утримувальної руки у режимі динамічної стійкості при вітровому навантаженні, де 1 – лук, 2 – передпліччя, 3 – плече, 4 – плечовий суглоб, 5 – ліктьовий суглоб

Для моделювання дій вітру ми запропонували механічну коливальну систему з неперіодичними коливаннями. Це комбінований пружинно-математичний маятник, який рухається у вертикальній площині під дією двох сил – тяжіння і пружності (рис. 2.31). Коливальна система

складається зі спіральної пружини малої маси з жорсткістю k , до якої прикріплений вантаж масою m , що кріпиться до нитки (точка Д), котра, будемо вважати, не розтягується, перекинута через блок (точка Б) і передає рівнодіючу силу в точці Г на руківку лука (1).

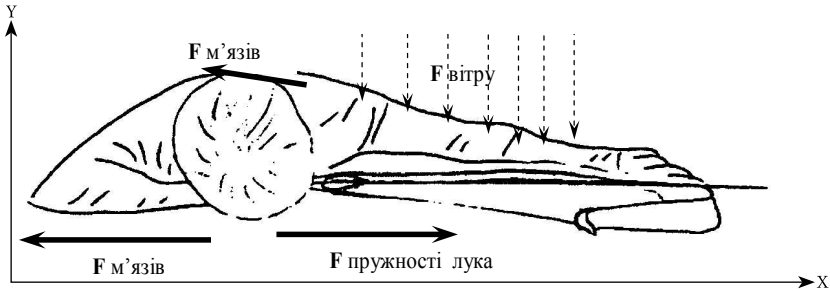


Рис. 2.30. Система координат при моделюванні дії вітру на стійкість стрільця (вигляд зверху)

У положенні А рівнодіюча всіх сил, що діє на вантаж m дорівнює 0, а при виведенні його з рівноваги – відмінна від 0 і спрямована у це положення.

Коливання системи викликаються силою тяжіння $\vec{F}_{тяж} = m\vec{g}$, силою пружності пружини $\vec{F}_{упр} = -kx$. Проекція сили тягара у напрямі руху дорівнює $\vec{F}_{тяж} = m\vec{g} \sin \alpha$. При малих кутах відхилення $\sin \alpha \approx \alpha = \frac{s}{l}$, де

s – абсолютне значення зсуву від положення рівноваги, l – довжина. Враховуючи, що напрямки зміщення і рівнодіючої сили протилежні, отри-

маємо $\vec{F} = -m\vec{g} \frac{s}{l}$, звідки знайдемо проекцію прискорення дотичної ма-

ятника до його траєкторії: $\vec{a} = -\frac{\vec{g}}{l} s$.

З іншого боку, в будь-якій точці траєкторії сила пружності (яку можна розрахувати за законом Гука) спрямована до положення рівноваги, прямо пропорційна відхиленню $\vec{F}_{упр} = -k\vec{x}$ і згідно з другим законом Ньютона: $\vec{a} = -\frac{k}{m}\vec{x}$.

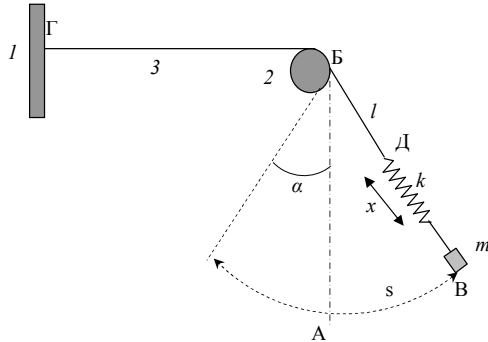


Рис. 2.31. Розрахункова схема комбінованого маятника:

- А – точка положення рівноваги вантажу;
- Б – точка дотику нитки з блоком;
- В – точка максимального відхилення вантажу від положення рівноваги;
- Г – точка кріплення нитки до руківки лука;
- Д – точка кріплення пружини до нитки;
- m – маса вантажу;
- l – довжина нитки;
- k – жорсткість спіральної пружини малої маси;
- s – шлях переміщення вантажу;
- α – кут відхилення нитки з вантажем;
- 1 – руківка лука;
- 2 – блок;
- 3 – нитка

Рівнодіюча сила дорівнюватиме $\vec{F}_{заг} = \vec{F}_{пруж} + \vec{F}_{тяж} = -k\vec{x} - m\vec{g} \frac{s}{l}$. Звід-

си видно, що сила-завада, яка моделює дію вітрового навантаження, залежить від жорсткості деформованої пружини, лінійної величини розтягування пружини, маси вантажу, довжини нитки, до якої підвішений вантаж і величини відхилення його від вертикальної лінії. Підставимо в останнє рівняння жорсткість деформованої пружини – 10 Н/м, величину розтягування пружини – 0,15 м, масу вантажу 0,1 кг, довжину нитки, до якої підвішено вантаж – 0,5 м, величину відхилення нитки від вертикальної лінії – 0,2 м, і отримаємо

$$F = -10 \text{ Н/м}^2 \times 0,15 \text{ м} - 0,1 \text{ кг} \times 9,81 \text{ м/с}^2 \times 0,2 \text{ м} / 0,5 \text{ м} = -1,8924 \text{ Н}.$$

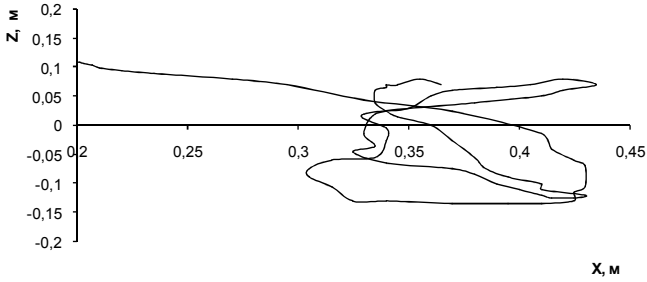


Рис. 2.32. Зміна положення вантажу після виведення його зі стану статичної рівноваги

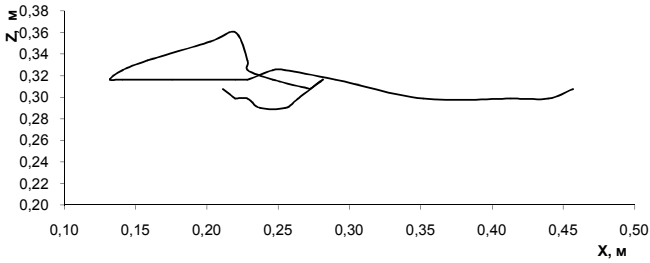


Рис. 2.33. Зміна положення точки прицілювання у МСМК під час дії сили-завади, що моделює вітер

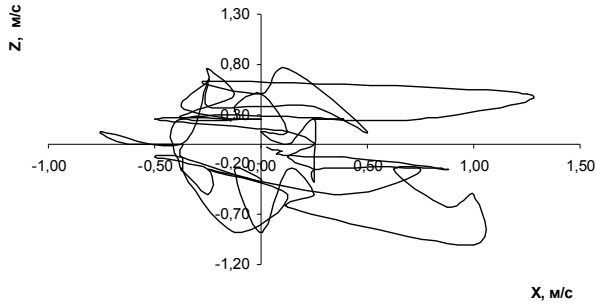


Рис. 2.34. Зміна швидкості руху вантажу після виведення його зі стану статичної рівноваги

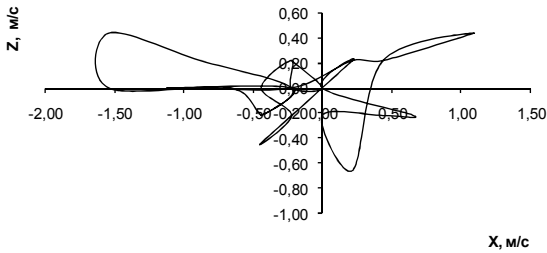


Рис. 2.35. Зміна швидкості руху точки прицілювання у МСМК під час дії сили-завади, що моделює вітер

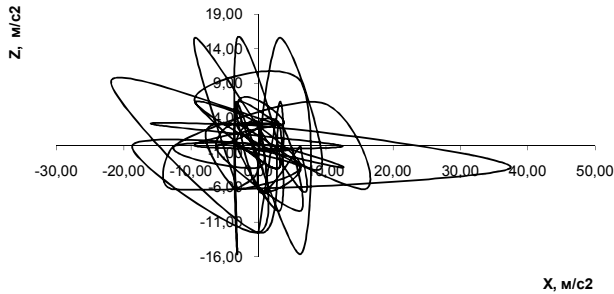


Рис. 2.36. Прискорення руху вантажу після виведення його зі стану статичної рівноваги

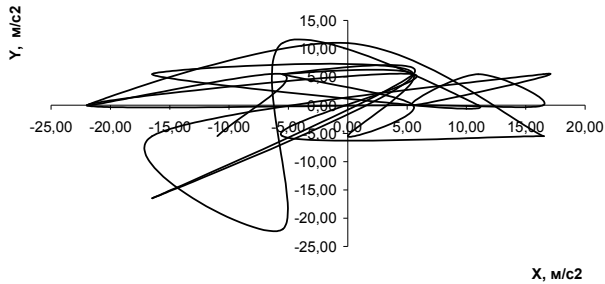


Рис. 2.37. Зміна прискорення руху точки прицілювання у МСМК під час дії сили-завади, що моделює вітер

Для експериментальної перевірки роботи тренажера – комбінованого маятника – використовувалися методи відеометрії. Фіксувалися координати ОЦМ вантажу 0,1 кг і координат проекції точки прицілювання на щиті через 0,04 с. Характер переміщення зображено на рис. 2.32, 2.33. Використовуючи відповідні розрахунки, можна визначити швидкість і прискорення (рис. 2.34 – 2.37). З рис. 2.32 – 2.37 видно, що існують неперіодичні згасаючі коливання. Спостерігається відносно велике відхилення точки прицілювання у початковій фазі стрибкоподібного руху внаслідок дій сили-завади при відведенні вантажу від точки рівноваги. Надалі переміщення і відповідно швидкість та прискорення різко зменшуються впродовж 1 – 1,5 с. Власне постріл з лука відбувається у момент мінімального переміщення. Схожа картина спостерігається й у спортивній практиці стрільців при стрільбі на відкритій місцевості при нестійкому поривчастому вітрі.

ІННОВАЦІЙНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СПЕЦІАЛЬНОЇ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ АТРОПОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ЛУЧНИК – ЛУК»

3.1. Обґрунтування та практична реалізація системи інструментального контролю спеціальної підготовки кваліфікованих стрільців

Однією з найважливіших вимог об'єктивності вивчення спеціальної підготовки і процесів, пов'язаних з її удосконаленням у стрільському спорті, є використання відповідних засобів і методів контролю. На наш погляд, процес контролю спеціальної підготовки вимагає дотримання алгоритму та визначених правил (рис. 3.1). Щоб описати процес контролю, передусім, слід визначити:

❖ мету контролю тієї чи іншої величини, яка може характеризувати рівень спеціальної підготовки;

❖ конкретний структурний елемент техніки пострілу;

❖ апріорну інформацію про спеціальну підготовленість;

❖ величину, яка контролюється;

❖ засіб контролю;

❖ результат і похибку вимірювань.

Спеціальна підготовленість повинна розглядатися як цілісна система, що характеризується численними й різноманітними зв'язками між її компонентами, і наявністю в такій системі функції призначення, котрої нема у її частинах.

Ураховуючи структуру системи спеціальної підготовки у стрільському спорті, ми розробили схему її контролю (рис. 3.2).

Ефективний контроль спеціальної підготовки має відповідати певному набору критеріїв, з-поміж яких можна виокремити основні.

1. **Точність.** Система контролю, яка подає неточну інформацію, призводить до похибок у керуванні. Отже, точність означає, що система контролю повинна бути достовірною – такою, що фіксує реальні дані.

2. **Своєчасність.** Найточніша інформація мало чого варта, якщо вона не надійшла своєчасно. Тобто система контролю повинна вчасно забезпечувати тренера чи спортсмена інформацією, скорочувати часовий інтервал між подією та її відображенням.

3. **Економність** означає, що ефекти від контролю повинні бути більшими за витрати, пов'язані з його впровадженням.

4. **Гнучкість.** Система контролю повинна бути “спроможною” враховувати зміни та “вміти” пристосовуватися до них.

5. **Зрозумілість.** Система контролю, яку важко зрозуміти (усвідомити), може бути причиною помилок підлеглих і навіть ігнорування ними самого контролю.

6. **Обґрунтованість критеріїв.** Стандарти в системі контролю мають бути обґрунтованими (виваженими).

Розглянемо кожен блок контролю спеціальної підготовленості стрільців (рис. 3.2). З рис. 3.1 бачимо, що мета контролю конкретизує рівень спеціальної підготовленості, виділяє у ній певний параметер і визначає необхідну точність вимірювань. Зрозуміло, що дослідник не може уявити собі (сприйняти) систему спеціальної підготовленості цілком, у всьому різноманітті її властивостей і в усіх взаємозв'язках. Тому її вивчення можливе лише у вигляді моделі спеціальної підготовленості. Модель системи спеціальної підготовленості лучників високої кваліфікації запропоновано в попередніх параграфах монографії. Вона відображає ці параметри спеціальної підготовленості, що є важливими для контролю. Отже, ми запропонували схему контролю спеціальної підготовленості відповідно до завдань вимірювання, відповідної моделі, умов вимірювання. Безпосереднім об'єктом контролю є конкретна фізична величина, тобто кількісно визначений рівень спеціальної підготовленості.

На рис. 3.1 окремим блоком позначено технічний засіб контролю, що характеризується нормованими метрологічними властивостями. Засіб вимірювання входить у структуру вимірювання у двох формах. По-перше, він є реальним технічним пристроєм, який взаємодіє з антропотехнічною системою „лучник – лук”. Ця взаємодія генерує вхідний сигнал, відповідь на який – вихідний сигнал – містить інформацію про величину, що вимірюється, і підлягає, як правило, опрацюванню для визначення результату вимірювання й оцінювання його похибки. По-друге, засіб контролю має свою модель, яка необхідна для правильного застосування засобу та для ефективності опрацювання даних. Також модель засобу контролю пред-

ставлена сукупністю його метрологічних характеристик, тобто характеристик тих властивостей, які впливають на результати і похибку вимірювань.

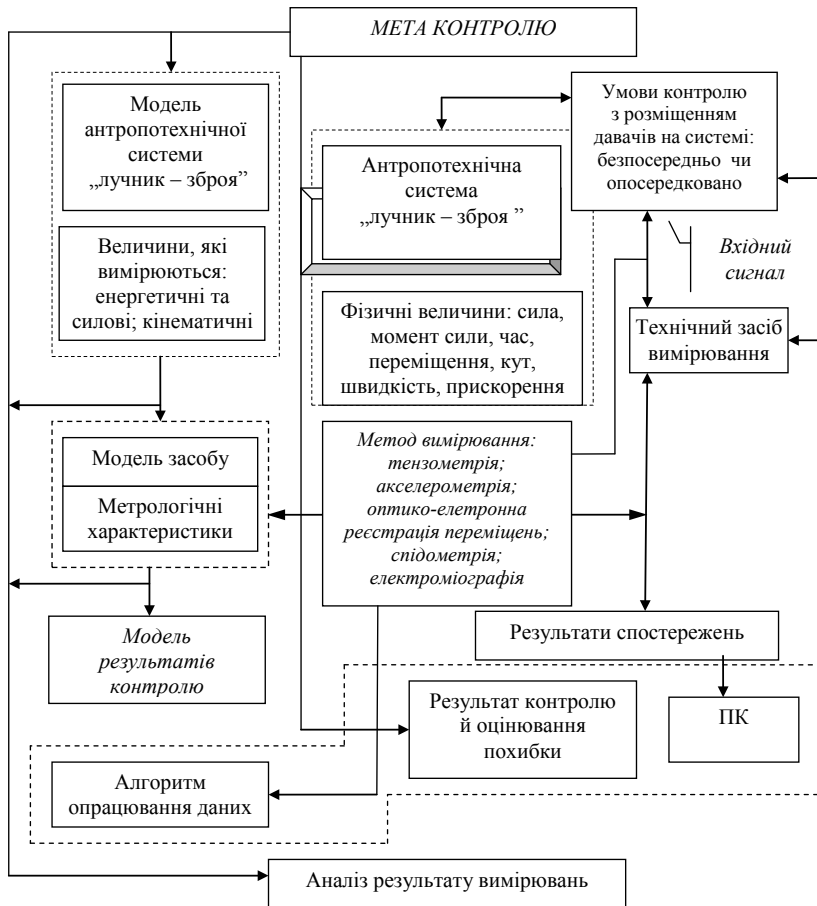


Рис. 3.1. Алгоритм здійснення інструментального контролю спеціальної підготовки у лучному спорті

Також результати контролю спеціальної підготовки залежать від умов вимірювання. Умови змагань, тренувань і спосіб дослідження функціонування антропотехнічної системи “стрілець – зброя” безпо-

середньо чи опосередковано впливають на стан спортсмена, а отже, на його спортивну техніку, тобто на величину, що вимірюється. Зокрема, акселерометричні давачі кріпляться у загальному центрі мас системи “лучник – лук”, що дозволяє мінімізувати їх збивальний мас-інерційний вплив. Тензометричні дослідження та відеоаналіз у цьому випадку практично не впливають на функціонування системи.

Отже, рівень спеціальної підготовленості окреслюється результатами вимірювань сукупності фізичних величин, що характеризують енергетичні і кінематичні процеси, які відбуваються у системі. Вони виражаються у формі окремого числа, ряду чисел або функціональної залежності. При аналоговій реєстрації величин, змінюваних у часі, їх розглядали як сукупність незавершених вимірювань, а результатом є крива запису на механічному або електронному носії. Якщо склад алгоритму опрацювання даних містив процедуру їх апроксимації, то результат набував форми аналітичної залежності.

З рис. 3.1 бачимо, що контроль можна розглядати як систему, котра складається з двох паралельних рядів структурних елементів, еквівалентних один одному. Перший ряд містить антропотехнічну систему “лучник – зброя” з її певними особливостями: фізичними величинами, методом контролю, засобом або засобами контролю, умовами його проведення, взаємодією засобу контролю зі системою і результатами цієї взаємодії (вхідний вплив на засіб контролю, тобто вхідний сигнал, і його відгук на цю дію – вихідний сигнал засобу контролю, що дає результати вимірювання, а також обчислювальні засоби). Другий ряд містить мету вимірювання; модель системи з виділеними у ній основними параметрами спеціальної підготовленості, які вимірюються; модель засобу контролю з параметрами (метрологічними характеристиками); дані про фізичні величини та завади, а також модель результатів спостережень і алгоритм їх опрацювання. Рис. 3.1 ілюструє, що цей алгоритм пов’язує структурні елементи контролю, які належать до реального й ідеального (модельного) рядів, а також допомагає з’ясувати, що причиною недосконалості контролю є неусувна неповнота або неповна відповідність опису рівня спеціальної підготовленості.

Спираючись на загальну модель спеціальної підготовленості високо кваліфікованих лучників, ураховуючи алгоритм її інструментального контролю, ми запропонували відповідну схему спеціалізованого контролю (рис. 3.2).

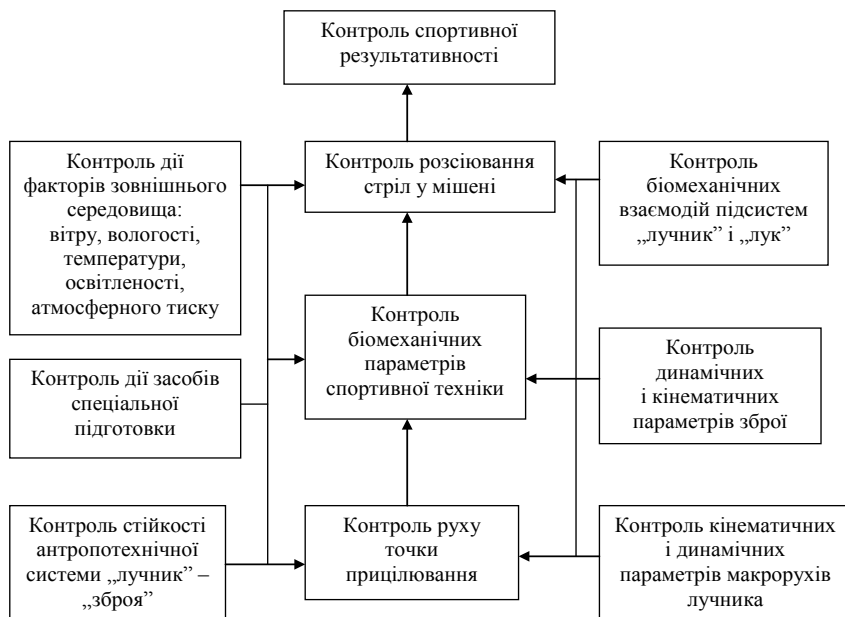


Рис. 3.2. Схема контролю спеціальної підготовленості кваліфікованих лучників

Схема враховує можливість контролю всіх основних компонентів спеціальної технічної підготовленості лучників високої кваліфікації, підганяння зброї, дії зовнішніх факторів-завад. Вона дозволяє вимірювати й аналізувати кінематичні та динамічні параметри макрорухів лучника, стійкості антропотехнічної системи “лучник – зброя”, переміщення точки прицілювання, динамічні та кінематичні параметри зброї, біомеханічних взаємодій підсистем “лучник” і “лук”, впливу факторів зовнішнього середовища (вітру, вологості, температури, освітленості, атмосферного тиску). Системоутворювальним елементом контролю спеціальної підготовленості у стрільбі з лука є урахування параметрів розсіювання стріл у мішені та кінцевого спортивного результату.

Практична реалізація контролю спеціальної підготовленості та функціонування антропотехнічної системи “лучник – зброя” відбувалася на основі використання новостворених й існуючих, але модернізованих ін-

струментальних методик, які є основою контролю конкретних блоків на рис. 3.2. Відповідно до схеми здійснювався контроль таких параметрів: кінематичних характеристик макрорухів лучника з використанням відеоаналізу та гоніометрії; переміщення точки прицілювання на основі фіксації положення точки прицілювання за допомогою оптико-електронного комплексу "Scatt"; стійкості антропотехнічної системи "лучник – зброя" – з використанням комп'ютерної стабілографії на базі парної тензоплатформи; біоелектричної активності основних м'язів з використанням багатоканальної електроміографії; динамічних і кінематичних параметрів зброї – спідометрії стріли, динамометрії лука, швидкісного відеознімання; біомеханічних взаємодій підсистем "лучник" і "лук" на основі застосування розробленого акселерометричного інформаційно-вимірювального комплексу; факторів зовнішнього середовища (вітру, вологості, температури, освітленості, атмосферного тиску) за допомогою анемометра, барометра, термометра гігromетра (рис.3.3).



Рис. 3.3. Схема використання інструментальних методик контролю параметрів спеціальної підготовленості лучників

Запропонована схема використання інструментальних методик контролю характеризується гнучкістю у структурі, а отже рівень її функціональності може змінюватися відповідно до практичних потреб під час дослідження антропотехнічної системи типу «стрілець – зброя».

3.2. Контроль і моделювання коливальних процесів у антропотехнічній системі «лучник – лук»

Знання динамічної структури змагальної вправи дозволяє ефективно проводити процес підготовки спортсменів. Виконання змагальних вправ у багатьох видах спорту пов'язане з певними взаємодіями спортсмена з опорою та спортивним спорядженням. Процес такої взаємодії характеризується величиною та динамікою показників визначених динамічних параметрів. Універсальними біомеханічними параметрами взаємодії є сила й енергія, а також їх похідні параметри. Щоби кількісно визначити силові взаємовпливи часто використовують динамометрію, тензометрію, акселерометрію. При цьому, залежно від специфіки процесу, та чи інша інструментальна методика має свої переваги.

Складним прикладом перетворення одного типу енергії в інший є трансформація керованої потенційної енергії зброї у стрілецьких видах спорту. Дослідження показують, що для того щоб об'єктивно описати перехід потенційної енергії слід виділити біомеханічні особливості функціонування системи «стрілець – зброя – мішень».

У стрільбі з лука функціонування такої системи характеризується ступенем наближення до оптимального характеру передавання накопиченої пружної енергії лука до стріли під час власне пострілу. Критеріями оптимальності будуть коефіцієнти передавання енергії пружних елементів лука та їх стабільність. Іншими словами, функціонування системи «лучник – лук» буде оптимальним, якщо з високим ступенем ймовірності при мінімальній кількості запасеної енергії лука стріла отримує максимальне й однакове за модулем і напрямком початкове прискорення.

Отже, нашим науковим припущенням є теза про те, що раціональна діагностика якості функціонування системи «лучник – лук» можлива за умов застосування акселерометричного аналізу складових зазначеної системи. При цьому повинна використовуватися, щонайменше, три-

осьова акселерометрія з можливістю порівняння її результатів з показниками інших інструментальних методик.

Сучасний розвиток відеотехніки дозволяє використовувати відеоаналіз щоби зафіксувати короткотривалі процеси, до яких належить постріл з лука. Власне, паралельне використання швидкісного відеознімання та порівняння його результатів з показниками акселерометрії дозволяє підтверджувати отримані результати. Спортивна практика підтвердила доцільність використання також і інших інструментальних вимірювальних систем, а саме: тензометричної системи вимірювання опорних взаємодій тіла стрільця з горизонтальною поверхнею землі та комп'ютерного оптико-електронного комплексу "Scatt". Дослідження короткотривалих процесів пострілу з лука проводилося із зіставленням результатів відеоаналізу й акселерометрії.

Попередні дослідження, що описували складні процеси передавання потенційної енергії лука стрілі проводилися в двох напрямках. Один із них – теоретичний – полягав у розробці математичних моделей процесу власне пострілу (І.П. Заневський, 1996, 2010, R. Pckalski, 1990). Інший напрямок мав експериментальний характер, що відзначався використанням швидкісного відеознімання або індуктивного контролю зазначеного процесу (С.Д. Волжанін, 1991, 1993, І.Я. Сапужак, Б.А. Виноградський, О.Я. Сапужак, 2000).

Дослідження автора опиралися на зазначені наукові роботи, але основною методикою дослідження було використання авторського акселерометричного комплексу, який дозволяв фіксувати акселерометричні коливання лука у трьох ортогональних площинах (Б.А. Виноградський, В.Ю. Михайлишин, І.М. Романишин, 2001–2003). Окрім цього у дослідженнях використовувалися відеоматеріали швидкісного знімання під час стрільби зі сучасного "олімпійського" лука. Важливо зауважити, що процес передавання енергії стрілі відбувається не рівномірно і прямолінійно, а відповідно до складних механізмів, обумовлених явищем, що називається "парадоксом лучника".

Складовими параметрами математичних моделей, що описують власне постріл з лука є фізичні величини, зокрема, сила лука, маса, довжина, жорсткість стріли, наконечника стріли, тятиви, лука та низка геометричних параметрів. Сучасні математичні моделі дозволяють з високою точністю описувати процес пострілу з лука, хоча залишаються певні відмінності від експериментальних даних між розрахунками мо-

делей різних авторів (рис. 3.4, 3.5). Важливо порівняти експериментальні та розрахункові траєкторії стріли під час власне пострілу.

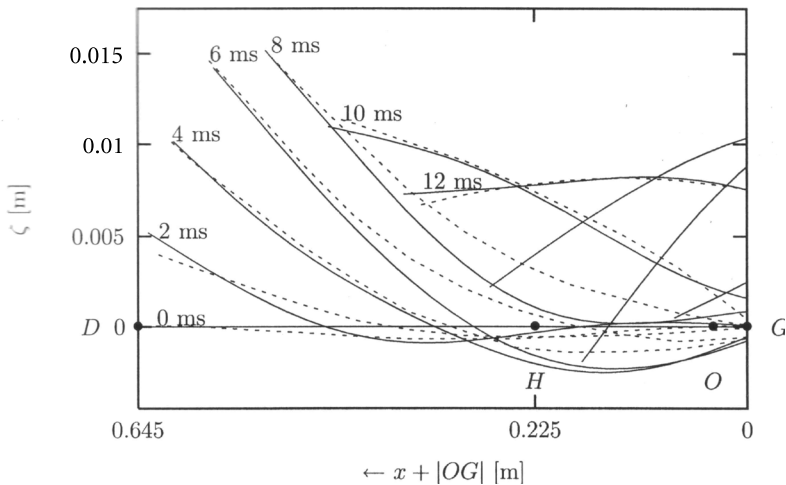


Рис. 3.4. Динаміка польоту стріли у горизонтальній площині під час власне пострілу з лука згідно з математичними розрахунками та експериментальними даними:

- — теоретична модель за R. Pekalski;
- — експериментальні дані;
- H — точка підв'язки тятиви;
- D — початкова точка руху хвостовика стріли;
- O — точка дотику стріли з полицкою лука та плунжером;
- OG — вісь стріли у початковому стані.

З рис. 3.4 є зрозумілим те, що теоретична модель за R. Pekalski (1987, 1990) рельєфно відрізняється від експериментальних даних. Натомість модель В.В. Коої (1997, 1998) досить точно описує процес пострілу з лука (рис. 3.5). Проте остання модель має суттєві практичні обмеження:

1) не враховується момент-завада під час випуску тятиви (не визначено вплив технічної майстерності спортсмена на процесі випуску стріли

2) модель описує поведінку стріли тільки в горизонтальній площині.

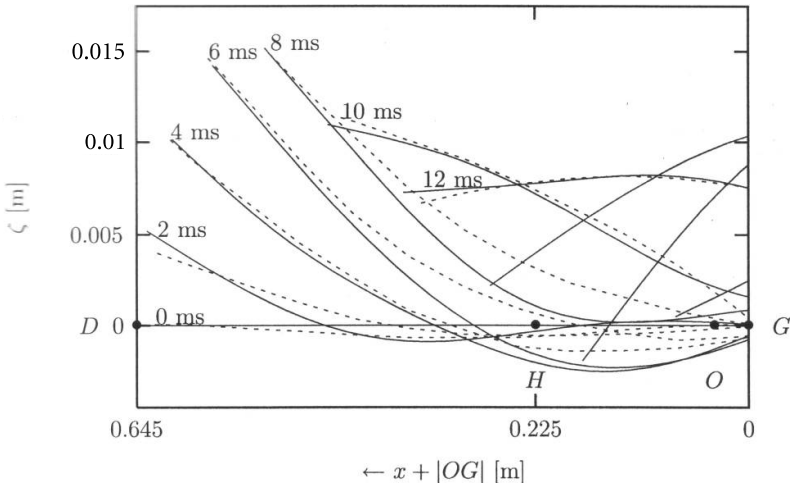


Рис. 3.5. Динаміка польоту стріли у горизонтальній площині під час власне пострілу з лука згідно з математичними розрахунками та експериментальними даних:

- — теоретична модель за В.В.Коої (1998);
- експериментальні дані (1987);
- H – точка підв'язки тятиви;
- D – початкова точка руху хвостовика стріли;
- O – точка дотику стріли з полицкою лука та плунжером;
- OG – вісь стріли у початковому стані

Враховуючи переваги і недоліки попередніх розробок згаданих авторів, ми запропонували іншу методику контролю та аналізу процесу пострілу з лука на основі використання акселерометричного інструментального комплексу.

У результаті фіксації даних акселерометрії руківки лука отримано три складові криві вібраційного процесу. За результатами аналізу їх графічних і числових даних ми можемо визначити основні періоди та фази короткотривалого процесу пострілу з лука, що є важливим. Важливість полягає в тому, що у траєкторії польоту стріли існують певні періоди, під час яких діють різні основні сили. На особливу увагу заслуговує перший період траєкторії польоту стріли, який умовно називають етапом

внутрішньої балістики. Під час цього етапу основною силою, що діє на стрілу є сила пружності лука, а також силові керувальні взаємодії лучника. Ці сили, в основному, і задають характер польоту стріли. Тому важливо є визначити часовий період безпосередньої дії сили пружності лука і сил стрільця на стрілу, тобто відзначити завершення етапу внутрішньої балістики. На рис. 3.6 вертикальними лініями відмежовані два основні етапи польоту стріли.

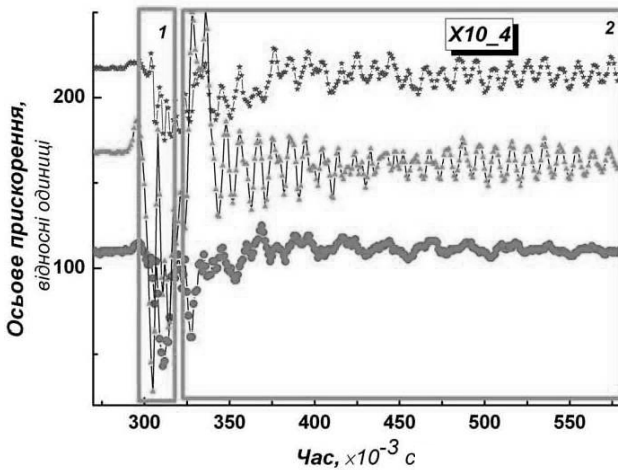


Рис. 3.6. Часові межі періодів внутрішньої (1) та зовнішньої балістики (2) під час пострілу з лука

Такий розподіл співвідноситься з даними, отриманими з джерел власних досліджень і досліджень інших авторів. При цьому використовувалися різноманітні інструментальні та теоретичні методи дослідження. Зокрема, тривалість періоду внутрішньої балістики у наших дослідженнях є приблизно такою ж, як і зазначена у теоретичних даних R. Pekalski та V.W. Kooi, про що вже згадувалося, а також із власними даними спідометрії на основі використання “Пристрою для аналізу часових рухових параметрів спортсменів-лучників”, а також матеріалів відеоаналізу (рис. 3.7) (P. Leroyer, J. Van Hoescke, J. Helal, 1993). Ще раз підтверджено дані про те, що процес безпосереднього передавання енергії

пружних елементів лука стрілі триває близько 14–16 мс у чоловіків та 1517 мс у жінок.

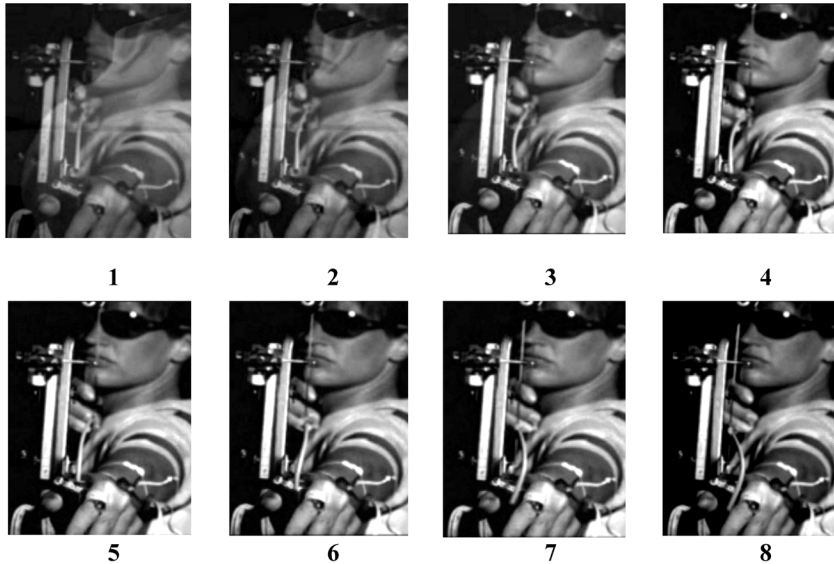


Рис. 3.7. Часові опорні точки відеоаналізу процесу пострілу з лука

Особливого значення набуває не тільки встановлення тривалості періодів внутрішньої та зовнішньої балістики під час стрільби з лука, але й визначення ще короткотриваліших, однак, можливо, більш важливих фаз внутрішньої балістики. Основним науковим підходом для встановлення основних часових опорних точок у періоді внутрішньої балістики є порівняння величин амплітуд прискорення вібраційного сигналу і характерних форм стріли під час передавання їй потенційної енергії лука. У результаті такого зіставлення отримано 5 часових фаз періоду внутрішньої балістики: 1 – фаза скочування тятиви (випуск тятиви); 2 – фаза максимального повздовжнього прискорення стріли; 3 – фаза зрівноваження прискорювальної сили тятиви лука силою пружного згину стріли; 4 – фаза другого етапу прискорення; 5 – фаза відриву стріли від тятиви (рис. 3.8).

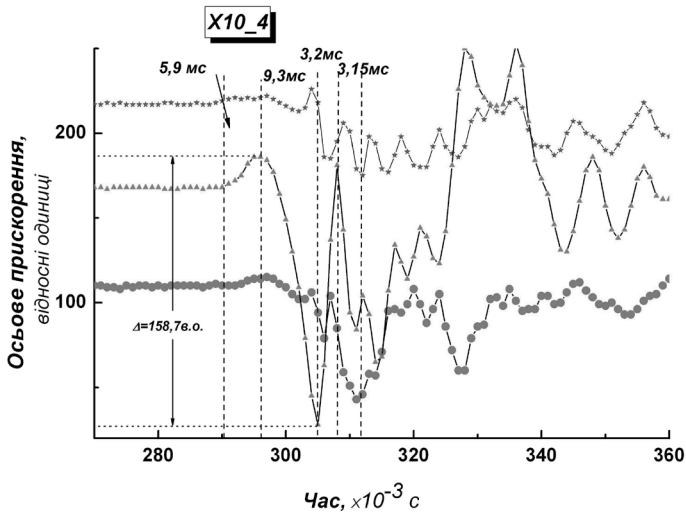


Рис. 3.8. Розподіл фаз періоду внутрішньої балістики:

- * – вертикальне прискорення;
- ▲ – поздовжнє прискорення;
- ● – поперечне прискорення

Потрібно також зауважити, що фаза скочування тятиви (випуск тятиви) за її характером подібна до попередньої (підготовчої) фази пострілу, оскільки рух стріли у поздовжньому напрямі не відбувається, тобто сили є врівноваженими, хоча формується сила-завада у поперечному напрямі.

Щоб кількісно та якісно аналізувати складні процеси, які відбуваються під час пострілу, важливо визначити фізичну природу появи нелінійних ділянок акселерометричних сигналів. Така природа органічно впливає під час зіставлення відеокіадрів швидкісного знімання (рис. 3.9). Основну увагу слід звернути на форму стріли у визначеному моменті часу етапу внутрішньої балістики. На основі зазначеного відбувається розподіл часових інтервалів на фази. Визначено кілька опорних точок періоду внутрішньої балістики: t_1 – початок внутрішньої балістики стріли (розрив кінематичного ланцюга); t_2 – момент часу, при якому система “тятива – стріла” набуває максимального поздовжнього прискорення;

t3 – момент перегину стріли (перегин стріли) – перша зміна напрямку вигину стріли; t4 – момент максимального поперечного (латерального) прискорення; t5 – момент завершення внутрішньої балістики (відрив стріли від тятиви).

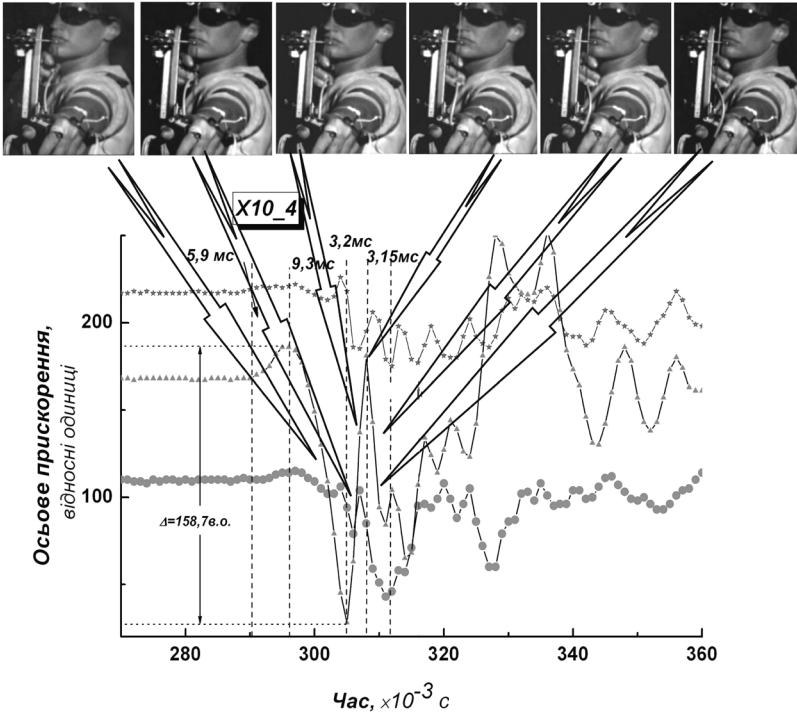


Рис. 3.9. Розташування основних контрольних точок періоду внутрішньої балістики згідно з даними відеоаналізу

Під час досліджень ми систематизували дані для різних варіантів використання матеріальної частини лучників та індивідуальних технічних особливостей лучників високої кваліфікації як у чоловіків, так і жінок (рис. 3.10, 3.11).

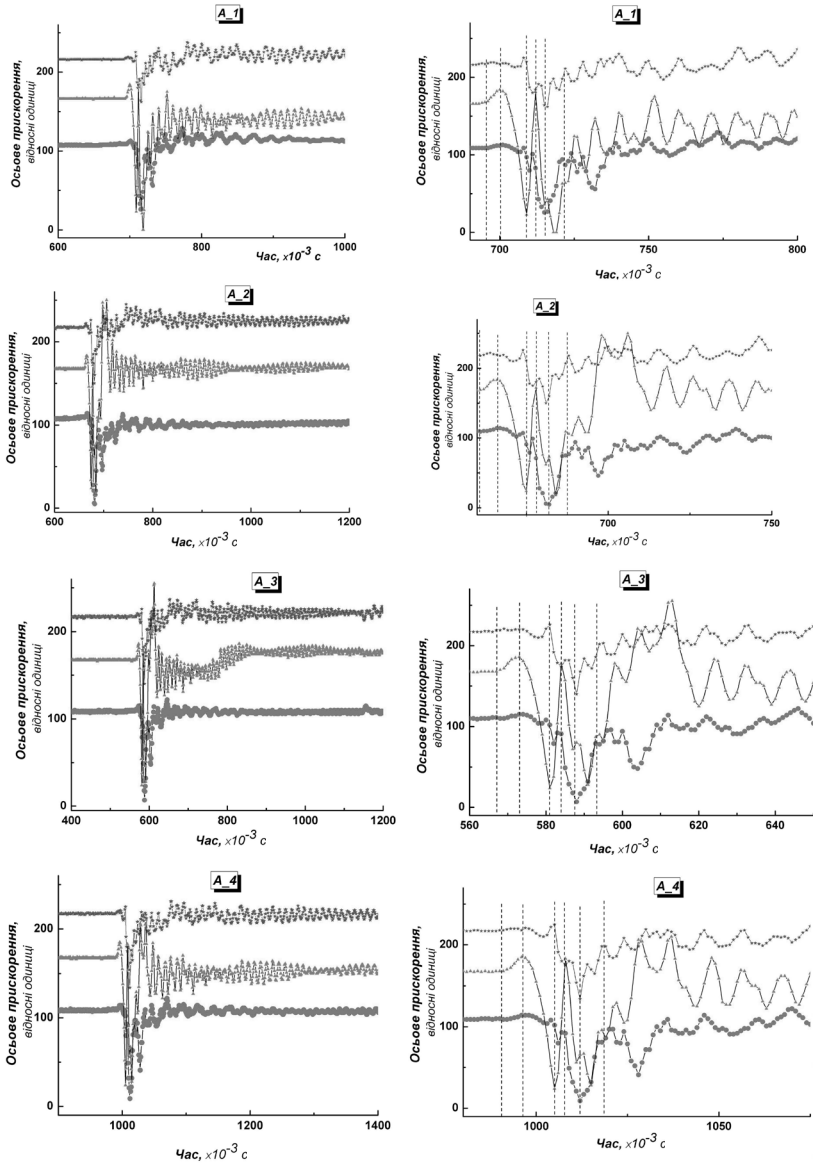


Рис. 3.10. Графічне представлення акселерограм руківки лука під час використання лука 210Н і карбонових стріл A/C/E Iston (чоловіки)

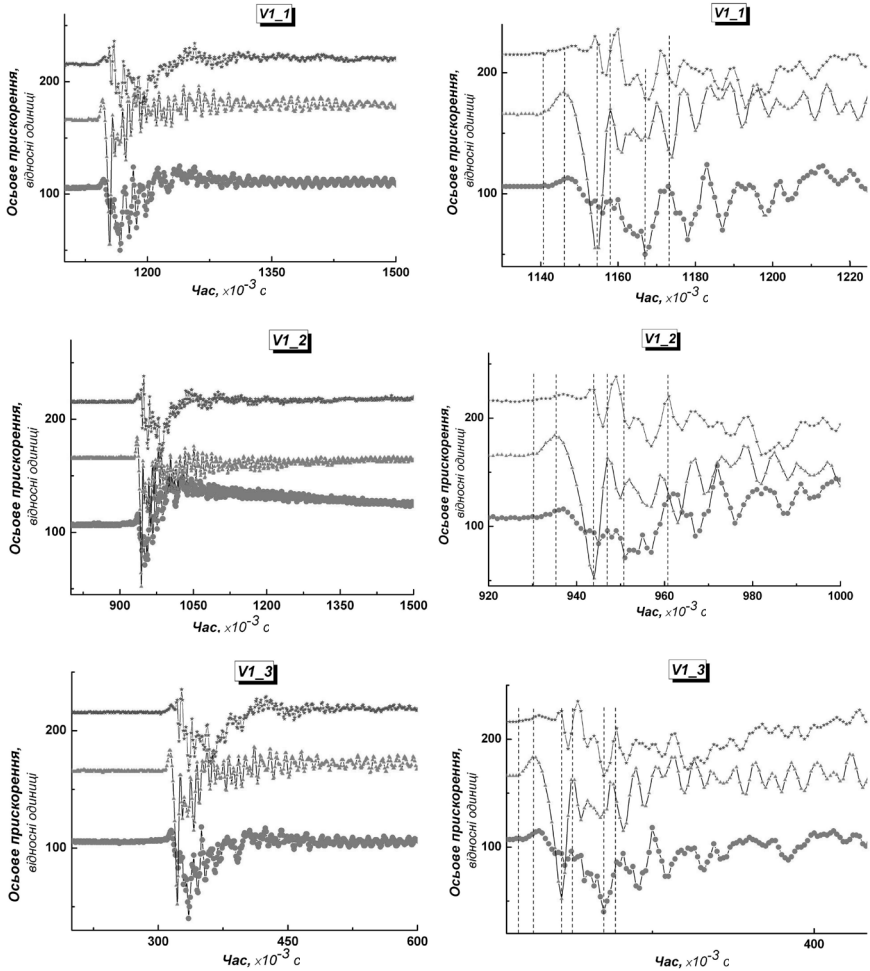


Рис. 3.11. Графічне представлення акселерограм руківки лука під час використання лука 175Н і карбонових стріл A/C/E Istop (жінки)

Проаналізовано чотири основні параметри акселерограм у кожній з фаз взаємодії підсистем “лучник” і “лук” на етапі внутрішньої балістики, а саме: тривалість фаз, а також величини повздовжнього, поперечного та вертикального прискорень відносно лінії стрільби. Було утворено одно-

рідні вибірки, основними умовами розподілу даних, у яких є жінки високої кваліфікації (МСМК) використовували луки фірми Hoyt зі силою розтягу 170–175Н, стріли Eston A/C/E жорсткістю 600–650 (відповідно до класифікації фірми Eston); чоловіки високої кваліфікації (МСМК) використовували луки фірми Hoyt зі силою розтягу 200–205Н, стріли Eston A/C/E жорсткістю 380–450 (табл.3.1).

Таблиця 3.1

Варіанти налаштувань лука

№	Система стабілізації		Тип стріли	Жорсткість плунжера	Тип руківки
	Тип	Кут			
1	Iston	450°	графітова	жорсткий	1
2	Iston	450°	алюмінієва	жорсткий	1
3	«Новікова»	450°	алюмінієва	жорсткий	2
4	«Новікова»	450°	графітова	м'який	2
5	«Новікова»	300°	алюмінієва	жорсткий	1

Розглядаючи часові характеристики розподілу фаз у жінок та чоловіків, відзначено невеликі, але значущі різниці показників у вказаних вибірках даних. Початок кожної фази внутрішньої балістики у жінок настає пізніше. Оскільки тривалість попередньої фази – випуску тятиви перевищує у жінок, порівняно з чоловіками, в середньому на 1,17 мс ($I=0,01$), подальші фази відбуваються пізніше. Часові показники протяжності першої та другої фаз прискорення у чоловіків є короткими на 0,2 та 0,6 мс, відповідно. Зате аналогічні часові показники фаз випуску тятиви та зрівноваження повздовжньої прискорювальної сили є більшими у жінок на 1,53 і 1,00 мс, відповідно. Тривалість цілого періоду внутрішньої балістики (в середньому 21,3 мс проти 19,3 мс) є вищими у жінок. Характерним для опису часових показників є те, що найбільша різниця спостерігається у тривалості фази 2-го етапу прискорення стріли. Вона становить приблизно 1,81 мс, що свідчить про тривалішу дію пружних сил системи «лучник – лук» у чоловіків у «неврівноважених фазах» внутрішньої балістики (табл.3.2).

Порівняння відсоткових відношень тривалості фаз у чоловіків і жінок ще рельєфніше демонструє вказані різниці. Спостерігали такі середні відносні різниці, починаючи з попередньої фази випуску тятиви

і закінчуючи фазою випуску стріли – 2%, –1%, 1%, –5%, 5% (рис. 3.12). Щоб аргументувати фізичний смисл зазначених величин використаємо також величини прискорення руківки лука у відповідних опорних точках періоду внутрішньої балістики (рис. 3.13).

Таблиця 3.2

Тривалість параметрів фаз внутрішньої балістики у жінок та чоловіків

Стать	Контрольні точки	Фаза, мс				
		випуску тятиви	максимального по vzdовжнього прискорення	зрівноваження прискорувальної сили	другого етапу прискорення	відриву стріли
Жінки	початок фази	0,00	6,33	14,33	18,33	21,33
	тривалість фази	6,33	8,00	4,00	3,00	–
Чоловіки	початок фази	0,00	5,16	13,68	16,52	19,32
	тривалість фази	4,80	8,20	3,00	3,60	–
Різниця	початок фази	0,00	1,17	0,65	1,81	2,01
	тривалість фази	1,53	-0,20	1,00	-0,60	–

Жінки



Чоловіки



Рис. 3.12. Абсолютна та відносна тривалості фаз пострілу у жінок і чоловіків

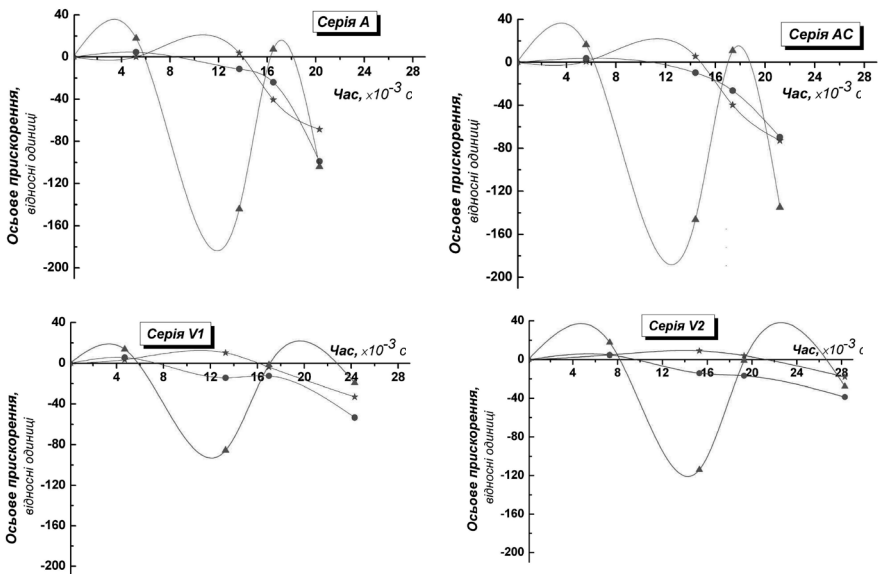


Рис. 3.13. Динаміка показників прискорення руківки лука впродовж власне пострілу у чоловіків і жінок при різних варіантах налаштування лука

На рис. 3.13 зображено усереднені значення чотирьох варіантів енергетичних взаємодій системи “стрілець – зброя”. Серії А і АС характеризують енергетичні (акселерометричні) взаємодії у чоловіків з відповідними динамічними характеристиками лука і стріл, а серії V1 і V2 – у жінок. Основними відмінностями між серіями А, АС та V1, V2 є величина пружної сили, що передається стрілі. Проте підкреслимо, що незважаючи на зазначений основний чинник ефективності функціонування антропотехнічної системи “стрілець – зброя” також слід аналізувати і показник варіації передавання енергії на основі аналізу величин просторових складових силових взаємодій. Тому проаналізовано і характеристики варіативності акселерометричних показників у контрольних точках.

Як видно з рис. 3.13, найяскравіша відмінність між нижніми і верхніми графіками визначається величинами повздовжніх прискорень руківки лука. Проте, на нашу думку, два інші акселерометричні параметри відіграють не менше значення і в основному характеризують якість виконання технічних дій стрільців у фінальній частині пострілу з лука.

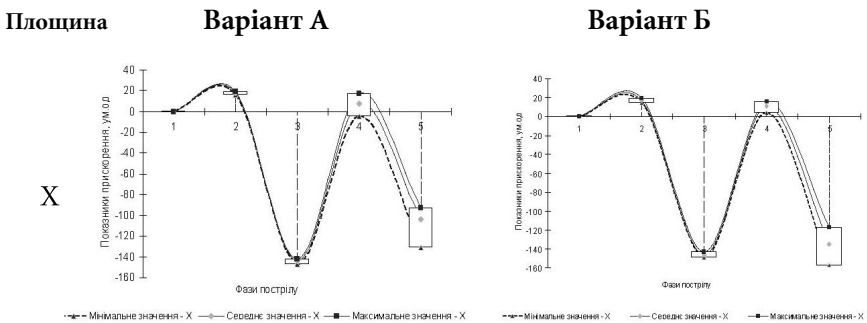
Щоби кількісно оцінити запропоновані різні варіанти функціонування системи “стрілець – зброя”, слід звертати увагу не тільки на абсолютні показники трьох акселерометричних складових, але й оцінити варіативність цих абсолютних показників. Тому посерійно визначалися максимальний розкид амплітуд прискорення у кожній із фаз власне пострілу, мінімальний показник розкиду, а також їх усереднені значення (рис. 3.14). Коли порівняли зазначені показники у варіантах налаштування зброї у варіантах А і АС у чоловіків, отримали попередні результати, які показали, що максимальна величина розкиду повздовжнього прискорення більша у налаштуванні АС (40 ум.од.). Такий факт спостерігається у трьох контрольних точках – другій, третій і п’ятій. У всіх трьох точках різниця становила не більше двох ум.од. Проте величина розкиду у варіанті АС наближалася до нормального, про що не можна сказати у варіанті А. Одним із висновків може бути такий, що у варіанті АС відбувається більше розсіювання енергії пружних елементів лука у повздовжньому напрямку, який співпадає з лінією прицілювання, проте таке перевищення було незначним.

Розкид результатів посерійних акселерограм у поперечному напрямку свідчить про можливість розкиду влучень стріл у горизонтальній площині. Під час порівняння двох варіантів налаштувань лука практично не виявилося різниць. Загальні картини були однаковими.

Зате найбільші різниці амплітуд прискорень спостерігалися у вертикальній площині. У варіанті А різниця у 5-ій контрольній точці становила 32 ум.од., що є значно більше порівняно з аналогічною величиною варіанту АС.

Ураховуючи неоднозначність трактувань отриманих результатів під час акселерометричних досліджень, проведено контрольні стрільби з лука з різними варіантами його налаштування. Проте практика показала, що неможливо створити однорідні вибірки для проведення повноцінних статистично вивіренних експериментів. Тому отримані результати слід трактувати як попередні. Було порівняно спортивну результативність під час стрільби на дистанції 70 м з використанням варіантів А і АС у шести контрольних випробуваннях. Визначено, що спортивні результати у групи стрільців з варіантом налаштування зброї АС були в середньому на 4–5 очок вищими порівняно з результатами цієї ж групи, але з варіантом А (316 очок проти 312 на дистанції 70 м). Тому можна попередньо констатувати, що при розв'язанні складних багатопараметричних завдань оптимізації функціонування системи “лучник–лук” доцільно розглядати величини розкиду акселерометричних даних як один із основних критеріїв підвищення спортивного результату.

Варіанти налаштування лука



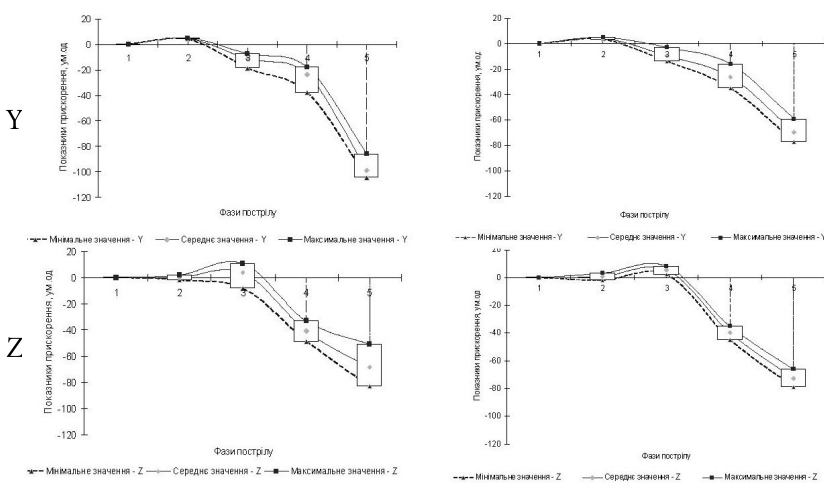


Рис. 3.14. Амплітуда показників прискорення руківки лука впродовж власне пострілу у чоловіків при двох варіантах налаштування лука:

- ▲ – мінімальні посерійні різниці значень прискорень;
- ◆ – середні посерійні різниці значень прискорень;
- – максимальні посерійні різниці значень прискорень;
- X – повздовжня складова акселерограми;
- Y – поперечна складова акселерограми;
- Z – вертикальна складова акселерограми

Відзначимо, що попередній аналіз стосувався окремих параметрів акселерограм етапу внутрішньої балістики. Оскільки ми не визначили критеріїв поділу й установлення відповідних контрольних точок на ділянках акселерограм, які характеризують етап зовнішньої балістики, був використаний спеціально підібраний математичний апарат опису цього етапу.

Проводилося оцінювання повторюваності результатів (акселерограм) від пострілу до пострілу за однакового налаштування лука за допомогою розрахунку дисперсії акселерометричних компонентів для декількох послідовних пострілів. У табл. 3.3, як приклад, наведено результати розрахунку дисперсії акселерометричних коливань, котрі ха-

рактикують ступінь повторюваності параметрів акселерометричних коливань для заданого налаштування лука. Аналогічні результати отримано при інших налаштуваннях лука.

Таблиця 3.3

Дисперсія амплітуд акселерометричних коливань у трьох взаємноперпендикулярних площинах для одного з налаштувань лука, $n=12$

Номер пострілу	Дисперсія компонентів акселерограм у площинах		
	DA_x	DA_y	DA_z
1	97.9	52.5	201.0
2	91.1	66.0	282.0
3	109.2	71.7	335.0
4	109.6	71.9	176.5
5	103.4	76.6	342.8

Експерименти показали достатній ступінь повторюваності параметрів акселерометричних коливань від пострілу до пострілу для A_x , A_y компонентів. Це свідчить про можливість використання їх для ідентифікації параметрів налаштування лука. Крім того, показники дисперсії коливань акселерометричних компонентів можуть служити інформаційними параметрами налаштування лука. Акселерограми за своїм характером є згасальними коливальними процесами з наявністю шумів. Якщо абстрагуватися від згасального характеру коливань, то акселерометричний сигнал можна подати у вигляді суперпозиції вузькосмугових процесів. Як правило вузькосмуговий процес подається у такому вигляді (Л. А. Вайнштейн, Д. Е. Вакман, 1983):

$$u(t) = a(t) \cos \varphi(t), \quad (3.1)$$

де $a(t)$ – миттєва амплітуда, $\varphi(t)$ – миттєва фаза, $\omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt}$ мит-

тєва частота. У цьому випадку аналіз акселерограм зводиться до представлення (розкладання) початкового процесу у вигляді складових,

кожна з яких є вузькосмутовим процесом, що показано у математичній формулі (3.1). За постійних $a(t)$ і $\varphi(t)$ завдання зводиться до спектрального оцінювання.

Вузькосмутові процеси, як правило, розглядають у “частотно-часовій” області. При цьому такі процеси звичайно мають безперервний спектр із домінують лінією. Суперпозиція вузькосмутових процесів може привести до широкого частотного діапазону.

Відзначимо фізичну природу вказаних особливостей акселерометричних коливань. Вузькосмутовість зумовлена резонансними властивостями механічної системи. Наявність декількох вузькосмутових складових в акселерометричному сигналі можна спробувати пов’язати з наявністю кількох підсистем, які механічно резонують, зі своїми резонансними частотами. Резонансні коливання залежать від параметрів резонувальних підсистем, і на їхній основі можна проводити ідентифікацію систем. Для “правильної” ідентифікації необхідною умовою є коректна обробка акселерометричних сигналів. Метод обробки має враховувати особливості вихідних даних.

Особливостями акселерометричних сигналів є:

- ❖ згасальний коливальний характер;
- ❖ відносно невеликий обсяг вибірки;
- ❖ зашумленість;
- ❖ можлива наявність у спектральній області дискретних ліній;
- ❖ ймовірність широкого спектрального діапазону та інше.

Ці особливості визначають вимоги до використовуваних алгоритмів обробки акселерограм.

Для аналізу отриманих акселерограм як нестационарних випадкових процесів адекватним математичним апаратом є застосування перетворення Гілберта та вейвлет-аналізу. Крім того, для аналізу таких процесів розроблено низку спрощених підходів, серед яких одним із найефективніших є метод Томсона (Д. Дж. Томсон, 1982).

Основні труднощі вибору алгоритму спектрального аналізу часового ряду за кінцевої вибірки процесу пов’язані з необхідністю забезпечення незміщуваності, “згладженості” і стійкості оцінок за невеликих змін у вихідних даних. Виникнення складнощів можливе у разі короткої вибірки даних, змішаного спектру і широкого спектрального діапазону. Зміщеність оцінок залежить від довжини вибірки. У коротких вибірках зсув великий. Зменшення зсуву досягається шляхом використання

в часовій області різних “вікон” даних. Застосування “вікон” даних у часовій області може позначатися на дисперсії оцінок, що характеризує “згладженість” спектра. “Згладжування” спектра забезпечує достовірність оцінки в тому сенсі, що її дисперсія не зростає у разі збільшення обсягу вибірки. “Згладжування” коректно проводити тільки у тому випадку, коли відомо, що істинний спектр “гладкий”, тобто не має яскраво виражених дискретних ліній.

Часто спектральний аналіз проводять за допомогою застосування “вікон” даних у часовій області у розрахунку спектральних оцінок на першому етапі і “згладжування” отриманого спектру на другому.

Розглянемо результати аналізу акселерограм методом Томсона та його модифікації.

Метод Томсона розрахований на роботу з малими вибірками і використовує спеціальні вікна, котрі забезпечуються незміщеністю, стійкістю і “згладженістю” спектральних оцінок. Застосування алгоритму особливо ефективно для даних, котрі можна представити у вигляді суперпозиції вузькосмугових процесів, при відносно невеликому обсязі вибірки, деякій зашумленості, окремих пропусках, можливій наявності широкого спектрального діапазону і “змішаного” спектра.

“Багатовіконний” метод Томсона зводиться до визначення “незгасальних” мод, залежних від резонансних частот підсистем системи “лук–стрілець”, віднімання впливу “незгасальних” мод, розрахунку усереднених періодограм із ваговими функціями (“вікнами”) у вигляді витягнутого сфероїда, які оптимально сконцентровані в часовій і частотній областях. Аналогічний підхід, що полягає у визначенні й усуненні “циклічних трендів”, з подальшим розрахунком періодограм використовувався у випробуваннях віброзахисної платформи на станції “Мир” (В.Л. Левтов, В.В. Романов, А.И. Иванов, 2001).

Враховуючи згасальний характер акселерометричних коливань, видається доцільним на першому етапі визначити експоненціальний тренд, враховуючий цей згасальний характер сигналів, усунути його, після чого застосовувати метод Томсона. Отже, цей підхід до аналізу акселерометричних коливань на основі методу Томсона зводиться до алгоритму поданого далі:

Нехай $\{x_i\}, i = 0, \dots, 511$ – множина вимірних значень одного з акселерометричних компонентів.

1. Визначаємо і добуваємо експоненціальний тренд з вимірних даних.

Для цього методом якнайменших квадратів на основі множини $\{x_i\}, i = 0, \dots, 511$ будуємо криву $q = A_1 + A_2(1 - e^{pt})/p$, на тлі якої методом Томсона аналізуватиметься процес (С. П. Тимошенко, Д. Х. Янг, У. Уивер, 1985, Д. Дж. Томсон, 1982): $y = x - \{\text{експоненціальний тренд}\}$.

Параметри експоненціального тренду A_1, A_2, p можуть бути інформативними під час ідентифікації параметрів лука. В табл. 3.4 наведено значення параметрів A_1, A_2, p для перших компонентів акселерограм при різних варіантах налаштувань параметрів лука, поданих у табл. 3.1.

Таблиця 3.4

Параметри експоненціального тренда акселерограм

№ п/п	A_1	A_2	p
1	-71.73	6.75	-0.092
2	-63.01	4.68	-0.072
3	-74.94	5.24	-0.068
4	-56.05	2.37	-0.040
5	-55.81	2.30	-0.039

Відзначимо мале значення коефіцієнта загасання p для p 'ятого варіанту налаштування, коли кут між елементами стабілізатора дорівнював 30° . Це говорить про повільне загасання коливального процесу.

Після визначення експоненціального тренду проводиться його усунення, а потім застосовується метод Томсона.

Для мінімізації дисперсії «вікна» повинні бути ортогональними, а для мінімізації зсуву – максимально сконцентрованими в частотній області. Оптимальними «вікнами», які задовольняють ці вимоги для сигналу кінцевої тривалості, є функції витягнутого сфероїда. Ці ортогональні функції є власними функціями оператора локалізації, який обмежує тривалість функції і смуту. Як «вікна», вони ідеально підходять для оцінювання спектра стаціонарних сигналів тому, що вони компактно зосереджені в часовій області й оптимально сконцентровані в частотній області. Метод Томсона передбачає також попереднє оцінювання детермінованих синусоїдальних компонентів (ліній).

2. Проводиться виявлення і виділення всіх значущих синусоїд (стаціонарних детермінованих дискретних компонентів – ліній, що практично не згасають) для того, щоб отримати оцінку складової з безперервним спектром: $\hat{y} = y - \{\text{синусоїди}\}$.

3. Проводиться усереднювання “ортогональних” оцінок періодограм, із використанням функції витягнутого сфероїда $\{v_k\}$, як «вікон» даних (Д. Дж. Томсон, 1982):

$$\hat{P}_T(f) = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} \left| \int \hat{y}(t) v_k(t) e^{-2\pi i f t} dt \right|^2 \quad (3.2)$$

4. Проводиться перерахунок оцінок спектра з урахуванням усунених гармонік.

Визначальними параметрами для методу Томсона є кількість “вікон”, котрі використовуються у разі усереднювання періодограм, а також співвідношення “час – ширина смуги частот”, яке задає вид “вікон”.

Для виявлення і виділення значущих синусоїд (дискретних ліній) розроблено F-тест Томсона, зміст якого подано далі. Перед тим, як виділити значущі синусоїди з вихідних даних, необхідно виявити їх присутність і оцінити їхні параметри. Припустимо, що модель сигналу має такий вигляд: $x(t) = y(t) + \sum_i \mu(f_i) e^{2\pi i f_i t + \varphi_i}$, де $y(t)$ – стаціонарний гаусівський випадковий процес із безперервним спектром і нульовим середнім значенням; $\mu(f_i) e^{2\pi i f_i t + \varphi_i}$ ($i = 1, \dots$) – набір дискретних ліній у спектрі початкового сигналу. Визначимо k -ий власний спектр χ_k як перетворення Фур’є зважених початкових даних [52]:

$$\chi_k(f) = \int_{(t)} x(t) v_k(t) e^{-2\pi i f t} dt \quad (3.3)$$

Очікуване значення на частоті f_i має такий вигляд:

$$E|\chi_k(f_i)| = \mu(f_i) V_k(0), \quad (3.4)$$

де $V_k(f)$ – перетворення Фур’є функції «вікна» $v_k(t)$. Використовуючи просту лінійну регресію, можна оцінити амплітуду $\mu(f_i)$ кожної можливої синусоїди:

$$\hat{\mu}(f_i) = \frac{\sum_{k=0}^{K-1} V_k(0) \chi_k(f_i)}{\sum_{k=0}^{K-1} V_k^2(0)} \quad (3.5)$$

Визначаючи

$$F(f_i) = \frac{(K-1) |\hat{\mu}(f_i)|^2 \sum_{k=0}^{K-1} V_k^2(0)}{\sum_{k=0}^{K-1} |\chi_k(f_i) - \hat{\mu}(f_i) V_k(0)|^2}, \quad (3.6)$$

вважаємо, що синусоїда присутня на частоті f_i , якщо $F(f_i)$ перевищує пороговий рівень значущості (Б. А. Виноградский, В. Ю. Михайлишин, И. М. Романишин, 2001, 2002). Відзначимо, що зі зростанням порогу зростає вірогідність пропуску синусоїди, зі зменшенням зростає вірогідність “помилкового” визначення синусоїди.

На рис. 3.15 – 3.19 і у відповідних табл. 3.5 – 3.9 наведено результати обробки першого компонента акселерограм після віднімання експоненціального тренда методом Томсона з використанням за усереднюванні періодограм дев’яти «вікон» (сфероїдальних функцій) і співвідношення “час – ширина смуги частот”, що дорівнює 4,5 для різних варіантів налаштування лука (табл. 3.1). Під кожним малюнком у вигляді таблиці наведено значущі частоти (дискретні лінії), визначені за допомогою F-тесту Томсона з порогом, при якому вірогідність пропуску нижча за 2%.

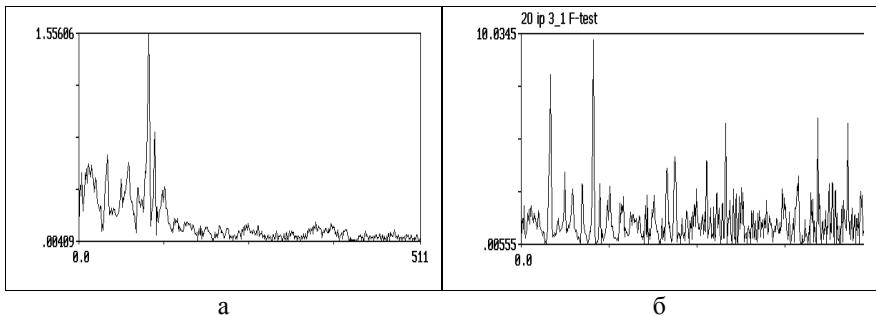


Рис. 3.15. Спектр першого компонента акселерограм (а) і значущі гармоніки (б) для першого варіанту налаштування параметрів лука (табл. 3.1) після видалення експоненціального тренду

Таблиця 3.5

“Незгасальні” моди для варіанта 1

<i>f, Гц</i>	42	106
<i>A, ум. од.</i>	0,62	1,55

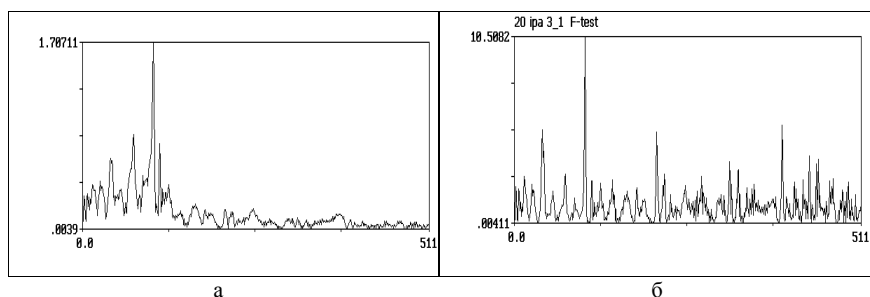


Рис. 3.16. Спектр першого компонента акселерограм (а) і значущі гармоніки (б) для другого варіанта налаштування параметрів лука (табл. 3.1) після видалення експоненціального тренду

Таблиця 3.6

“Незгасальні” моди для варіанта 2

<i>f, Гц</i>	42	106	240
<i>A, ум. од.</i>	0,63	1,70	0,20

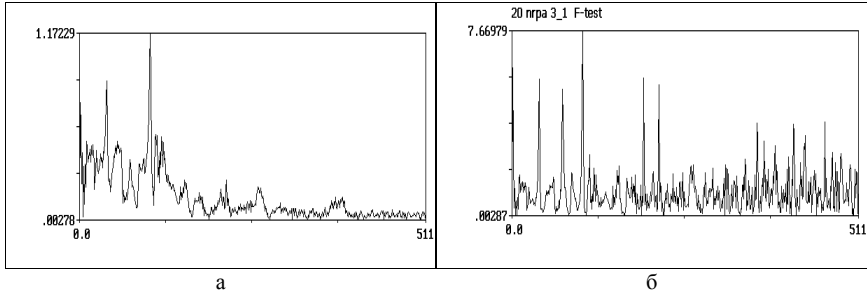


Рис. 3.17. Спектр першого компонента акселерограм (а) і значущі гармоніки (б) для третього варіанта налаштування параметрів лука (табл. 3.1.) після видалення експоненціального тренду

Таблиця 3.7

“Незгасальні” моди для варіанта 3

<i>f, Гц</i>	42	85	106	213	240
<i>A, ум. од.</i>	1,30	0,60	1,70	0,10	0,40

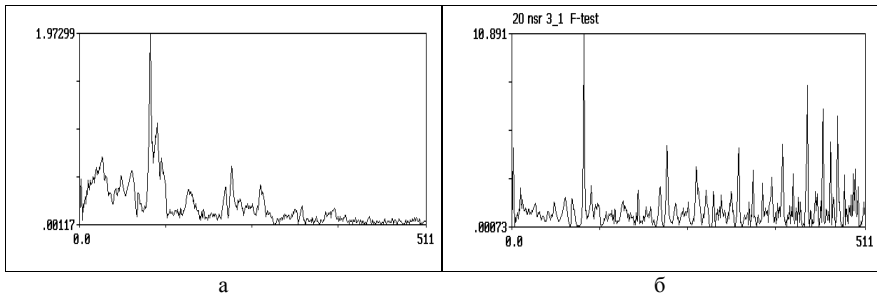


Рис. 3.18. Спектр першого компонента акселерограм (а) і значущі гармоніки (б) для четвертого варіанта налаштування параметрів лука (табл. 3.1) після видалення експоненціального тренду

Таблиця 3.8

“Незгасальні” моди для варіанта 4

$f, \text{Гц}$	106	240
$A, \text{ум. од.}$	1,90	0,50

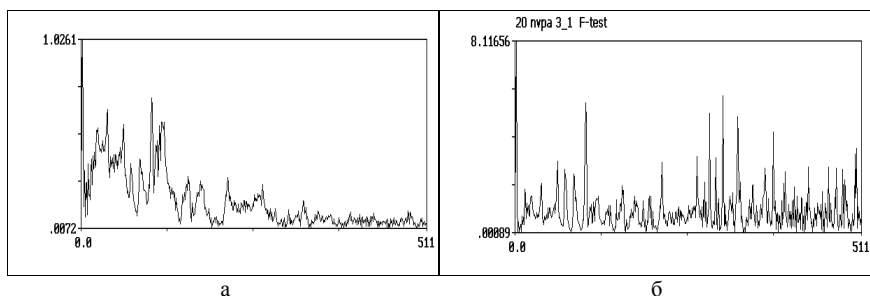


Рис. 3.19. Спектр першого компонента акселерограм (а) і значущі гармоніки (б) для п'ятого варіанта налаштування параметрів лука (табл. 3.1) після видалення експоненціального тренду

Таблиця 3.9

“Незгасальні” моди для варіанта 5

$f, \text{Гц}$	106	240
$A, \text{ум. од.}$	0,70	0,30

Відзначимо наявність “незгасальної” моди 106 Гц в усіх апробованих п'яти варіантах налаштувань лука, а також наявність моди 42 Гц

за використання системи стабілізації Iston і її відсутність за наявності вищих мод у випадку застосування системи стабілізації Новікова. Як впливає з розрахунків, найбагатшим виявився спектр для третього варіанта налаштувань. Вплив типу плунжера, стріли і руківки на інформаційні параметри вимагають подальшого дослідження.

Аналіз показав, що інформативними параметрами можуть бути кількість дискретних ліній у спектрі акселерограм, місце їх розташування, співвідношення між амплітудами тощо.

Крім того, проведений аналіз засвідчив досить стійкий характер результатів обробки даних від однієї реалізації до іншої для заданого налаштування лука, що може служити запорукою успішного застосування використовуваних алгоритмів для побудови й ідентифікації факторної моделі “лук-стрілець”.

Простішою моделлю нестационарного згасального коливального процесу є суперпозиція згасальних синусоїд. На зображенні процесу у вигляді суперпозиції згасальних синусоїд базується метод Проні (С.Л. Марпл, 1990).

Згасальна синусоїда задається чотирма параметрами і зображається у такому вигляді:

$$u(t) = Ae^{at} \cos(2\pi ft + \theta), \quad (3.7)$$

де A – амплітуда, a – коефіцієнт загасання, f – частота, θ – початкова фаза.

Нехай $x[n]$ ($1 \leq n \leq N$) – дискретизований набір акселерометричних даних з інтервалом T . Представимо $x[n]$ у вигляді суми згасальних синусоїд:

$$\hat{x}[n] = \sum_{k=1}^p A_k e^{\alpha_k(n-1)T} \cos[2\pi f_k(n-1)T + \theta_k], \quad (3.8)$$

де $1 \leq n \leq N$, T – інтервал відліків, p – кількість косинусоїд, A_k – амплітуда, α_k – коефіцієнт загасання, f_k – частота, θ_k – початкова фаза k -ої косинусоїди.

Визначення параметрів синусоїд є трудомістким процесом і зводиться до розв’язання системи трансцендентних рівнянь. Проні розробив метод, який дозволяє визначати параметри синусоїд і не вимагає розв’язання трансцендентних рівнянь. При цьому алгоритм визначен-

ня параметрів синусоїд зводиться до розв'язання двох систем алгебраїчних лінійних рівнянь і знаходження кореня полінома.

Якщо число використовуваних відліків даних дорівнює кількості невідомих параметрів згасальних синусоїд, то можливий точний підбір згасаючих синусоїд до наявних даних. На практиці число відліків даних N , як правило, перевищує кількість невідомих параметрів згасальних синусоїд p . У цьому випадку послідовність відліків даних апроксимується сумою згасальних синусоїд за методом якнайменших квадратів.

За наявності шумів для точнішого підбору досліджуваного сигналу і моделі у вигляді суперпозиції згасальних синусоїд рекомендується брати велику кількість синусоїд. У цьому випадку виникає проблема розділення “інформативних” синусоїд (зумовлених резонансними властивостями системи) і синусоїд, які з'являються унаслідок наявності шумів. Звичайно “інформативним” синусоїдам властивий малий декремент загасання і “гострий пік” на амплітудно-частотній характеристиці в діапазоні відповідного значення частоти. Для синусоїд, поява яких зумовлена наявністю шумів, характерний великий коефіцієнт загасання і “розмитість” амплітудно-частотної характеристики в діапазоні відповідного значення частоти. Таким чином, при використанні параметрів згасальних синусоїд у вигляді інформативних для ідентифікації параметрів налаштувань лука, спочатку необхідно “відібрати” інформативні синусоїди на основі сумісного аналізу амплітуди, декременту загасання і “гостроти” піку.

На основі викладеного проводився аналіз акселерометричних даних за допомогою розрахунків параметрів складових синусоїд (спектр Проні), після чого сигнал розглядався як відповідна модель (3.8) і зіставлявся з початковим. На рис. 3.20 наведено спектр Проні і результати зіставлення початкового сигналу та змодельованого на основі формули (3.7) для першого компонента акселерограм при різних варіантах налаштувань лука (табл. 3.1).

Наведені на рис. 3.20, б осцилограми початкового і змодельованого на основі формули (3.8) сигналів свідчать про достатньо високу точність апроксимації початкового сигналу суперпозицією синусоїд. Відзначимо, що на рис. 3.20, б накладено два графіки – початкового і змодельованого сигналів. Ці графіки практично збігаються. Деяка розбіжність спостерігається тільки на завершальному етапі, коли коливання практично вляглися. У наведених оцінках спектральних характеристик (рис. 3.20 а)

можна виділити області з гострими і розмитими піками. Розмиті піки в більшості випадків зумовлені наявністю шумів, тоді як гострі – резонансними властивостями системи.

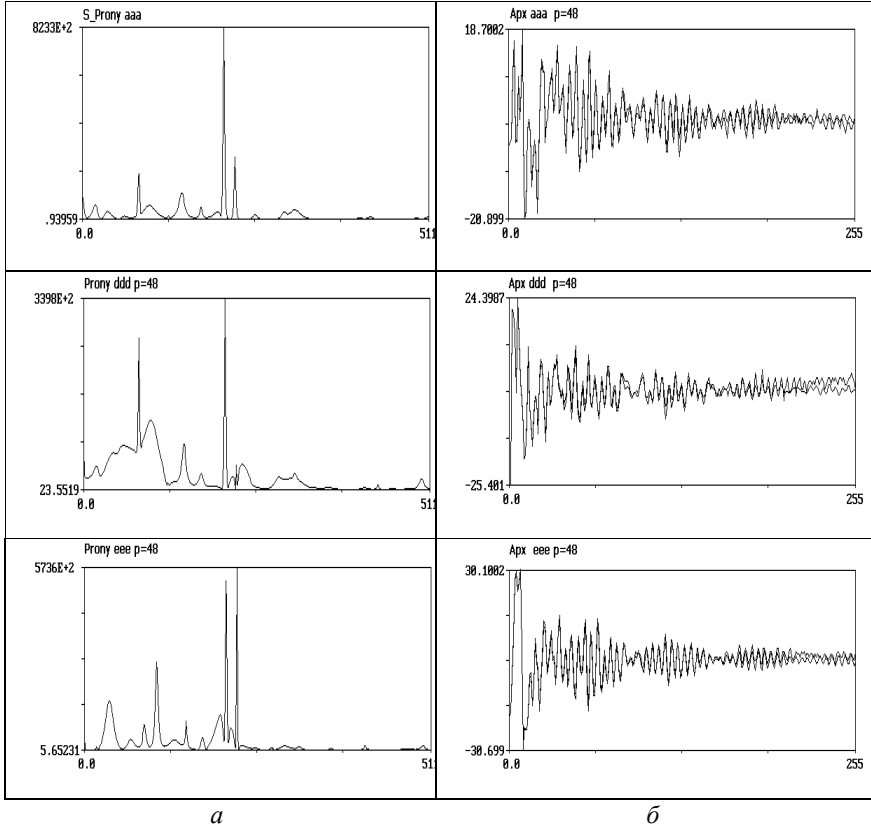


Рис. 3.20. Спектр Проні (а) і результати зіставлення початкового сигналу та змодельованого на основі (3.8) (б) для різних варіантів налаштувань лука

У табл. 3.10 наведено варіанти параметрів згасальних синусоїд для різних варіантів налаштувань лука.

Таблиця 3.10

**Параметри згасальних синусоїд
для різних варіантів налаштувань лука**

Варіант	Частота, х 500 Гц	Декремент згасання, с ⁻¹	Амплітуда, відн. од.	Фаза, рад.
I				
1	0,0	-0,021	3,60	0,0
2	0,019	-0,060	10,49	1,90
3	0,034	-0,079	11,44	-1,04
4	0,060	-0,046	2,95	1,76
5	0,081	-0,013	3,09	0,94
6	0,096	-0,099	11,97	0,281
7	0,124	-0,014	1,15	-0,70
8	0,143	-0,047	7,39	-2,44
9	0,170	-0,017	1,54	-2,34
10	0,197	-0,069	8,21	3,11
11	0,203	-0,013	6,91	-0,55
12	0,220	-0,013	3,66	-0,36
13	0,249	-0,031	2,23	1,47
III				
1	0,018	-0,055	7,73	1,55
2	0,043	-0,310	50,91	1,96
3	0,047	-0,029	0,48	1,34
4	0,079	-0,009	2,55	2,14
5	0,098	-0,105	12,14	-2,46
6	0,122	-0,016	1,51	0,29
7	0,144	-0,034	4,44	-0,85
8	0,169	-0,032	2,23	-0,83
9	0,203	-0,012	4,37	1,09
10	0,220	-0,007	1,52	0,81
11	0,228	-0,160	20,48	-2,58
12	0,246	-0,052	2,20	0,11
IV				
1	0,017	-0,017	1,47	2,30
2	0,036	-0,065	13,58	-0,42
3	0,066	-0,057	5,91	-2,77
4	0,086	-0,024	3,07	2,88
5	0,104	-0,021	5,15	1,81
6	0,129	-0,074	5,96	1,19
7	0,146	-0,013	1,61	2,22
8	0,170	-0,030	4,54	-1,77
9	0,202	-0,110	25,66	1,71
10	0,203	-0,014	7,98	-1,72
11	0,219	-0,007	3,46	-1,50
12	0,247	-0,034	1,58	0,07

Аналіз наведених у таблиці даних розрахунків показав, що найбільш імовірно такі моди зумовлені властивостями системи (вказана частота у відн. од.): для варіанта I – 0,081, 0,124, 0,170, 0,220; для варіанта III – 0,079, 0,122, 0,203, 0,220; для варіанта IV – 0,086, 0,104, 0,146, 0,219. Відзначимо істотну різницю (на порядок і більше) декремента загасання для цих мод. Водночас за амплітудою такої відмінності не спостерігається, що свідчить, з одного боку, про практичну незастосовність Фур'є-аналізу для таких коливальних процесів, а з іншого – про великий рівень шумів у процесі, що вимірюється. Як бачимо, відділення мод, зумовлених властивостями системи, від мод, зумовлених шумами, вдалося здійснити за допомогою використання декремента загасання як інформативного параметру. Таку процедуру можна розглядати як своєрідну фільтрацію, здійснювану в процесі розрахунку, аналог якої важко придумати при Фур'є-аналізі.

Відзначимо, що при розробці проблемно-орієнтованих інформаційно-вимірювальних комплексів розрізняють два завдання з точки зору їх спрямування: 1) інтегральне (сумарне) експрес-оцінювання стану досліджуваної системи; 2) детальне визначення вектора станів.

Стосовно завдання розробки засобів і методик оцінювання якості налаштування лука з урахуванням індивідуальної техніки спортсмена при виконанні пострілу у процесі тренування або змагань, для інтегрального експрес-оцінювання можливим є застосування параметрів домінуючої складової спектру Проні, якими, наприклад, для наведених варіантів налаштувань є параметри згасальної синусоїди, відповідної частоті в діапазоні 0,22... ум.од. У цьому випадку, чим більшою є амплітуда цього складника, тим більше енергії передається лукові в процесі стрільби і тим меншою є швидкість вильоту стріли.

Подальше дослідження доцільно проводити у напрямку використання більшої кількості інформативних параметрів, побудови факторної моделі системи “лук–стрілець”, на основі чого проводити оптимізацію цієї складної біомеханічної системи.

3.3. Імпульсна електромагнітна система контролю якості спортивного лука

Для вдосконалення процесів функціонування складних біомеханічних систем формату “лучник–лук–мішень” особливу увагу ми скеру-

вали на вибір параметрів лука відповідно до індивідуальної спортивної техніки кожного спортсмена.

Однією з основних характеристик лука є початкова швидкість стріли, яка впливає на стабільність польоту, а отже на кугчастість влучання. З іншого боку, вона характеризує ефективність використання енергії пружних елементів лука. Отже, швидкість вильоту стріли та її стабільність упродовж тривалого часу й у різних кліматичних і метеорологічних умовах можна вважати інтегральним показником якості спортивного лука.

Проте у сучасній практиці підготовки спортсменів-лучників підгонка здійснюється переважно емпіричними методами без використання технічних засобів об'єктивного контролю кінематичних параметрів зброї. Для розв'язання цієї актуальної проблеми ми розробили пристрій визначення часових рухових параметрів спортсменів-лучників, котрий дозволяє вимірювати час прольоту стріли через установлену на принципі лука оптичну пару і наближено визначати початкову швидкість (Б.А. Виноградський, В.Т. Пятков, 1999). Незважаючи на принципове розв'язання основного завдання, пристрій має суттєвий недолік – він порушує динамічний баланс елементів лука і, крім того, може створювати психологічний дискомфорт для спортсмена.

Ураховуючи викладене, як один з можливих варіантів визначення початкової швидкості стріли запропоновано нову вдосконалену автоматизовану систему, вимірювальні датчі котрої встановлюють перед луком. За основу взято імпульсну систему неруйнівного контролю, що використовувалася для розв'язання практичних завдань дефектоскопії виробів і матеріалів, інтроскопії (А.В. Жук, Ю.А. Петрунин, А.А. Пугач, 1989).

Далі подаємо принцип дії пристрою (рис. 3.21). Відповідно до керувальних сигналів з персонального комп'ютера генератор формує імпульси, що подаються у збуджувальний контур, унаслідок чого створюється електромагнітне поле. Сигнал, що наводиться у вимірювальному контурі в загальному випадку має такий вигляд:

$$U_{\Sigma}(t) = U_n(t) + U_r(t) + U_{c3}(t) + U_b(t) + U_k(t), \quad (3.9)$$

де $U_n(t)$ – сигнал, наведений збуджувальним імпульсом; $U_r(t)$ – завада промислової частоти; $U_{c3}(t)$ – імпульсна синхронна завада, зумовлена відгуком на збудження конструкційних елементів системи та спортивного спорядження; $U_b(t)$ – випадкова (шумова) завада; $U_k(t)$ – корисний

сигнал, наведений збуджувальним імпульсом у стрілі під час прольоту через контури.

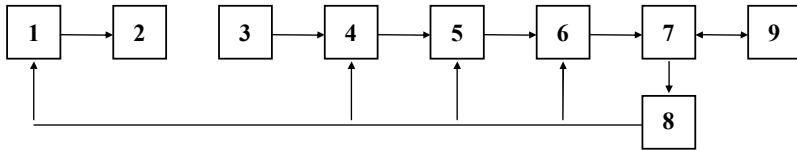


Рис. 2.21. Структурна схема імпульсної електромагнітної системи контролю якості спортивного лука:

- 1 – генератор;
- 2 і 3 – збуджувальний та вимірювальний контури;
- 4 – схема компенсації гармонійних завад;
- 5 – пристрій відносних вимірювань;
- 6 – аналого-цифровий перетворювач;
- 7 – інтерфейс;
- 8 – схема формування керувальних сигналів;
- 9 – персональний комп’ютер

Оскільки амплітуда корисного сигналу $U_k(t)$ є значно меншою за інші згадані складові, проводилася обробка інтегрального сигналу для ослаблення завад.

Робота вимірювальної ланки синхронізована так, щоб отримувати корисний сигнал після закінчення імпульсу збудження, тим самим позбавляючись від його дії. Промислова завада усувається у схемі компенсації шляхом додавання гармонійного сигналу однакової з $U_r(t)$ амплітуди, але з протилежною фазою.

Після компенсації сигнал подається на вимірювальний пристрій, який дозволяє повністю відфільтрувати постійні зміщення, низькочастотні дрейфи та випадкові шуми. Про високу завадостійкість пристрою відносних вимірювань свідчать експериментальні дані, отримані за допомогою макета пристрою, реалізованого у 16-канальному варіанті. При цьому, на фоні шуму, дисперсія котрого приблизно вдвоє перевищує максимальне значення корисного сигналу, останній виділяється достатньо чітко (рис. 3.22).

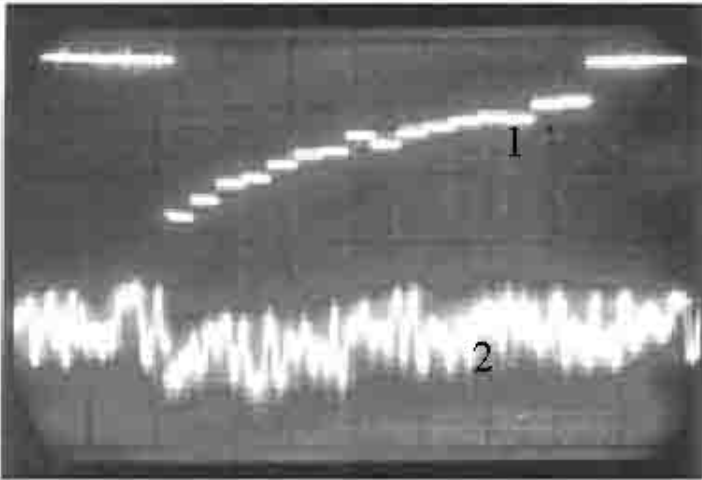


Рис. 3.22. Фотографія осцилограм до (2) і після фільтрації (1) з чітко виділеним інформаційним компонентом

На виході пристрою, як бачимо з рис. 3.22, формується сигнал у вигляді послідовності дискрет, амплітуда яких відповідає різниці синхронних рівнів корисної складової під час прольоту стріли.

Далі сигнал подається на аналого-цифровий перетворювач, котрий, за експериментальними даними, повинен забезпечувати динамічний діапазон не менше ніж 0.3×10^5 , тобто 16 розрядів (в т. ч. знак), час перетворення не більше ніж 1 мкс. Інтерфейс забезпечує передавання даних у комп'ютер, а також сигналів синхронізації та керування пристроями системи у зворотному напрямку. Спеціально розроблений пакет прикладних програм є основою функціонування системи та виконує попередню обробку та математичний аналіз даних. Таким чином, за ввімкнення системи завади компенсуються і корисний сигнал відсутній. Останній створюється тільки внаслідок прольоту стріли через контури і передається в комп'ютер у цифровому вигляді.

Математичний аналіз відповідних дискрет різницевих сигналів дозволяє отримувати характерні оригінальні, прямо пов'язані з особливостями стріли та її швидкістю. Провівши експериментальні дослідження з використанням оптичного приладу вимірювання швидкості, встанов-

люються узагальнені профілі для кожного типу стріл. Крім того, використовуючи апарат аналізу монотонно згасальних сигналів, до яких належать отримані різниці величини, можна визначити характерний для кожного типу стріл параметр за допомогою інтегрального перетворення, що базується на багаторазовому інвертуванні (Л. И. Кусьї, И. Я. Сапужак, М. И. Цема, 1991). За параметром згасання сигналу й узагальненими профілями визначається початкова швидкість стріли, для чого розроблено спеціальні алгоритми експрес-аналізу (табл.3.11). Отже, отримуючи результат безпосередньо після пострілу, можна оперативно вносити корективи у процес налаштування лука.

Таблиця 3.11

Середня швидкість стріли на початковому етапі зовнішньої траєкторії

Сила лука, Н	Тип стріли (матеріал виготовлення)	Розкид швидкостей, м·с ⁻¹
160–180	алюмінієві	45–70
180–220	алюмінієві	55–75
160–180	карбонові А/С/Е	60–80
180–220	карбонові А/С/Е	70–100

Використання персонального комп'ютера, крім основних функцій, пов'язаних з керуванням системою і реалізацією процедур аналізу отриманих результатів, дає можливість накопичувати останні в поєднанні з описом відповідних змін елементів регулювання зброї для створення бази даних. Вона може бути основою розробки алгоритмів оптимізації процесу вибору і налаштування луків.

3.4. Комп'ютерна методика оптимального відбору стріл

Одним із найдоступніших способів оцінювання успішності та результативності спортивної діяльності кваліфікованих спортсменів є зовнішні критерії діяльності, або, іншими словами, цільової точності. У лучному

спорті своєчасне виявлення систематичних відхилень влучень від центру мішені у процесі тренувальної і змагальної діяльності сприяє цілеспрямованому пошуку можливих напрямків підвищення рівня спортивної результативності.

Розділивши можливі шляхи підвищення цільової точності у лучників отримаємо як мінімум два блоки причин, що гальмують ріст спортивного результату: 1) недостатній рівень спеціальної технічної, фізичної, психологічної підготовленості лучників; 2) наявність прихованих недоліків у стані матеріальної частини лучників. Останній чинник має особливе значення під час вибору та налаштування матеріальної частини лучників. Звідси постає проблема практичного використання інформаційно-комп'ютерного забезпечення для об'єктивізації та автоматизації актуальної проблеми.

Видається цілком закономірним, що автори, які досліджують проблеми стрілецького спорту, одним із інтегральних критеріїв спортивної майстерності стрільців визначають розподіл точок влучення в мішень (М.Б. Зыков, В.Г. Саблин, Л.Л. Локшин, 1981, В.И. Степанский, В.И. Моросанова, В.А. Власов, А.В. Костюченко, 1983). Також неодноразово підкреслюється, що для діагностики підготовленості стрільців доцільно застосовувати кількісне значення оцінки варіантів розташування влучень у мішень. При цьому вираховується як систематичне, так і випадкове відхилення від центру мішені. В одній із останніх робіт з цієї проблематики зазначається, що для кількісного значення оцінки спортивної результативності у стрільбі доцільно використовувати набір таких параметрів: величину площі багатокутника розташування точок улучення; величини відхилення центра ваги утвореного багатокутника від центра мішені; величину середнього модуля радіусів відхилень; координати середньої точки улучення кожної контрольованої вибірки послідовності точок улучення; відстані від кожної середньої точки влучення контрольованих вибірок послідовності пострілів до центра мішені; суми відстаней для всіх окремо взятих контрольованих вибірок послідовності пострілів; довжини шляху середньої точки влучення кожної вибірки послідовності пострілів; співвідношення величин двох попередніх параметрів; середню очкову результативність пострілу у вправі; розкид відхилень вартості влучень від середнього значення (В.Г. Богіно, Б.А. Виноградський, 2002). Загалом подібні підходи дозволяють визначити ті чи інші слабкі елементи в спеціальній підготовленості стрільців і підвищити спортивний результат.

Проте широке використання інформаційно-комп'ютерних технологій відкриває ще ширші перспективи аналізу точок улучення стріл у мішень на практиці підготовки лучників. Ми розробили відповідний програмний супровід для комп'ютерів, який дозволив значно пришвидшити діагностику та аналіз цифрових даних при фіксації координат точок улучення (О.О. Куртяк, 2002, 2004). Перспективним, на наш погляд, є використання запропонованого програмного продукту "Стріла – 1.0", на основі використання якого можна підвищити спортивну результативність кваліфікованих лучників (Б.А. Виноградський, О.О. Куртяк, 2005).

Алгоритм програми полягає у визначенні оптимального комплексу стріл і складається з декількох етапів. Вихідними даними є результати стрільби, яка проведена всіма наявними стрілами. Стрільба проводиться декількома серіями.

Застосовувалися такі позначення:

n – кількість стріл, наявних у лучника;

k – кількість стріл, які потрібно відібрати для змагань ($k < n$);

m – кількість серій, які виконує спортсмен.

Результат кожного пострілу характеризується двома координатами R і T , де R – очки (вартість) влучення (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10); T – кут, що відповідає показникові циферблата годинника. При цьому нульовий кут розміщений на 12-ій годині. Кут, який відповідає першій годині дорівнює $360^\circ/12=30^\circ$.

Наступні кроки алгоритму.

1. Результати стрільби в кожній серії, представлені у системі координат R і T , перетворимо в полярні координати r і α .

$$\begin{aligned} r &= (10,5 - R) \cdot D / 20 \\ \alpha &= 30^\circ \cdot T \end{aligned} \quad (3.10)$$

де, r – відстань точки від центру мішені; α – кут повороту.

2. Полярні координати точок улучення переведемо в декартові координати. Переведення виконаємо для кожної серії пострілів. Для цього скористаємося такими формулами:

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \cos \alpha \\ y &= r \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad (3.11)$$

3. Розраховуємо середні координати і-ої стріли в m -серіях:

$$\begin{aligned}\bar{x}_i &= \sum_{j=1}^m x_{ij} / m \\ \bar{y}_i &= \sum_{j=1}^m y_{ij} / m \quad .\end{aligned}\tag{3.12}$$

На основі середніх значень улучень кожної стріли одержуємо відповідне поле розсіювання.

4. Визначимо кількість комбінацій із n -стріл по k -стріл за допомогою формули:

$$C_n^m = n! / (m!(n-m)!) \quad .\tag{3.13}$$

5. Визначаємо середні значення влучення у мішень для кожної стріли:

$$\begin{aligned}\bar{x}_i &= \sum_{j=1}^k \bar{x}_{ij} / k \\ \bar{y}_i &= \sum_{j=1}^k \bar{y}_{ij} / k \quad .\end{aligned}\tag{3.14}$$

6. Для кожної комбінації визначаємо суму відстаней від кожної зі стріл у комбінації до середнього значення кожної комбінації:

$$d_j = \sum_i^k \sqrt{(\bar{x}_i - \bar{x}_i)^2 + (\bar{y}_i - \bar{y}_i)^2} \quad .\tag{3.15}$$

7. Знаходимо ту комбінацію, яка має мінімальну відстань d_j , тобто

$$d = \min d_j \quad .\tag{3.16}$$

8. Виконаємо переміщення початку системи координат у середню точку вибраної комбінації. Перерахуємо декартові координати комбінації в нових системах координат. Скористаємося формулами перетворення координат:

$$\begin{aligned}\bar{x}' &= \bar{x} - \bar{x} \\ \bar{y}' &= \bar{y} - \bar{y} \quad .\end{aligned}\tag{3.17}$$

9. Для визначеної комбінації стріл перераховуємо їхні координати з декартових у полярні (3.18):

$$r = \sqrt{\bar{x}_i'^2 + \bar{y}_i'^2} . \quad (3.18)$$

10. Визначаємо прогнозований результат:

$$R = 10 - \text{int}\left(\frac{20 \cdot r}{D}\right) . \quad (3.19)$$

Під час досліджень визначено ефективність алгоритму аналізу параметрів улучень, а на його основі і якість відбору стріл, використовуючи основні стандартні процедури статистичного аналізу із порівнянням середніх значень зв'язаних вибірок. Зафіксовано результати стрільби групи з 10 спортсменів-лучників високої кваліфікації (МС) в закритому приміщенні на дистанції 18м до та після використання комп'ютерної програми відбору стріл (табл. 3.12).

На основі головних статистичних показників табл. 3.12 можна стверджувати, що в більшості лучників спостерігається підвищення спортивної результативності (тільки в одного стрільця результат повторної контрольної стрільби був менший, а ще в одного він не змінився). Зауважимо, що в середньому динаміка є позитивною, групове збільшення становить 2,7 очка, з 279,6 до 282,3 очка. Для перевірки гіпотези про достовірність припущення про суттєвість зазначених змін використано t-критерій Стьюдента. Величина t-критерію Стьюдента достовірності для даних з табл. 3.12 становила 2,43, що є вищим за відповідне критичне табличне значення (2,3) згаданого параметра (при $p=0,95$ і $n=10$). Потрібно зауважити, що зазначені процедури контрольних тестувань та апробації коректності комп'ютерного програмного забезпечення відбувалися впродовж двох тренувальних днів на найкоротшій дистанції 18м у приміщенні. Сталі зовнішні умови, однорідність групи, а також мінімальний часовий термін дозволяють обґрунтовано припускати відсутність додаткових чинників досягнення спортивного результату. Практично неможливо змінити рівень спеціальної фізичної чи тактичної підготовленості у зазначених умовах. Тому стверджуємо, що основним чинником підвищення спортивного результату є оптимізація у підборі комплектів стріл у серії з трьох пострілів.

Таблиця 3.12

**Зміна спортивних результатів
до та після автоматизованої процедури відбору стріл
у групі майстрів спорту зі стрільби з лука на дистанції 18м**

№	Прізвище	До відбору	Після відбору	Різниця
1	Д-ко	278	282	4
2	С-ін	283	283	0
3	З-ов	275	280	5
4	Р-ус	279	282	3
5	К-ко	279	280	1
6	Б-ін	278	280	2
7	Л-ов	280	285	5
8	М-ко	283	286	3
9	К-єв	278	283	5
10	Л-ин	283	282	-1
	Середнє значення	279,6	282,3	2,7
	Середнє відхилення	2,12	1,56	1,76
	Коефіцієнт варіації	0,75	0,55	65,2

З огляду на те, що в пілотному педагогічному експерименті брали участь тільки МС, і проводився він тільки на найкоротшій змагальній дистанції, постала потреба у розширенні використання комп'ютерної програми «Стріла-1.0» і в інших умовах. Було створено однорідні за спортивною класифікацією групи лучників, а експеримент полягав у оптимізації відбору 6-ти стріл до комплекту для виконання змагальної вправи на 70 метровій дистанції просто неба. Демонструючи загальну тенденцію до зростання спортивного результату, підсумки досліджень заперечують ідентичність величини впливу експериментального критерію на цільову точність у лучників різної кваліфікації. Таке спостерігається як щодо абсолютних, так і щодо відносних величин (рис. 3.23).

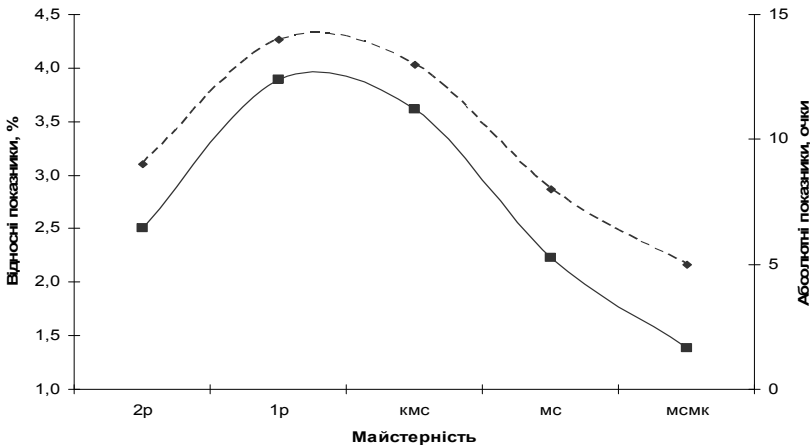


Рис. 3.23. Зростання спортивної результативності лучників різної кваліфікації на дистанції 70 м при використанні комп'ютерної програми «Стріла-1.0»:

- ◆ – абсолютні показники;
- – відносні показники

Найбільший позитивний вплив при використанні автоматизованої програми відбору стріл проявляється у групі лучників першого розряду. Середнє зростання у цій групі становило 14 очок в абсолютному вимірі, або близько 3,9%. Для групи найсильніших лучників позитив виявлявся у підвищенні результату на 5 очок або на 1,9%. Проте необхідно зауважити, що „зусилля”, необхідні для прогресування спортивного результату при різних початкових величинах спеціальної підготовленості та спортивної результативності, є несівмірними. Звідси, логічно використати для аналізу не тільки абсолютні чи навіть відносні показники зростання щодо абсолютного результату (360 очок для дистанції 70 м), а відношення до величини залишку. Величина залишку визначається кількістю очків, необхідних для досягнення абсолютного (максимально можливого) показника. У різних кваліфікаційних групах стрільців він є різним. Змінилася практична значущість величини позитивного впливу щодо очкового залишку при застосуванні комп'ютерної програми „Стріла-1.0” у спортсменів різної кваліфікації (рис. 3.24).

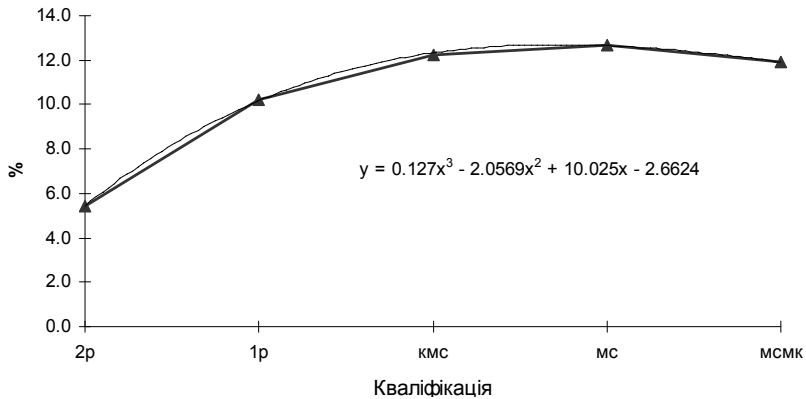


Рис. 3.24. Зміна залишкових відносних величин спортивної результативності у лучників різної кваліфікації на дистанції 70 м при використанні комп'ютерної програми „Стріла–1.0”

Так максимум крива досягає у лучників – МС, зберігаючи практично однакові величини у МСМК та КМС. Мінімальні значення спостерігаються у стрільців низької та середньої кваліфікації. На основі даних середніх групових значень досить легко побудувати криву тренда при використанні поліноміального рівняння третього ступеня. Вона описується математичним виразом $y = 0.13x^3 - 2.06x^2 + 10.03x - 2.66$. Крива апроксимації та згладження досить адекватно описує початкові величини. Отже йдеться про різні відносні величини позитивного впливу запропонованої методики відбору стріл на спортивний результат, а отже і різні вагові коефіцієнти чинників досягнення спортивного результату у лучників різної кваліфікації (рис. 3.24).

3.5. Моделі опорних взаємодій тіла лучника в умовах збереження змагальної стійки

Спортивна діяльність вимагає від спортсмена здатності економно і з високим робочим ефектом зберігати рівновагу тіла в просторі. Збе-

реження положення тіла спортсмена є складним процесом керування і регулювання. Щоб оцінити рівень розвитку здатності до збереження рівноваги та стійкості тіла широко використовується методика стабілографії (В. Болобан, Т. Мистулова, 2000, К. Бретз, 1997).

Важливим є встановлення взаємозв'язків між показниками збереження стійкості тіла лучника, стійкості зброї та спортивним результатом, напрацювання відповідних моделей і визначення відповідних закономірностей.

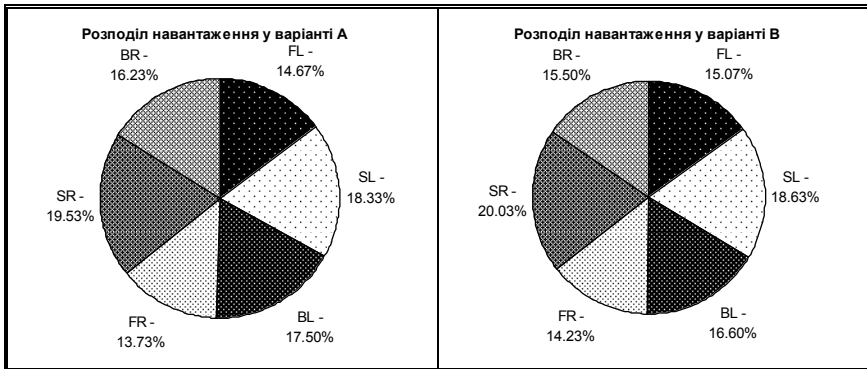


Рис. 3.25. Варіанти відносного розподілу сили опори у шести зонах:

- FL – передня зона лівої стопи;
- SL – бокова зона лівої стопи;
- BL – задня зона лівої стопи;
- FR – передня зона правої стопи;
- SR – бокова зона правої стопи;
- BR – задня зона правої стопи

Передумовами дослідження і створення моделей функціонування постуральної системи спортсмена є припущення про те, що тіло людини умовно поділено в сагітальній площині на ліву і праву частини, яке доцільно подати у вигляді оберненого маятника у верхньому нестійкому стані. При цьому основні рухи під час збереження пози відбуваються в гомілково-ступневому суглобі, і тільки дуже великі відхилення компенсуються за рахунок активності м'язів стегна, а все тіло перемі-

щається як одне ціле. У фронтальній площині тіло спортсмена умовно розділено на передню і задню частини, а регулювання вертикальної пози здійснюється м'язами стегна і меншою мірою м'язами гомілково-ступневого суглоба. Звідси висновки про можливість моделювання процесу збереження стійкості тіла стрільця у фронтальній площині у вигляді дволанкового оберненого маятника.

Базовою моделлю опорних взаємодій є розподіл сил тиску на горизонтальну поверхню з боку тіла спортсмена в основній стійці із закритими та відкритими очима. В результаті порівняння середніх значень розподілу сил опори між трьома умовними точками (передньою, боковою та задньою) визначено таке співвідношення під час тестування: 28,5 : 37,8 : 33,7% із відкритими очима і 29,3 : 38,6 : 32,1 зі закритими очима, що не свідчить про значущі відмінності. Коли детальніше проаналізувати фіксацію усіх шести показників у двох варіантах тестування, отримуємо також незначне збільшення частки сили опори передньої і бокової зон за рахунок зменшення задньої (рис. 3.25).

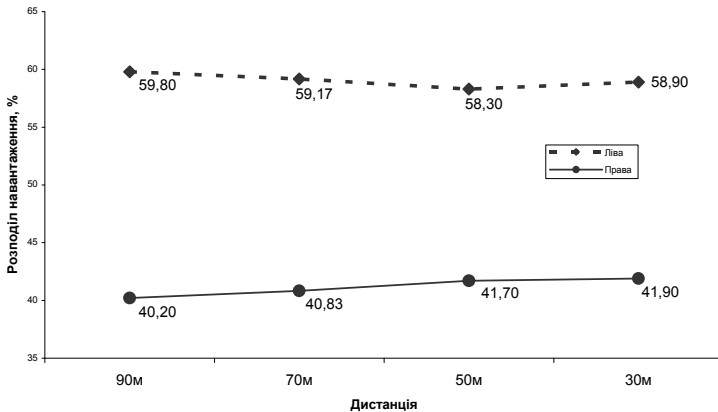


Рис. 3.26. Розподіл часток опорних взаємодій між стопами у лучників під час виконання змагальної вправи залежно від дистанції стрільби:

- – частка правої ноги;
- ◆ – частка лівої ноги

Статистична модель розподілу опорних взаємодій суттєво змінюється в умовах утримання змагальної стійки лучників під час стрільби з лука (рис. 3.26). Якщо в базовій моделі загалом розподіл сили опори між правою і лівою ногами приблизно був однаковий, то під час стрільби він суттєво змінюється на користь частки лівої ноги – 59% проти 41%. Враховуючи вплив дистанції стрільби на згаданий розподіл, можна стверджувати, що різниця між відносними й абсолютними значеннями розподілу сили опори ніг зменшується зі скороченням дистанції (рис. 3.26). Звідси висновок про вплив певних відмінностей у техніці виконання пострілу з лука на різних дистанціях. Можна також прогнозувати, що існують і закономірності перерозподілу часток опорних взаємодій у шістьох зонах стопи лучника залежно від дистанції стрільби (рис. 3.27).

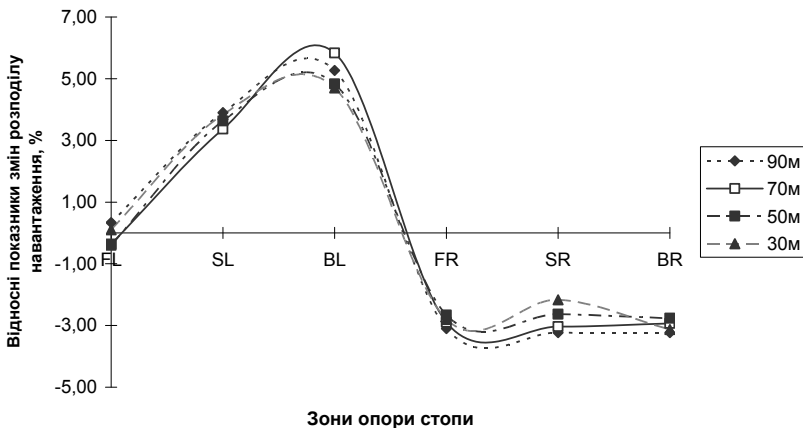


Рис. 3.27. Зміна часток опорних взаємодій між різними зонами стопи у лучників:

- ◆ – на дистанції 90м;
- – на дистанції 70м;
- – на дистанції 50м;
- ▲ – на дистанції 30м;
- FL – передня зона лівої стопи;
- SL – бокова зона лівої стопи;

BL – задня зона лівої стопи;

FR – передня зона правої стопи;

SR – бокова зона правої стопи;

BR – задня зона правої стопи

Підтверджуючи тенденцію перерозподілу величин сили опори між лівою та правою стопою, наведемо графічне зображення динаміки цих показників відносно базового рівня основної стійки. Найбільша зміна припадає на п'яткову зону лівої стопи (в межах 4,7–5,8%). Дещо менша зміна навантаження спостерігається у боковій зоні лівої стопи, де різниця становить 3,4–3,9%. Зміни величин на передню зону практично не виявлено. Зате чітко виділено зменшення сил опори лівої стопи практично в усіх зонах, які досліджуються. Зменшення спостерігаються у межах 2,3–3,2%. Зазначимо також, що найсуттєвіші зміни відбулися під час виконання змагальної вправи лучників на дистанції 70м, а найменші – на дистанції 30м. Загалом тенденції змін є досить виразними і значущими. Закономірності збереження стійкості тіла спортсмена проявляються у практичних збігах графічних малюнків змін на всіх змагальних дистанціях (рис. 3.27).

Щоби здійснити всебічний аналіз умов збереження стійкості, необхідно дослідити кількісні параметри коливання проекції ЗЦМ на горизонтальну площину. Характеристики годографів стабілограм можуть вказати на певні закономірності адаптаційних пристосувань до специфічних умов змагальної діяльності з боку постуральної системи лучника. Зокрема важливо з'ясувати динаміку переміщення координат середньої точки коливання ЗЦМ. Під час дослідження визначено, що в умовах збереження вертикальної стійки без використання лука координати середньої точки проекції ЗЦМ, як правило, знаходяться близько до їх початку. Таке спостерігається зі закритими та відкритими очима.

Проте під час виконання стрільби з лука координати ЗЦМ змінюються. Щоби визначити характер цих змін, розбивали горизонтальну поверхню стабілограми на чотири частини відповідно до поділу осей (рис. 3.28). Значення показника осі X, що належить фронтальній площині, вказує на розподіл сил опори на ліву та праву ноги, а значення показника осі Y, що належить сагітальній площині, засвідчує відхилення тіла вперед – на пальці або назад – на п'ятки. Таким чином підтверджено припущення про зміщення ЗЦМ на ліву ногу в усіх стрільців, тобто

розташування годограми у першій і четвертій частинах горизонтальної поверхні. При цьому, під час виконання змагальної вправи лучниками, проекція ЗЦМ переміщується вперед у сагітальній площині (позитивні значення Y).

Також підтверджується емпіричний досвід про те, що відхилення тіла спортсмена назад може негативно вплинути на спортивну результативність лучників високої кваліфікації.

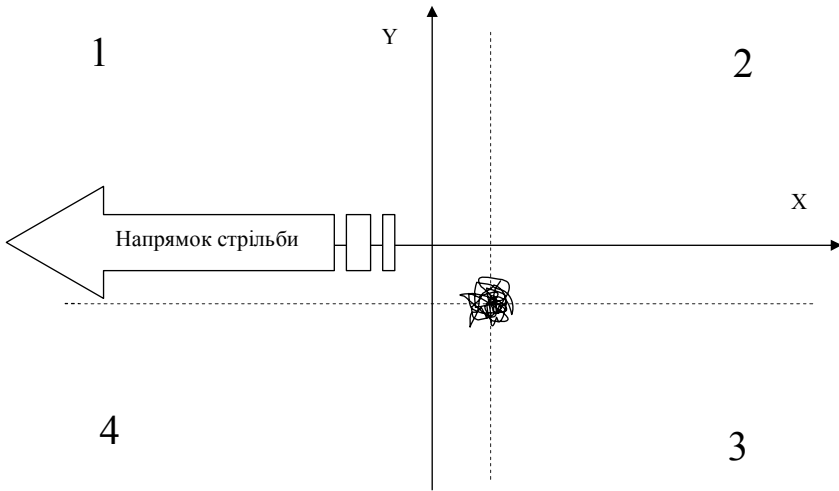


Рис. 3.28. Годограф стабілограми під час виконання змагальної вправи лучників

Детальний аналіз кінематичних параметрів стабілографії змагальної діяльності лучників вказує на наявність значущих впливів між спортивним результатом і довжиною кривої, швидкістю та прискоренням точки проекції ЗЦМ спортсмена. Коефіцієнти кореляції між цими показниками коливаються в межах 0,7–0,9. При цьому довжина шляху кривої проекції ЗЦМ в умовах виконання змагальної вправи збільшується в абсолютних величинах від 15 до 40 мм, швидкість – на 2–5 мм·с⁻¹, прискорення – на 10–25 мм·с⁻² (рис. 3.29, 3.30).

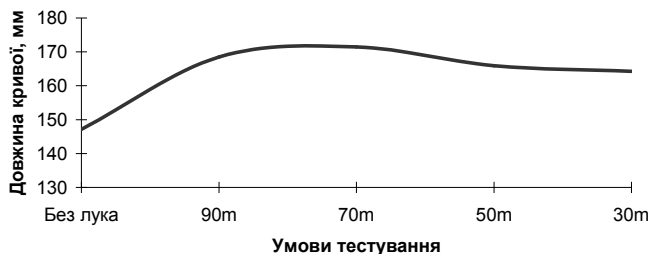


Рис. 3.29. Зміна довжини кривої стабілограми залежно від умов тестування

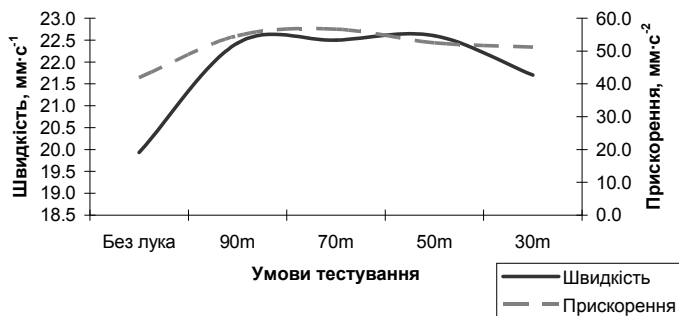


Рис. 3.30. Зміна швидкості і прискорення точки проекції ЗЦМ лучника залежно від умов тестування:

- – швидкість руху точки;
- – прискорення руху точки

Важливим, на наш погляд, є факт невідповідності змін величин довжини, швидкості і прискорення проекції ЗЦМ під час різних умов тестування й амплітуди цих коливань. На рис. 3.31 бачимо, що спеціальне стрілецьке навантаження не тільки не призвело до суттєвого зростання амплітуди, але й до певної міри зменшило її на деяких дистанціях. Так, величина коливань ЗЦМ тіла лучника у фронтальній площині під час

виконання стрільби на середніх дистанціях є меншою за базовий рівень (без лука). Описаний факт можна пояснити застосуванням керувальних рішень з боку ЦНС для оптимізації рухових дій лучника під час підтримання “змагальної” стійки на основі використання механізму локальних тактик. У нашому випадку механізм локальних тактик зводиться до фіксації комбінацій м’язових напружень, які супроводжуються перевіркою їх ефективності. Така тактика дає можливість визначити такий напрям комбінації м’язових напружень, який дозволяє поліпшувати рухове завдання зі збереження високої стійкості під час його виконання. Висококваліфікований лучник показує інколи вищі показники стійкості під час спеціалізованого навантаження, оскільки в руховій програмі керування вже обмежено високоамплітудні стрибки, характерні під час збереження “базової” стійки. Дослідження показують, що для стрільби з лука притаманне характерне коливання малої амплітуди і високої частоти, що зростає під час стрільби на змагальних дистанціях.

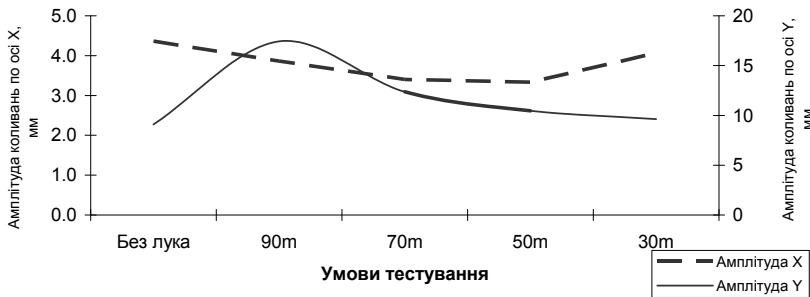


Рис. 3.31. Зміна амплітуди коливань ЗЦМ тіла лучника залежно від умов тестування:

- — по осі Y;
- по осі X

Водночас цілком закономірним є факт більшого значення амплітуди коливань ЗЦМ у сагітальній площині порівняно з фронтальною. Це помітно вже на “базовому” рівні. Величина відхилення приблизно в два рази більша (9 мм у сагітальній і 4,5 мм у фронтальній). Під час аналізу змін амплітуди коливань ЗЦМ тіла лучника у сагітальній площині за-

лежно від умов тестування спостерігаємо різкий стрибок відхилень під час переходу до стрільби на 90-метровій дистанції з подальшим плавним спуском практично до початкового рівня. Такий факт можна пояснити ускладненістю рухового завдання, що повинен виконати спортсмен на довгих дистанціях, зокрема появою додаткового психологічного напруження, пов'язаного з намаганнями точніше прицілитися чи ускладненою тактикою ведення стрільби.

МОДЕЛІ СПЕЦІАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ ЛУЧНИКІВ ВИСОКОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ

4.1. Загальна модель спеціальної фізичної підготовки лучників високої кваліфікації

При вивченні спеціальної фізичної підготовленості стрільців як системи виникає низка проблем для її опису, зумовлених певною альтернативністю завдання і необхідністю обліку значної кількості чинників, що характеризують цю систему і впливають на якість вирішення завдання. Однак, як вже зазначалося, дієвим інструментом дослідження об'єктів такого типу є моделювання.

Однією з основних вимог, що висуваються до моделі, яка повинна описати спеціальну фізичну підготовленість лучника, є її відповідність реальному рівневі, котрий досягається за допомогою використання моделей з різною деталізацією, залежною від особливостей структурних частин і взаємозв'язків між ними і метою дослідження. Як вже зазначалося, процеси становлення й удосконалення спеціальної фізичної підготовленості спортсменів практично неможливо описати повно і детально, що зумовлюється істотною їх складністю. Основна проблема при розробці відповідної моделі полягає в знаходженні компромісу між простотою її опису і необхідністю контролювання змін численних параметрів підготовленості. Спроба побудувати єдину повну універсальну модель, швидше за все, буде невдалою, зважаючи на її складність і непрактичність.

Моделювання спеціальної фізичної підготовленості стрільців базується на принципах, що забезпечують коректність і достовірність її вивчення, а отже, і якісне прогнозування рівнів підготовленості. Серед цих принципів можна виділити три основні:

- 1) системний підхід до вивчення спеціальної фізичної підготовленості;
- 2) принцип ієрархічного багаторівневого моделювання видів підготовленості;
- 3) принцип множинності моделей.

Тому, в нашому випадку, в основі дослідження спеціальної фізичної підготовленості стрільців закладено системний підхід, а кінцевою метою є створення моделі із заданою якістю.

Принцип ієрархійного багаторівневого моделювання базується на ієрархійному описі зв'язків і компонентів спеціальної фізичної підготовленості та відповідних динамічних процесів з ними. При цьому підготовленість і процеси її функціонування подано у вигляді групи моделей, що описують динаміку підготовленості з точки зору різних рівнів абстрагування, які відрізняються низкою характерних особливостей і параметрів.

Стосовно моделей спеціальної фізичної підготовленості з дискретним характером контролю (тобто враховуючи структуру тренувально-го процесу) пропонуємо виділити два напрями ієрархії:

1) ієрархія по вертикалі, в якій розподіл моделей за рівнями здійснюється залежно від обраної структури підготовленості;

2) ієрархія по горизонталі, в якій розподіл моделей за рівнями здійснюється залежно від методів їх дослідження.

В ієрархії по вертикалі загалом можна виділити три рівні моделей:

❖ базові моделі, що містять найпростіші моделі (моделіні характеристики), на основі яких будуються і можуть бути розраховані інші складніші моделі другого і третього рівнів;

❖ локальні моделі, що відображають окремі особливості взаємозв'язків рівнів підготовленості і дозволяють вирішувати окремі завдання аналізу і синтезу;

❖ глобальні (системні) моделі, що найповніше відображають структурні і функціональні особливості організації спеціальної підготовленості і є моделями з високим ступенем деталізації. Глобальні моделі будуються на основі базових і локальних моделей.

Ієрархія по горизонталі об'єднує чотири рівні моделей залежно від можливості використання тих чи інших математичних чи статистичних методів дослідження підготовленості:

❖ моделі, які можна точно розрахувати, що дозволить отримати конкретні результати;

❖ моделі, які можна приблизно аналітично розрахувати з прийнятною точністю, причому результати можуть бути отримані або в явному вигляді, або у вигляді меж (верхньої і нижньої);

- ❖ моделі, що вимагають застосування статистичних методів розрахунку, базованих на імітаційному моделюванні;
- ❖ моделі, що використовують аналітико-імітаційні методи розрахунку.

Базові моделі припускають застосування точних і наближених аналітичних методів і дозволяють отримати цілком конкретний результат. Локальні моделі звичайно передбачають застосування методів імітацій, а глобальні – разом із перерахованими методами моделювання можуть використовувати аналітико-імітаційні методи.

Взаємодія моделей різних рівнів ієрархії здійснюється шляхом перерахунку характеристик, отриманих на одному рівні, в параметри моделі, використовуваної на іншому (сусідньому) рівні. На кожному рівні можна використовувати різні моделі. Склад моделей кожного рівня залежить від структурно-функціональної організації системи і мети дослідження. Останнє також визначає ступінь деталізації моделей одного рівня.

Таблиця 4.1

Типові параметри блоку ЗФП

Якості, що формують блок	Показники, що вимірюються	Фізична величина	Позначення та одиниці вимірювання	Методика визначення
Силові характеристики м'язів верхніх кінцівок і тулуба	Максимальна абсолютна сила м'язів, що беруть участь у натягуванні лука	Максимальна сила	F(max), Н або кГс	Динамометрія (тензометрія, п'єзометрія)
Витривалість до виконання роботи м'язів верхніх кінцівок і тулуба	Максимальна кількість разів натягування лука (N) на індивідуальну величину розтягу	Робота	A, J або кГс•м	$P = F(\text{лука}) \times N \times L$
	Максимальний час утримання лука (t)	Імпульс сили	I, Нс	$I = F(\text{лука}) \times t$

Ми обґрунтовано передбачаємо, що параметри загальної фізичної підготовленості мають певний лінійний чи нелінійний, але статистично істотний зв'язок з параметрами спеціальної фізичної підготовленості лучників.

Для правильної і доступної параметризації моделей різних рівнів, а в цьому випадку за приклад беруться моделі загальнофізичної та спеціально-фізичної підготовленості лучників, ми розробили таблиці фізичних величин таким чином, щоби, зберігаючи принципи доступності і простоти контролю та вимірювань, високої інформативності, забезпечити коректний взаємозв'язок фізичних величин, що формують сусідні блоки глобальної (системної) моделі (табл. 4.1, 4.2).

Таблиця 4.2

Типові параметри блоку СФП

Якості, що формують блок	Показники, що вимірюються	Фізична величина	Позначення та одиниці вимірювання	Методика визначення
Відносні силові характеристики м'язів верхніх кінцівок	Співвідношення максимальної абсолютної сили м'язів, що беруть участь у натягуванні лука, до сили лука	Відносна сила	K(m/a), рази	Динамометрія (тензометрія, п'єзометрія) $K(m/a) = F(\max)/F(\text{лука})$
М'язова чутливість (силова)	Співвідношення відтвореної сили м'язів до сили лука	Відносна силова похибка	K(v/a), рази	$K(v/a) = F(\text{відт})/F(\text{лука})$
	Різниця відтвореної сили м'язів до сили лука	Абсолютна силова похибка	ΔF, Н або кгс	$\Delta F = F(\text{відт}) - F(\text{лука})$
Спеціальна силова витривалість	Час утримання точки прицілювання в „жовтому” крузі мішені	Імпульс сили утримання	I(y), Нс	$I(y) = F(\text{лука}) \times t(y)$

До блоку загальнофізичної підготовленості увійшли три найістотніших показники, котрі визначають рівень розвитку силових характеристик і параметрів витривалості м'язів верхніх кінцівок і тулуба, що зумовлене залученням зазначених м'язів до виконання змагальної вправи під час стрільби з лука. Максимальна сила F_{\max} (1 показник) визначалася в режимі імітації розтягу лука-динамометра. Також фіксувалися два показники витривалості – максимальний час утримання лука у розтягнутому стані (2 показник) та максимальна кількість разів натягування лука на індивідуальну величину розтягу (3 показник). Перший показник витривалості асоціюється з такою фізичною величиною як робота (А) і має розмірність Дж. Він характеризує здатність лучника виконувати динамічну роботу з луком у неспецифічних ситуаціях. Другий показник характеризує можливість лучника виконувати статичну роботу з луком у неспецифічних умовах і є фізичною величиною – імпульсом сили, маючи розмірність кг с.

Блок спеціальної фізичної підготовленості лучника сформовано на основі чотирьох показників, що є характеристиками трьох специфічних фізичних якостей, необхідних для ефективного виконання змагальної вправи. Визначалися відносні силові характеристики м'язів верхніх кінцівок за допомогою розрахунку коефіцієнта співвідношення показника максимальної сили м'язів, котрі беруть участь у натягуванні лука, до сили лука в момент індивідуальної величини розтягу. Отримуємо безрозмірну величину – К (m/a). Аналогічним чином визначається показник співвідношення відтвореної сили м'язів до сили лука, який є характеристикою специфічних відчуттів – м'язової чутливості. Відтворення виконувалося шляхом репродукування зусилля максимально наближеного за силою розтягу до індивідуального “бойового” лука на луці-динамометрі. Для отримання абсолютних величин можна застосувати показник різниці відтвореної сили м'язів до сили лука, який буде виражений у кг сили (ΔF). Для характеристики спеціальної силовій витривалості використовується контроль часу утримання розтягнутого лука на індивідуальну величину, але в умовах збереження точки прицілювання у жовтому крузі мішені на певній дистанції (наприклад на 18 м). При цьому застосовувався додатковий пристрій типу указки-лазера, який прикріплювали до планки висувного прицілу на руківці лука.

Така блокова структура дозволяє нам використовувати аналітико-імітаційне моделювання не тільки окремих підсистем (блоків) складної

ієрархійної моделі підготовленості лучника, але й запропонувати загальну модель, з певним набором взаємопов'язаних параметрів. Така модель могла би відповідати вимогам динамічності, передбачуваності і, відповідно, прогнозованості у поведінці. Так, з'являється теоретико-методична основа побудови тренувального процесу в чіткому кількісному вимірі.

4.2. Регресійно-кореляційні моделі компонентів спеціальної фізичної підготовленості кваліфікованих лучників

Цілком зрозуміло, що стрільба з лука належить до тих видів спорту, яким притаманна точність дозування м'язових зусиль і просторова точність спеціалізованих рухів. У таких видах спорту для вдосконалення технічної майстерності необхідне створення певного “запасу потужності” моторного потенціалу, тобто розвиток рухових здібностей до рівня, що перевищує той, який об'єктивно необхідний для вирішення рухового завдання. Цим забезпечується можливість певної варіативності при виконанні спортивних рухів без побоювання вийти за межі існуючого моторного потенціалу (А.С. Ровний, 2002).

Аналіз публікацій результатів наукових досліджень свідчить, що технічна майстерність лучників характеризується такими показниками: точність відтворення заданого зусилля (м'язова чутливість), що відображає здатність керувати м'язовими зусиллями, а також відношенням максимальної сили м'язів до сили лука (Н.А. Калиниченко, 1972). Існує обґрунтована інформація, що такі показники залежать від спортивної кваліфікації лучників. Так, у МСМК у середньому помилка відтворення заданого зусилля в 6 разів менша, ніж у новачка. Зусилля, що прикладаються до тятиви становлять приблизно 1/3 від максимальної сили МСМК, а у початківців цей показник є більшим ніж 1/2. Подібна тенденція спостерігається й у відношенні часу виконання змагального пострілу до максимального часу утримання лука в натягнутому стані.

Результати попередніх досліджень виявляють характерну особливість, яка полягає в тому, що величина кореляційної залежності між показниками розвитку сили, силової витривалості і спортивним ре-

зультатом із удосконаленням спортивної майстерності зменшується. Зазначене свідчить про те, що рівень спеціальної фізичної підготовленості висококваліфікованих стрільців із лука використовується далеко не повністю, а межі “запасу потужності” не мають визначених значень. Тому, постає потреба переглянути підходи до пошуку й уточнення високоінформативних параметрів для визначення рівня розвитку спеціальної фізичної підготовленості стрільців з лука високого класу.

Звідси, однією з основних проблем сучасного спорту є раціоналізація використання моторного потенціалу спортсмена для вирішення конкретного рухового завдання. Зростання спортивного результату забезпечується щонайменше двома чинниками, а саме: підвищенням рівня спеціальної фізичної підготовленості спортсмена і його здатністю так організувати свої рухи, щоб якомога повніше реалізувати моторні можливості. З іншого боку, вдосконалення спортивної техніки буде плідним і ефективним тільки в тому випадку, коли воно передбачає формування біомеханічно доцільної структури рухів, відповідно до реального рівня фізичної підготовленості спортсмена. Отож, завжди стоїть питання відповідності рівнів розвитку окремих фізичних якостей і рухових навичок, а також доцільність їх подальшого вдосконалення. Також необхідно акцентувати увагу на застосуванні принципу провідного чинника фізичної підготовленості, оскільки він відіграє ключову роль у визначенні рухового потенціалу в спеціалізованому виді рухової діяльності. Подані діалектичні протиріччя були і залишаються актуальними в системі підготовки висококваліфікованих спортсменів (А. Н. Лапутин, 1996). Найбільш виразно ця проблема виявляється у складнокоординаційних видах спорту, яким є стрільба з лука.

В оптимальному варіанті контроль за станом спеціальної підготовленості був би найбільш ефективним, якщо можна було б контролювати всі параметри зі заданою ступінню точності. Але з огляду на велику кількість параметрів, складність і неможливість реєстрування у деяких випадках, контроль потрібно здійснювати за сукупністю основних параметрів.

Але на практиці визначення рівня спеціальної підготовленості за сукупністю основних параметрів викликає значні труднощі. Так виникає завдання вибору основних параметрів, які визначають реальний рівень спеціальної підготовленості з певною вірогідністю Р:

$$P(v) = \frac{\sum_{i=1}^v k_i z_i}{\sum_{i=1}^m k_i z_i}, \quad (4.1)$$

де k_i – величина, яка визначає вагу i -го параметра; z_i – символ i -го параметра; m – загальна кількість параметрів; v_i – кількість параметрів, які контролюються.

Для визначення щільності зв'язків між показниками тестування спеціальних фізичних якостей і спортивним результатом лучників високої кваліфікації доцільно застосувати способи визначення основних статистичних характеристик незалежних і залежної вибірок, а також кореляційний аналіз.

Як бачимо з табл. 4.3, із 18 показників, які безпосередньо чи опосередковано могли б впливати на результат удочнення, всього 7 показників (у таблиці такі показники кореляції виділено жирним шрифтом) мають достовірний вплив на нього, при умові проведення тестування на великих за обсягом вибірках ($n > 100$) і виборі рівня статистичної значимості $p < 0,05$. Тому в «шашці» таблиці подаються значущі спеціальні фізичні якості лучників, а в першій колонці – всі дані педагогічного тестування. Зазначимо, що найбільший взаємовплив спостерігається між результатами тестування тривалості утримання точки прицілювання в центрі мішені та точністю влучення ($r=0,53$). Дещо менший вплив має показник статичної витривалості при виконанні вправи – максимальний час утримання лука у розтягнутому стані ($r=0,48$). Таке легко пояснити, оскільки в основі першої «спеціалізованішої» вправи є інша, до певної міри простіша з координаційної точки зору. Варто зауважити, що не виявлено значущого позитивного впливу суми абсолютних сил м'язів верхніх кінцівок на спортивний результат у стрільців високої кваліфікації (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

**Матриця кореляційних величин між показниками
рівня розвитку спеціальної фізичної підготовленості
та спортивним результатом у лучників, (n=70, при l=0,05)**

Показники		Показники							
		Результат	Утр. в Ø 9	М'яз. чугл.	Абсолютна макс. сила правої руки	Абсолютна макс. сила лівої руки	Час утр. лука	UP R	UPL
		1	2	3	6	7	8	9	13
1	Результат	-	0,53	0,29	0,38	0,34	0,48	0,31	0,35
2	Утр. в Ø 9	0,53	-	-0,14	0,06	0,09	0,71	-0,05	0,01
3	М'язова чутливість	0,23	-0,14	-	-0,11	<u>-0,32</u>	-0,17	-0,23	0,19
4	Draw right	-0,17	0,25	0,16	-0,15	-0,04	<u>0,45</u>	-0,23	0,14
5	Draw left	-0,01	0,09	0,04	0,14	0,23	0,23	0,21	0,25
6	Абсолютна макс. сила правої руки	<u>0,38</u>	0,06	-0,11	-	<u>0,92</u>	<u>0,32</u>	<u>0,84</u>	<u>0,88</u>
7	Абсолютна макс. сила лівої руки	0,34	0,09	-0,32	0,92	-	0,45	0,85	0,86
8	Час утримання лука	<u>0,48</u>	<u>0,71</u>	-0,17	<u>0,32</u>	<u>0,45</u>	-	0,19	<u>0,31</u>
9	Up r	<u>0,31</u>	-0,05	-0,23	<u>0,84</u>	<u>0,85</u>	0,19	-	0,96
10	Dawn r	0,09	-0,10	<u>-0,41</u>	<u>0,78</u>	<u>0,77</u>	0,15	<u>0,88</u>	<u>0,88</u>
11	Left r	0,18	-0,05	-0,23	<u>0,82</u>	<u>0,85</u>	0,20	<u>0,94</u>	<u>0,91</u>
12	Right r	0,13	-0,15	-0,18	<u>0,88</u>	<u>0,81</u>	0,12	<u>0,91</u>	<u>0,95</u>
13	Up l	<u>0,35</u>	0,01	-0,19	<u>0,88</u>	<u>0,86</u>	<u>0,31</u>	<u>0,96</u>	-
14	Dawn l	0,11	-0,20	-0,26	<u>0,78</u>	<u>0,77</u>	0,14	<u>0,84</u>	<u>0,85</u>
15	Left l	0,16	-0,01	-0,16	<u>0,77</u>	<u>0,75</u>	0,21	<u>0,92</u>	<u>0,93</u>
16	Right l	0,19	-0,01	-0,16	<u>0,73</u>	<u>0,73</u>	0,22	<u>0,88</u>	<u>0,91</u>
17	Sum right	0,18	-0,09	<u>-0,30</u>	<u>0,85</u>	<u>0,84</u>	0,17	<u>0,97</u>	<u>0,95</u>
18	Sum left	0,20	-0,07	-0,21	<u>0,83</u>	<u>0,82</u>	0,22	<u>0,94</u>	<u>0,96</u>
19	Sum total	0,19	-0,08	-0,26	<u>0,85</u>	<u>0,84</u>	0,19	<u>0,96</u>	<u>0,96</u>

Примітки: *Результат* – середній результат улучення однієї стріли на дистанції 18м;
утр. в Ø 9 – максимальний час утримання точки прицілу в жовтому крузі мішені ді-

метром 20 мм; *кінстетична чутливість* – кількість вдалих спроб (з 10 можливих) відтворення сили індивідуального лука за допомогою лука-динамометра з точністю $\pm 0,5$ кг; *Draw right, Draw left* – максимальна кількість натягування лука правою та лівою рукою; *Абсолютна макс. сила правої (лівої) руки* – максимальна сила відповідної руки, яка зафіксована на луці-динамометрі; *Час утримання лука* – тривалість утримання лука в розтягнутому стані; *Up r, Dawn r, Left r, Right r* – сила м'язів правої руки, відведеної вбік з основної стійки, в різних напрямках прикладання зусиль (уверх, униз, ліворуч, праворуч); *Up l, Dawn l, Left l, Right l* – сила м'язів лівої руки, відведеної вбік з основної стійки, в різних напрямках прикладання зусиль (уверх, униз, ліворуч, праворуч); *Sum right, Sum left* – сума модулів сили м'язів правої, лівої рук у чотирьох напрямках; *Sum total* – сума модулів сили м'язів обох рук у чотирьох напрямках.

Прояв силових якостей м'язів правої та лівої рук, виявлених під час тестування при підніманні, заслуговує на увагу з огляду на його значущість ($r=0,31$; $r=0,35$). Побудуємо статистичні моделі проявів силових зусиль м'язів у чотирьох напрямках вертикальної площини (праворуч, ліворуч, вверх, униз) при вихідному положенні основної стійки стрільця з лука (рука, що утримує лук, витягнута вперед). Отже для побудови векторограм силових компонентів м'язів плечового поясу та рук використовувалися 8 вправ, за допомогою яких існує можливість контролювати максимальні зусилля у чотирьох напрямках для лівої та правої рук.

З огляду на неоднозначний внесок у спортивний результат показників векторів максимальної сили при виконанні зазначених тестових вправ, виникла наукова необхідність визначити загальні закономірності під час побудови силових вектограм у жінок і чоловіків (рис. 4.1 та рис. 4.2). Виявлено, що і в жінок, і в чоловіків – стрільців з лука високої кваліфікації – викристалізуються практично однакові співвідношення між показниками різноспрямованих силових векторів. Найбільші середні значення м'язових зусиль зареєстровано при опусканні як правої, так і лівої рук. Цю тезу можна пояснити тим, що компонентом формування згаданого показника, окрім іншого, є і сила тяжіння. Проте найцікавішим є те, що легко розпізнати інші величини, які характеризують силу м'язових скорочень при підніманні, де сила тяжіння змінює величину впливу на зворотну. Незважаючи на це, при тестуванні рівня розвитку м'язів правої та лівої рук при підніманні зареєстровано середні показники, що суттєво відрізняються від інших фіксованих показників. Звідси попередній висновок про те, що спеціалізована професійна діяльність лучників суттєво впливає на розвиток м'язів правої

та лівої рук, які беруть участь у роботі при підніманні й утриманні рук у зафіксованому положенні. Отже, спостерігається і зворотній процес.

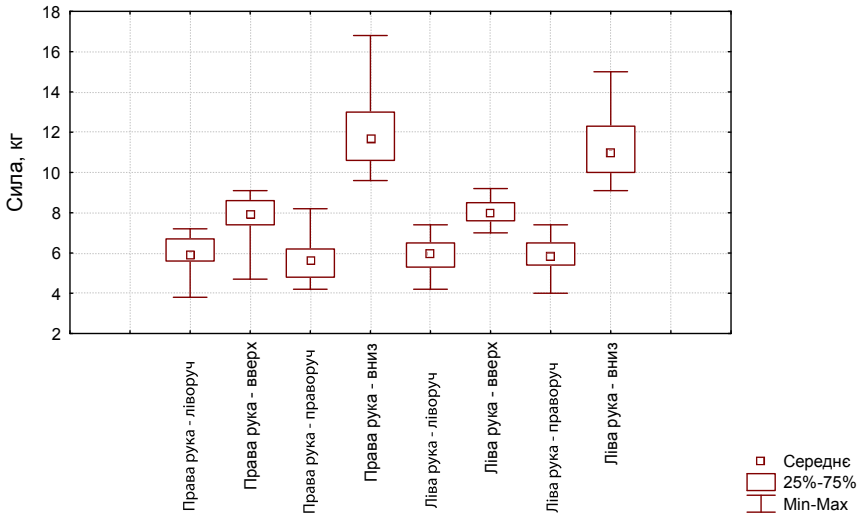


Рис. 4.1. Величини проявів силових якостей м'язів правої та лівої руки у жінок:

- – середнє значення;
- ▣ – 0;25–0;75 (нижній і верхній) перцентилі;
- Т – максимальне значення;
- └ – мінімальне значення

Побудуємо математико-статистичну модель залежності спортивного результату лучників від показників рівня розвитку спеціальних фізичних якостей. Модель є рівнянням множинної регресії з відповідними стандартизованими та нестандартизованими коефіцієнтами. Залежною змінною була величина середньої вартості стріли на дистанції 18м. На першому етапі побудови моделі як незалежні змінні вибрано 7 показників, що мають значущий вплив на спортивний результат. Далі кількість предикторів (незалежних змінних) може бути змінено залежно від логіки уточнення та верифікації моделі. Запропоновано таку математичну формулу розрахунку спортивного результату:

$$\text{Результат} = 9,09 + 0,036(\text{утр. в } \emptyset 9) + 0,016(\text{к.чут.}) - 0,008 \text{ Max } r + 0,005 \text{ Max } l + 0,016 \text{ Tame draw} - 0,016 \text{ Up } r + 0,051 \text{ Up } l, \quad (4.2)$$

де *Результат* – середній результат влучення однієї стріли на дистанції 18м; *утр. в Ø 9* – максимальний час утримання точки прицілу в жовтому крузі мішені діаметром 20мм; *к.чут.* – кількість вдалих спроб (з 10 можливих) відтворення сили індивідуального лука за допомогою лука-динамометра з точністю $\pm 0,5$ кг; *Max r* і *Max l* – максимальна сила правої та лівої рук, яка зафіксована на луці-динамометрі; *Tame draw* – тривалість утримання лука в розтягнутому стані; *Up r*, *Up l* – сила м'язів правої і лівої руки, відведеної вбік з основної стійки, при прикладанні зусиль вгору.

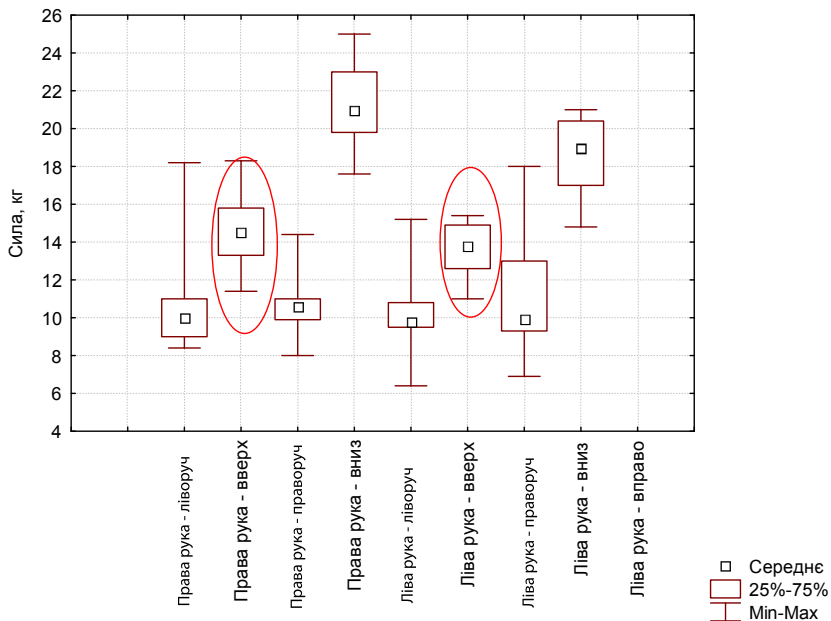


Рис. 4.2. Величини проявів силових якостей м'язів правої та лівої руки у чоловіків:

- – середнє значення;
- ▭ – 0;25–0;75 (нижній і верхній) процентилі;

Т – максимальне значення;

⊥ – мінімальне значення

Аналізуючи формулу (4.2), можна переконатись у тому, що величини нестандартизованих коефіцієнтів у більшості предикторів є невеликими. Винятками є тільки коефіцієнти при показникові часу утримання лука у жовтому колі мішені та показник при показникові сили м'язів, які беруть участь у підніманні й утриманні лівої руки (0,36 та 0,51 відповідно). Проте останній показник є статистично незначущим при $p=0,05$. Значення коефіцієнта детермінації становить майже $R=0,612$, що засвідчує помірний ступінь наближеності лінії регресії до величин спортивного результату і відповідну можливість отримання якісного прогнозу (рис. 4.3).

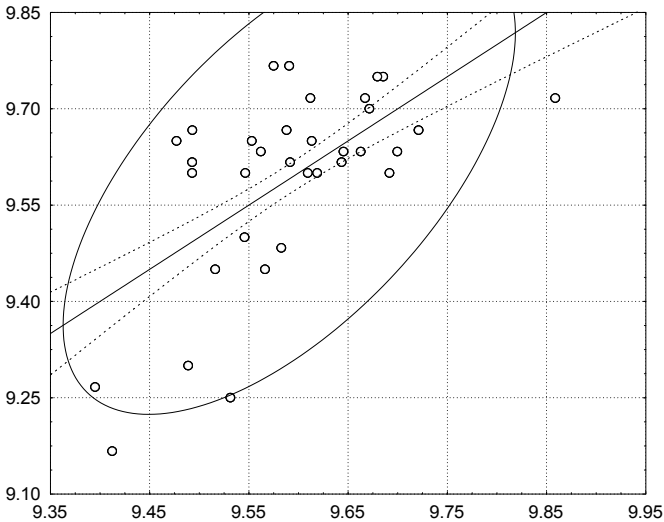


Рис. 4.3. Співвідношення фактичних і передбачуваних (лінія регресії) показників спортивної результативності у лучників високої кваліфікації:

— – лінія регресії;

○ – фактичні значення

Для підвищення точності регресійної моделі було поділено вибірки на основі статевої ознаки, а також використано процедуру покровкового включення показників спеціальної фізичної підготовленості до правої частини рівняння для його спрощення. У результаті виявилось, що лінія регресії для жінок може мати такий вигляд:

$$\text{Результат} = 8,66 + 0,05 \text{ утр. в } \emptyset + 0,027 \text{ Тате draw} + 0,051 \text{ Up } l. \quad (4.3)$$

Як бачимо, рівняння лінії регресії (4.3) суттєво спростилося, а ступінь наближення зріс до $R = 0.713$. При включенні додаткових доданків у праву частину рівняння точність практично не збільшується, а складність його розв'язання підвищується помітно.

Було виконано аналогічні процедури і щодо чоловіків-лучників високої кваліфікації. Отримано таке рівняння:

$$\text{Результат} = 9,00 + 0,044(\text{к.чут.}) + 0,023 \text{ Max } l + 0,0443 \text{ Up } l. \quad (4.4)$$

Зауважимо, що значення коефіцієнта детермінації становить для цього математичного виразу 0,624, що нижче ніж відповідне значення у жінок, але дещо вище ніж для всіх спортсменів разом. Отже, зроблено попередній висновок про те, що для підвищення точності розрахунків з інтерполяції чи екстраполяції значень спортивної результативності лучників високої кваліфікації доцільно використовувати різні математико-статистичні моделі взаємозв'язків між показниками спеціально-фізичної підготовленості та середньою вартістю влучень у мішень.

4.3. Моделі спеціальних координаційних якостей лучників

На думку більшості фахівців, стрілецькі види спорту доречно зараховувати до складнокоординаційних (О.М. Калініченко, 1993, 1995). Проте, цілком зрозуміло, що різні види спорту висувають об'єктивно інші координаційні вимоги до спортсмена. Поза сумнівом, що час, обсяг і зміст координаційного тренування в технічно-композиційних видах спорту, в спортивних іграх і єдиноборстві відрізняються від відповідних параметрів у стрілецьких дисциплінах, які містять відносно неве-

лику кількість спортивно-специфічних навичок, мають обмежений набір спеціальних вправ, але висувають значно жорсткіші вимоги щодо збереження кількісних динамічних характеристик під час виконання мікрорухів. Потрібно звернути увагу і на те, що зі зростанням спортивної майстерності спортсменів проблема вдосконалення їх спеціальних координаційних здібностей різко ускладнюється. Це пов'язано зі зменшенням ефекту під час позитивного перенесення здібностей і вмінь та збільшенням специфічності й індивідуалізації координаційної складової у формуванні технічної майстерності (Ю.В. Верхошанский, 1998). Враховуючи значні технічні труднощі, що виникають під час контролю специфічних мікрорухів, які, своєю чергою, є техніко-тактичними діями стрільців з лука під час виконання змагальної вправи, відсутність обґрунтованих теоретичних положень інтерпретації якісних і кількісних показників, суттєвий вплив помилок у мікроруках на спортивний результат, достатньо гостро постає проблема їх наукового дослідження.

Аналіз спеціалізованих наукових робіт виявив, що основними структурними елементами координації рухів є їх різновиди і вияви; компоненти; чинники, що обумовлюють їхній розвиток; критерії оцінювання (В.Н. Платонов, А.М. Лапутин, В.О. Кашуба, 2004). Такі основні компоненти – синхронізація рухових і вегетативних функцій, перерозподіл м'язових зусиль у просторі й у часі, ступінь взаємодії сенсорних систем, рівень міжм'язової і внутрим'язової координації – характерні для переважної більшості вправ, де необхідний високий рівень координації.

Водночас, якою б складною не була фізична вправа, всі рухові координації відображають лише її певні параметри і лише в сукупності характеризують якість виконання визначеної рухової дії. Отже, всі рухові координації взаємозумовлені і взаємозв'язані між собою та зберігають при цьому певну специфіку.

Сучасний рівень технічного забезпечення, зокрема, ефективних комп'ютерних комплексів безпроводникового контролю, відкриває нові можливості для фіксації та аналізу спеціальних характеристик мікрорухів у стрілецьких видах спорту. Тому з'явилися наукові праці, в яких використовуються дані, що стосуються часових і просторових параметрів виконання змагальної вправи стрільців, зокрема, в кульовій стрільбі (В.Т. Пятков, 2002, 2005). У них подаються "модельні характеристики", а точніше – середні значення визначених параметрів, які, на думку авторів, можуть суттєво впливати на отримання результату не нижчого

ніж “десятка” у стрільбі з гвинтівки, серед них: точність прицілювання, швидкість руху точки прицілювання, час прицілювання в циклі пострілу, стійкість точки прицілювання в габариті 10.0, максимально можливий (особистий) результат у вправі, коефіцієнт еліпсності траєкторії прицілювання, результат пострілу. Проте в указаних працях не подаються глибинні механізми, взаємозв'язки та шляхи вдосконалення параметрів, що можуть впливати на кінцевий спортивний результат. Тому це дослідження є продовженням наукових пошуків з розширення застосування методів дослідження, об'єкта дослідження, латентних механізмів функціонування мікрорухів.

Методологічним підходом до теоретичного осмислення та практичної формалізації характеристик спеціальної координації був дедуктивний підхід під час дослідження цієї проблематики. Значимо, що координаційні здібності – це такі передумови в організації рухової функції, котрі визначають її відповідність біомеханічним вимогам до реалізації рухового завдання, що мають певні кінематичні та динамічні параметри і при цьому дозволяють спортсменові вибирати оптимальні способи розв'язання рухових завдань, мінімізуючи свої енергетичні витрати. Наведене засвідчує, що перспективними шляхами визначення параметрів спеціальних координаційних здібностей лучників є дослідження тонкої структури мікрорухів в основних фазах змагальної вправи, зокрема, під час прицілювання та випуску стріли. Проте під час реалізації рухових програм основних змагальних дій лучників накладаються кілька механічних переміщень ланок тіла. Умовно їх можна розділити на макрорухи та мікрорухи. Одним із пояснень указаного феномену може бути теорія багаторівневого керування Бернштейна, відповідно до якої у виконанні складних рухів можуть брати участь кілька рівнів ієрархійної системи керування. При цьому доцільно говорити про провідний і фоновий рівні. Звідси, робимо припущення про підпорядкованість тієї чи іншої форми руху різним механізмам контролю та керування. Макрорухи стрільця з лука містять і елементи антиципації, згідно з нашими припущеннями, підлягають керуванню з боку рівня дії або тіменно-промоторного рівня. Мікрорухи чітко фіксуються за допомогою оптико-електронних комп'ютерних пристроїв, перебувають в “полі інтересів” древніших рівнів організації ЦНС людини і, цілком вірогідно, можуть закладатися у філогенезі та в онтогенезі.

Аналіз мікрорухів стрільців із лука високої кваліфікації вказує, що за формою траєкторія проекція точки прицілу на мішені, а отже і переміщення руки, яка утримує лук, нагадує періодичні хвилі (рис. 4.4). Частота вертикальної та горизонтальної складової дорівнює 6–7 Гц. На графіку видно, що й амплітуда коливальних рухів рис. 4.4 є приблизно однаковою, хоча подальші дослідження показують, що таке поєднання трапляється досить рідко.

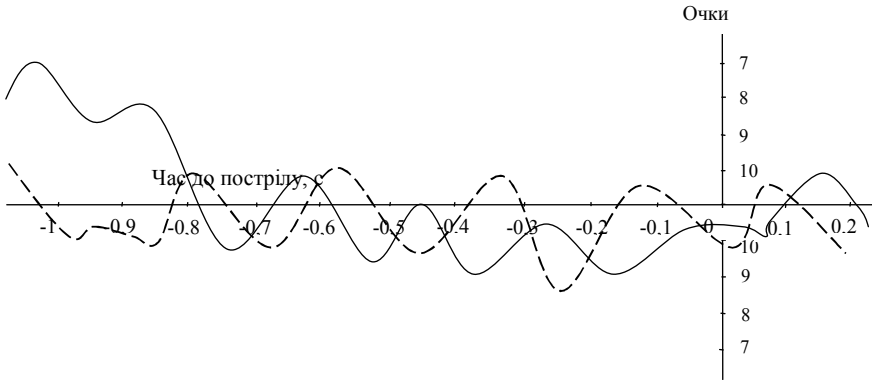


Рис. 4.4. Переміщення точки прицілу лука у двох площинах (вертикальній і горизонтальній) за 1с до виконання пострілу відносно центру мішені

Ще одним підтвердженням близькості за просторовими параметрами мікрорухів спортсменів до гармонійних коливань є загальна картина швидкості переміщення точки прицілу (рис. 4.5). Важливо є те, що представлена крива швидкості є узагальненою. Її побудовано на базі кількох десятків пострілів. Тобто, незважаючи на усереднення та згладжування динаміки швидкісних показників переміщення точки прицілювання, викристалізовується досить виразна та стійка структура просторово-часових параметрів мікрорухів стрільців. У такому випадку основними характеристиками мікрорухів можуть бути амплітуда, частота коливальних рухів, наявність загального тренду.

Тобто, характеризуючи мікрорухи лучників у фазі прицілювання спочатку аналізуємо загальну картину, визначаємо приналежність тра-

екторії мікрорухів до гармонійних коливань з подальшим кількісним описом. Важливим моментом, що може пояснити природу компонентів та особливості їх взаємозв'язку, є аналіз графічного представлення узагальнених зміщень проекції точки прицілу відносно центра мішені, а отже і руху руки, яка утримує лук. Виявилось, що переміщення досить часто може мати чітку хвильову структуру, яка містить накладання, як правило, двох складових. Зауважимо, якщо дві хвилі розповсюджуються у просторі, то у випадку лінійності середовища, справджується принцип суперпозиції. Іншими словами, що в будь-якій точці складної біомеханічної системи “стрілець – зброя”, якої досягають хвилі від різних джерел, результат дії кількох хвиль у будь-який момент часу дорівнює сумі результатів дії кожної хвилі окремо. Іншими словами, при накладанні двох, наприклад, гармонійних хвиль результувальне коливання є геометричною сумою коливань, які відповідають кожній із хвиль, що накладаються. Тоді амплітуда результувальної хвилі визначається так:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \varphi} , \quad (4.5)$$

де A_1, A_2 – амплітуда хвиль, що накладаються, φ – різниця фаз між ними в точці прицілу.

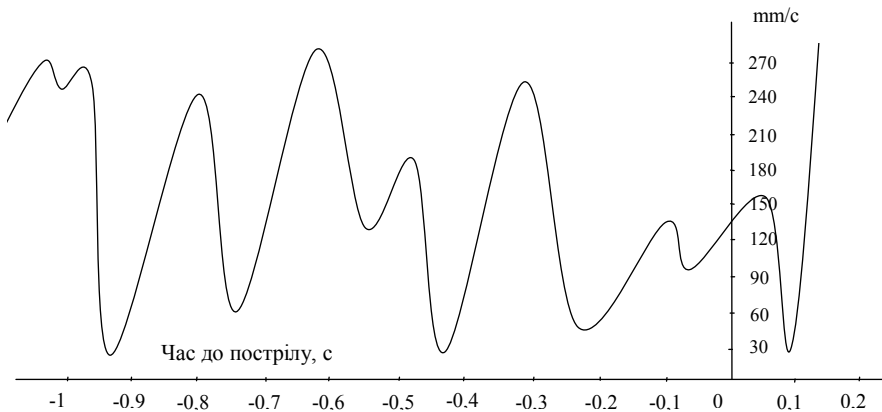


Рис. 4.5. Узагальнена динаміка швидкості переміщень точки прицілу лучника за 1с до виконання пострілу відносно центра мішені

Унаслідок того, що обидві хвилі можуть мати різну “природу” їх генерування, різниця фаз змінюється, а разом з нею відповідно змінюється і значення результувальної амплітуди коливання руки та точки прицілювання. Максимального значення амплітуди результувальної сили $A_1 + A_2$ досягається в момент часу, коли $\varphi = 2\pi n$ (n – ціле число), інакше кажучи, хвилі підсилюються у вигляді стрибків на рис. 4.6. Відповідно, результувальна амплітуда $A_1 - A_2$ має мінімуми в момент, коли $\varphi = \pi(2n + 1)$.

Якщо різниця фаз не змінюється, то одержується певний сталий у часі розподіл амплітуд результувальної хвилі з мінімумами та максимумами, які чергуються. Інакше кажучи, відбувається явище накладання двох хвиль, унаслідок чого підсилюється або послаблюється результувальна амплітуда.



Рис. 4.6. Прогнозований результат відповідно до загального зміщення точки прицілу за 1с до виконання пострілу відносно центра мішені

Описане фізико-математичне пояснення упорядкування мікроколивальних процесів антропотехнічних систем “лучник – лук” може підсилюватися і положеннями теорії самоорганізації, яка є новим напрямком дослідження процесів керування руховими діями людини. При цьому потрібно говорити про механізми виникнення ритмічної структури мі-

крорухів лучника. Значна кількість науковців розглядали питання про формування ритмічної структури рухів як частину проблеми серійної організації рухів (С.В. Попов, 2001, В.Г. Ткачук, 1986, Л.В. Чхаїдзе, 1970). Вважали, що ізольовані рухові фрагменти об'єднуються в серії під керування визначеної моторної програми. Основні зусилля представників цього напрямку були зосереджені на пошуку внутрішньої структури моторної програми, неодмінним атрибутом якої є таймерний механізм, що в одному з випадків розглядався як частина моторної програми, а в інших – як надмодальний, не пов'язаний з моторною системою центральний таймер (S. L. Delp, J. P. Loan, 2000). Деякі вчені доводять, що ритмічні рухи, а в нашому випадку – гармонійні коливальні мікрорухи лучника, не є результатом об'єднання окремих рухів у серії або цикли, і тому не вимагають ані координувального механізму або програми, ані спеціального таймера, що відповідає за ритмічну організацію.

Вагомі аргументи на користь кардинально іншого підходу до пояснень генези коливальних мікрорухів можна знайти в теорії самоорганізації. Вважається, що джерелом виникнення ритмічних рухів є спонтанні флуктуації сигналів керування (тобто, випадкові коливання сигналу), що неминуче присутні в будь-якій складній біомеханічній системі. При певних умовах у ній виникає посилення деяких частотних складових флуктуації, які починають домінувати в колективній поведінці всієї складної системи. На основі цього відбувається динамічне скріплення надмірних ступенів свободи рухової системи людини за допомогою загального сигналу, що приймає в межах ЦНС форму нейронної активності, яка ззовні проявляється у вигляді механічних коливальних рухів рук з малою амплітудою.

Математично спонтанні флуктуації можна представити не тільки як випадкову функцію часу, але і в частотній області як континуум нескінченно близьких частотних складових (рис. 4.7). На основі нелінійних взаємодій між компонентами складної біомеханічної системи одна або декілька таких частотних складових можуть домінувати, “відібравши” енергію в інших і тим самим приглушивши їх. Звідси, виникають упорядковані структури (паттерни), що можуть бути описувані визначеними параметрами. Зокрема, так виникають синусоїдальні криві переміщення, а отже, – швидкості та прискорення дистальних кінців руки і точки прицілювання на мішені. По суті, запропонований механізм узгоджується з принципом динамічного скріплення надмірних ступе-

нів свободи складної біомеханічної системи та принципом сенсорних корекцій як способу подолання кінематичної надмірності опорно-рухового апарату та перетворення його в керовану систему (Н.А. Бернштейн, 1991).

Ще одним підтвердженням появи невіпадкових гармонійних коливань є порівняння графічних рисунків виникнення ритмічних коливань із шуму в кільцевій системі керування рухами спортсмена та запропоновані графіки переміщень і швидкості точки прицілювання, що зафіксовані за допомогою оптико-електронного комплексу Scatt (рис. 4.5, 4.6, 4.7).

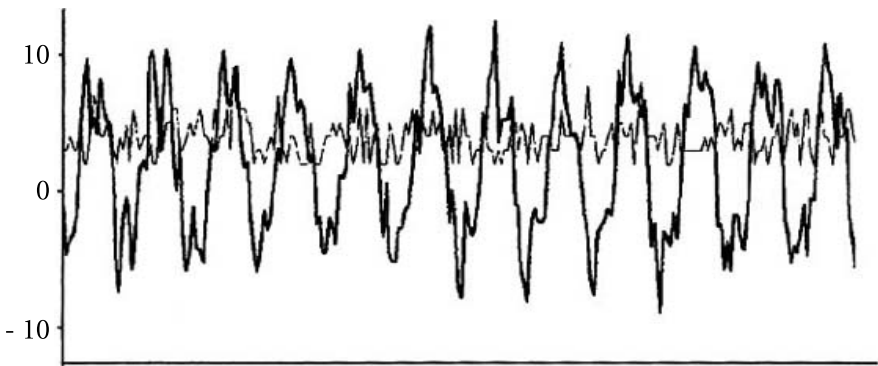


Рис. 4.7. Виникнення ритмічних коливань із шуму в кільцевій системі керування рухами спортсмена

Якщо узагальнити теоретичні викладки, то отримаємо підґрунтя аналізу кінематичних параметрів рухів лучника під час виконання змагальної вправи. Однак, зважаючи на той факт, що емпіричні дані отримані, описані й інтерпретовані в окремих роботах дають альтернативні пояснення кінематичним параметрам мікрорухів стрільців, виникає практична та теоретична доцільність підтвердження чи спростування тої чи іншої наукової гіпотези. Зокрема, підкреслюється, що швидкість руху проекції зброї в районі прицілювання є інтегральним критерієм якості техніко-тактичних дій стрільців, а точність улучення в мішень – обернено пропорційна швидкості руху зброї в районі прицілювання (В.Т. Пятков, 2002).

Щоб зберегти специфіку стрільби з різних типів зброї, а отже і чистоту експерименту, емпіричні дані кінематичних параметрів рухів стріль-

ців під час прицілювання занотовували до 4 вибірок. Першу вибірку становили результати всіх учасників експерименту, а 2–4-ті вибірки – це показники спортсменів, які виконували контрольну стрільбу з пневматичного пістолета, пневматичної гвинтівки та лука. Визначали середні значення показників, розмах вибірок кінематики руху точки прицілювання, взаємочореляційні залежності, регресійні коефіцієнти.

Спочатку перевіримо наукове припущення про пряму лінійну залежність швидкості переміщення точки прицілювання і величин значення спортивного результату. Побудуємо двомірні графіки співвідношення вказаних показників (рис. 4.8). Одним із графіків є пряма лінія, яку описано рівнянням $y=10,6808-0,0288x$. Іншим представленням взаємозв'язку може бути згладжений поліном третьої ступені $y=10,057+0,2296x-0,030127x^2+0,001039x^3$.

Графічне зображення прямої та кривих ліній, а також коефіцієнти запропонованих рівнянь, засвідчують наявність певного впливу швидкості переміщення точки прицілу на спортивний результат спортсменів у стрільбі з пневматичної гвинтівки.

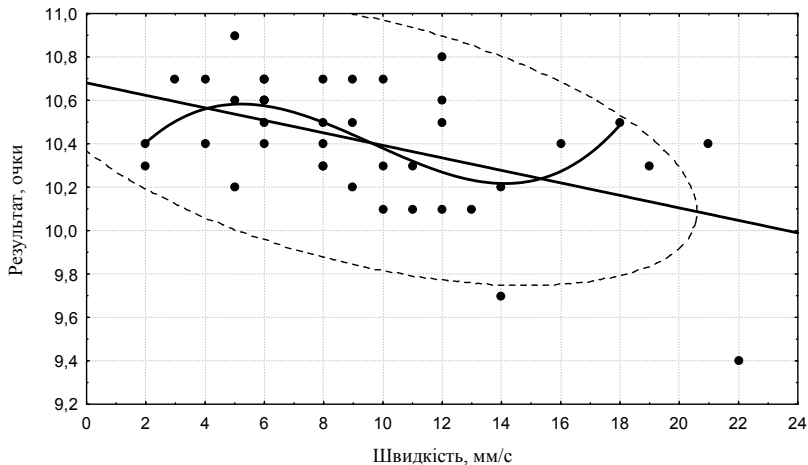


Рис. 4.8. Стіввідношення результативності та швидкості переміщення точки прицілу у спортсменів високої кваліфікації під час стрільби з пневматичної гвинтівки на 10-метровій дистанції

Кореляційне число взаємозв'язку між показниками, які досліджуються, вказує на ознаку значущості, при цьому $r = -0,488$, при $p=0,01$. Підсумовуючи можна стверджувати, що існує вплив швидкісних параметрів переміщення точки прицілювання на спортивний результат у вибірці висококваліфікованих спортсменів-стрільців з пневматичної гвинтівки, хоча характер залежності не є прямолінійний, а тим більше прямопропорційний.

Простежимо за типом і характером зв'язків під час стрільби з іншої пневматичної зброї, а саме з пістолета, на тій же дистанції – 10 м. Розміщення точок улучення на площині змінилося (рис. 4.9). Практично зникла ознака групування біля ліній регресії і біля прямої, і біля кривої ліній. Рівняння прямої лінії набуло вигляду $y=9,9557-0,0033x$, а поліному $y=10,697-0,0363x+0,000344x^2-0,00000093x^3$. Порівнявши стандартизовані коефіцієнти відповідних рівнянь у стрільбі з пневматичної гвинтівки та пневматичного пістолета, відзначимо суттєве зменшення їх модулів у контрольних стрільбах із пістолета з 0,0288 до 0,0033 у прямих лініях, і з 0,2296 до 0,0363 при першому членові у поліномах третього ступеня.

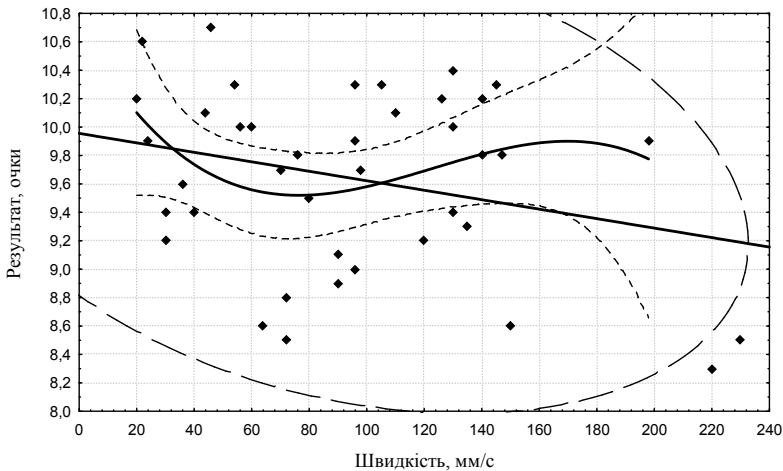


Рис. 4.9. Співвідношення результативності та швидкості переміщення точки прицілювання у спортсменів високої кваліфікації під час стрільби з пневматичного пістолета на 10-метровій дистанції

На розпорошеність даних вибірки вказує також близький до одиниці коефіцієнт еліпсидності емпіричних показників. Коефіцієнт кореляції дорівнює $-0,28$ і не є істотним при $p=0,05$.

Якщо ж аналізувати відповідні характеристики моделей регресій, розміщення точок у двомірній площині, коефіцієнти кореляції у лучників високої кваліфікації, то з упевненістю можна стверджувати практичну відсутність впливу показників швидкості на результативність улучення. При цьому змінився кут нахилу прямої лінії регресії $y=8,2525+0,0031x$, а форма поліному третього ступеня практично наближається до прямої лінії $y=7,639+0,014502x-0,0000386x^2-9,32457E-9x^3$ (рис. 4.10). Отже, паралельність ліній регресій до осі абсцис, що в цьому випадку є шкалою швидкості, вказує на індивідуальність впливовості цього показника на очковий результат, у будь-якому випадку, на відрізку від 30 до 200 мм/с. Коефіцієнт кореляції змінив знак, але його значення прямує до нуля ($r=0,2$).

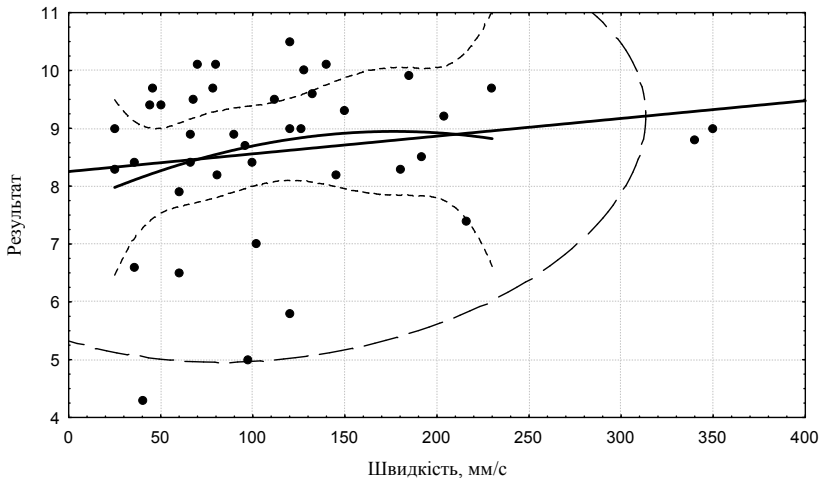


Рис. 4.10. Співвідношення результативності та швидкості переміщення точки прицілу у лучників високої кваліфікації на 10-метровій дистанції

Загалом можна говорити про різні діапазони коливання швидкості точки прицілювання, а отже і коливання ланок плечового поясу у стрільців різних спортивних спеціалізацій. У стрільців – майстрів спорту та майстрів спорту міжнародного класу з пневматичної гвинтівки – середня швидкість точки прицілювання на 10м дистанції за 1с перед пострілом коливається в межах 7–12 мм/с, а у “пістолетників” тієї ж спортивної кваліфікації – 70–30 мм/с. Щоби порівняти діапазон швидкості у стрільців з лука, використовували аналогічну за величиною електронну мішень. Діапазон показників середньої швидкості виявився у межах 70–150 мм/с. З’ясувалося, що певну закономірність встановлено при зіставленні індивідуальної різниці середніх максимальної та мінімальної швидкостей руху точки прицілювання і спортивним стрілецьким результатом кожного пострілу. Коефіцієнти кореляції такі: у стрільців із пневматичної гвинтівки – $-0,15$; у стрільців із пневматичного пістолета – $-0,42$; у стрільців із лука – $-0,63$; у всіх стрільців загалом – $-0,47$.

На наш погляд, величини зазначених показників залежать, передусім, від особливостей геометричного взаємного розташування точок опори антропотехнічної системи “стрілець–зброя” та характеру контакту ланок тіла стрільця зі зброєю залежно від технічних особливостей виконання тієї чи іншої стрілецької вправи. Отже виявлено необхідність конкретного підходу до аналізу та трактування швидкісних характеристик точки прицілювання у спортивній стрільбі в завершальній фазі цілісного пострілу. Загальні положення призводитимуть до неправильного оцінювання стану розвитку спеціальних координаційних здібностей стрільців і розробки практичних рекомендацій.

Для окреслення необхідного набору предикторів і визначення їх внесків у очковий результат стрільців побудовано кореляційні та регресійні залежності у кількох вибірках, сформованих за ознакою зброї. Порівняльні результати представлено в табл. 4.4.

Величини показників кореляції (табл.4.4) у вибірках в багатьох випадках відрізняються одні від одних. З’явилася потреба детальніше вивчити виявлені зв’язки. Показники кореляції однобоко показують вплив тої чи іншої незалежної змінної на залежну змінну. Оскільки ми досліджували кілька предикторів, то залежності можуть суттєво трансформуватися, набувати нових особливостей. Під час обчислення величин кореляційних залежностей з поля зору випадають значно складніші взаємовпливи, які присутні в процесах функціонування біомеханічних

систем. У цьому випадку значущі показники кореляції (підкреслені у табл.4.4, при $\alpha=0,05$) є важливими ключовими точками при побудові точніших статистичних моделей. Одними з принципів побудови моделей множинної регресії на основі врахування кінематичних параметрів мікрорухів стрільців є включення до числа незалежних змінних значущих показників парної кореляції, врахування виявлених особливостей впливів на спортивний результат залежно від типу зброї, перевірка гіпотез про наявність авторегресійної залежності.

Таблиця 4.4

Кореляційна матриця впливів кінематичних показників мікрорухів стрільців високої кваліфікації з різних типів зброї на спортивний результат

Кінематичні показники мікрорухів стрільців	Типи зброї			
	всі типи зброї загалом	пневматичний пістолет	пневматична гвинтівка	стрільба з лука
Поперечник стрільби, мм	<u>-0,86</u>	-0,63	-0,35	-0,29
Стабільність прицілювання, мм	<u>-0,82</u>	-0,44	-0,50	-0,55
Точність прицілювання, мм	<u>-0,68</u>	<u>-0,92</u>	-0,44	<u>-0,94</u>
Середня стійкість в «10», с	<u>0,70</u>	<u>0,71</u>	<u>0,78</u>	<u>0,75</u>
Загальна довжина траєкторії, мм	<u>-0,52</u>	-0,66	-0,65	0,34
Еліпсність влучення, коеф. раз	-0,15	<u>-0,76</u>	-0,40	0,05
Еліпсність траєкторії, коеф. раз	0,12	-0,36	-0,63	0,12

Щоб побудувати множинну регресію для вибірки, до якої належать усі стрільці загалом, обрано 5 незалежних змінних – відповідна кількість

значущих показників щільності взаємозв'язків (1 колонка табл. 4.4). у результаті статистичної обробки отримано такі коефіцієнти множинної регресії: нестандартизований коефіцієнт – 10,71; стандартизований коефіцієнт при показникові, що характеризує поперечник стрільби – -1,1; стабільність прицілювання – 0,08; точність прицілювання – -0,21; середня стійкість у “10” – 0,06; загальна довжина траєкторії – 0,28. Але тільки два стандартизовані показники виявилися значимими, а саме – відстань між центрами найбільш віддалених улучень і загальна довжина траєкторії за 1 с до пострілу. Тому рівняння множинної регресії суттєво спростилося і набуло вигляду такого: $y=10,71-1,1x+0,28z$, де y – середня вартість улучення стріли на 18м, x – відстань між центрами найвіддаленіших улучень (мм), z – загальна довжина траєкторії.

Оскільки модель значно спростилася, а також урахувуючи можливу взаємозалежність значної кількості додаткових, не суттєвих на наш погляд, характеристик мікрорухів висококваліфікованих стрільців, що теж можуть впливати на спортивний результат, використовуємо аналіз залишків. Формально залишки – це різниця між фактичними значеннями залежної змінної спортивного результату і розрахованими на основі розробленої моделі. Якщо залишки суттєво корелюються, то запропонована модель неприйнятна, оскільки не дотримане важливе припущення про незалежність помилок у регресійній моделі. Для цього визначимо коефіцієнт Дарбіна – Вотсона і порівняємо його з табличними критичними точками. У нашому випадку розрахований коефіцієнт Дарбіна – Вотсона становить 1,79, що є більшим за верхнє табличне значення ($DU_5=1,77$, при $\alpha=0,05$, $n=60$ і $k=5$). Значить, приймається припущення про незалежність залишків, а отже, спрощена модель спортивної результативності стрільців є прийнятною для рівня $\alpha=0,05$.

З теоретичної та практичної точок зору, цікавим є розробка моделей множинних регресій для вибірок показників стрільців з різних типів зброї. Повторимо описану процедуру ще тричі для стрільців із пневматичної гвинтівки, пневматичного пістолета і з лука. В результаті отримуємо дані, що розміщені в табл. 4.5.

З табл. 4.5 бачимо, що практично неможливо з високою точністю визначити спортивний результат у стрільців-кульовиків високої кваліфікації на основі врахування п'яти чинників його формування. І під час стрільби з пневматичного пістолета, і пневматичної гвинтівки для досягнення очкового результату значущим виявився тільки один по-

казник. Таке можна пояснити пересічністю та взаємопов'язаністю кінематичних параметрів прояву рухової функції при виконанні мікрорухів стрільцями. З іншого боку, перевірка залежності залишків показує, що вони можуть вступати в кореляційні залежності між собою, а отже порушується важливе припущення про незалежність помилок у регресійних моделях. Розрахункові значення статистики Дарбіна – Вотсона у стрільців із пневматичної гвинтівки становить 0,93, а у стрільців із пневматичного пістолета – 0,89 і містяться в області табличних критичних значень ($DL_5=0,79$, $DU_5=1,99$, при $\alpha=0,05$ і $n=20$), де чітких висновків про автокореляцію залишків зробити неможливо.

Таблиця 4.5

**Порівняльна таблиця значущих показників
у множинних регресіях прогнозування
спортивної результативності стрільців з різних типів зброї**

Показники	Вид зброї		
	пневматична гвинтівка	пневматичний пістолет	лук
Нестандартизовані коефіцієнти	8,53	10,7	10,29
Значущий показник рівняння і його стандартизований коефіцієнт	середня стійкість у десятиці (а) – 1,74	точність прицілювання (j) – -0,66	поперечник стрільби (x) – -0,22; точність прицілювання (j) – -0,74
Спрощене рівняння	$y=8,53+1,74a$	$y=10,7-0,66j$	$y=10,29-0,82x-0,74j$
Коефіцієнт Дарбіна – Вотсона	0,93	0,89	2,04

Множинна регресійна модель спортивного результату висококваліфікованих лучників демонструє інші властивості. Як бачимо з табл. 4.5, праву частину рівняння складають два параметри, а коефіцієнт Дарбіна – Вотсона підтверджує гіпотезу про відсутність автокореляційної залежності між залишками (оскільки $DU_5=1,99$, при $\alpha=0,05$ і $n=20$, то $2,04>1,99$).

Якість регресійних моделей для спортсменів, які спеціалізуються у стрільбі з видів зброї, що розглядається, можна з'ясувати за допомо-

гою графічного представлення трендів ліній регресії і фактичних результатів (рис. 4.11). Пунктирні лінії 95% інтервалу довіри найцільніше знаходяться при регресійній лінії спортивного результату лучників і стрільців із різних видів зброї і поступається за цією ознакою у стрільців з пневматичної зброї.

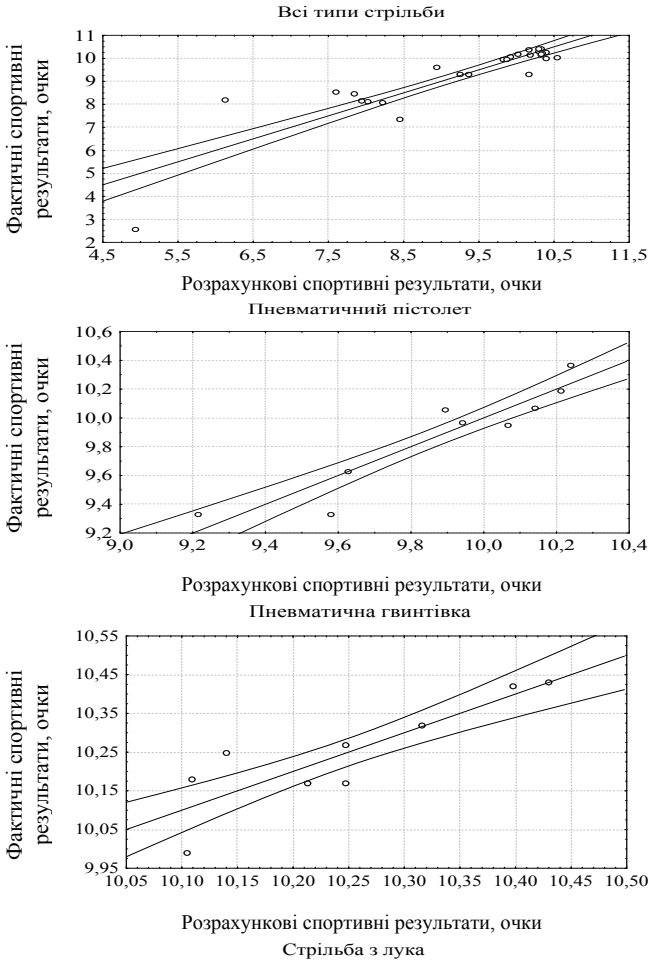




Рис. 4.11. Передбачення спортивного результату на основі використання множинних регресій для стрільців із різних видів зброї

Складність аналізу підкреслюється різними діапазонами величин спортивного результату, бо щільність результатів кваліфікованих спортсменів також суттєво відрізняється. На основі запропонованих графіків легко порівнювати фактичні результати з точками лінії регресії, побудованої на основі статистичних розрахунків.

За підсумками регресійного та кореляційного аналізів з'являється альтернативна точка зору щодо визначення та проявів понять спеціальної координації в стрілецькому спорті. Відповідно до неї ставиться під сумнів визначення поняття спеціальної координації, що характеризує її як здатність стрільця вибрати оптимальний момент для обробки спуску на фоні наявної у нього стійкості, що уможливило компенсацію недостатньої стійкості. Так само, на наш погляд, не є точною теза про те, що величина відхилення від центра мішені у формі усередненого графіку значень, побудованого в певному часовому інтервалі до пострілу, однозначно трактує ступінь розвитку координованості стрільця. На наш погляд, координацію в стрілецькому спорті й у стрільбі з лука, зокрема, слід трактувати ширше. Це багатокомпонентне явище. Вважаємо, що одним із варіантів дефініції поняття координації стрільців може бути такий: це такі прояви психомоторних процесів, які спрямовані на досягнення визначеного спортивного результату і характеризуються величинами відповідності параметрів спеціалізованих дій спортсмена оптимальним моделям реалізації змагальної вправи.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ ЛУЧНИКІВ ВИСОКОЇ КВА- ЛІФІКАЦІЇ

5.1. Концептуальна модель удосконалення спеціальної підготовки висококваліфікованих лучників

На основі результатів теоретичних пошуків та емпіричних знань, викладених у попередніх розділах монографії, ми запропонували структуру концептуальної моделі удосконалення спеціальної підготовки висококваліфікованих лучників. Ця модель, передусім, побудована з використанням виявлених причинно-наслідкових зв'язків функціонування антропотехнічної системи “лучник – лук”, підвищення спортивної результативності на основі оптимізації рівнів спеціальної підготовки, наявних інноваційних технічних засобів контролю та діагностики необхідних параметрів.

Концептуальна модель удосконалення спеціальної підготовки розроблена на основі синтезу принципів загального системного підходу (єдності, зв'язності та модульності, функціональності, розвитку; децентралізації, невизначеності), спортивної підготовки (націленість процесу підготовки на досягнення високих результатів, поглиблена спеціалізація, безперервність підготовчого процесу, єдність загальнофізичної та спеціальної підготовки спортсменів, хвилеподібність і варіативність навантажень, єдність і взаємозв'язок структури змагальної діяльності та структури підготовки), формальних методів побудови моделей і методології моделювання (інформаційна достатність, доцільність, здійсненність, множинність моделей, агрегація, параметризація).

В основу моделі ми заклали загальні закономірності, виявлені під час теоретичного аналізу та практичних пошуків. Основними блоками концептуальної моделі удосконалення спеціальної підготовки висококваліфікованих лучників є центральний вузол спеціальної підготовки, на який спрямовані дії трьох основних блоків впливу: змодельованого середовища, розроблених або адаптованих інновацій-

них технологій котролю і діагностики, оптимізації структури спеціальної підготовки (рис.7.1). Удосконалення спеціальної підготовленості стрільців мусить розглядатися разом із якістю функціонування антропотехнічної системи «лучник – лук». Тому до вузла спеціальної підготовленості включено і зазначену антропотехнічну систему, позаяк якість дій керування зброєю безпосередньо залежить від рівня розвитку компонентів спеціальної підготовленості стрільців.

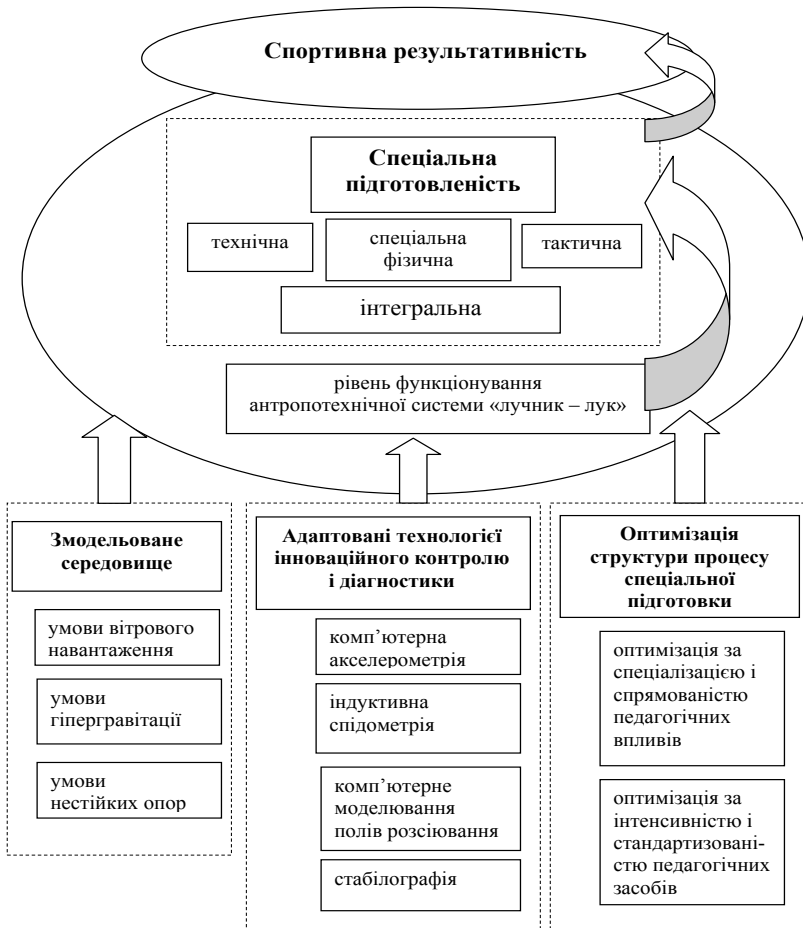


Рис.5.1. Концептуальна модель удосконалення спеціальної підготовленості висококваліфікованих лучників

Оскільки будь-яке цілеспрямоване керування складними системами, а вдосконалення належить до нього, неможливе без якісного зворотного зв'язку, тобто контролю, в попередньому розділі розглядалися новітні інструментальні розробки, за допомогою котрих було отримано кількісні величини параметрів спеціальної підготовленості та процесів функціонування антропотехнічної системи "лучник – лук". У складі концептуальної моделі поєднано низку інструментальних і комп'ютерних технологій, а саме: комп'ютерну акселерометрію руків'я лука під час виконання пострілу, індуктивну (електромагнітну) спідометрію стріли на етапі її зовнішньої балістики, комп'ютерну програму графічного представлення та автоматизованого аналізу полів розсіювання стріл у мішені, а також адаптований до потреб стрільби з лука оптико-електронний комплекс типу "Scatt", стабілографію з використанням парних тензоплатформ. Зазначені технології дозволяють не тільки контролювати певні необхідні параметри, але й у переважній більшості випадків допомагають діагностувати, тобто аналізувати отримані великі обсяги кількісної інформації. Окрім перелічених технічних засобів ми використовували і низку інших необхідних вимірювальних приладів, що не спеціально адаптовувалися до конкретних умов дослідження (на рис. 7.1 не вказано), але були необхідні для отримання потрібних даних, що характеризують спеціальну підготовленість лучників високої кваліфікації.

Ми спрогнозували важливу роль теоретико-методичного підходу з використанням змодельованого середовища для підвищення рівнів спеціальної підготовленості, і його ефективність доведена у наступних параграфах роботи. До блоку технологій змодельованого середовища зараховано штучно створені такі педагогічні умови: 1) керованого вітрового навантаження, 2) визначеної гіпергравітації, 3) нестійкості опор під час виконання тренувальних і близьких до змагальних стрілецьких вправ.

Ще одним науково-методичним підходом, що використовувався під час досліджень, був алгоритм оптимізації структури процесу спеціальної підготовки лучників високої кваліфікації. Його частинами є такі варіанти: оптимізації за спеціалізацією і спрямованістю педагогічних впливів, оптимізації за інтенсивністю і стандартизованістю педагогічних засобів.

Багатокомпонентність, розгалуженість, багатоваріантність і різноплановість запропонованих науково-методичних підходів, поданих у концептуальній моделі удосконалення спеціальної підготовленості ви-

сококваліфікованих лучників, дає тренеріві чи спортсменіві можливість для широкого вибору педагогічного впливу, індивідуалізує процес спеціальної підготовки, забезпечує зворотний зв'язок, дозволяє готуватися до конкретних змагань у річному циклі, урізноманітнює тренувальний процес і зацікавлює та мотивує стрільців.

5.2. Характеристика моделювання умов зовнішнього середовища як засобу вдосконалення спеціальної підготовленості лучників

Умови середовища, в яких спортсмен змагається, відзначаються різноманітністю і суттєво впливають на механізм досягнення спортивного результату. Знаючи біомеханічні закономірності взаємодії тіла спортсмена з чинниками зовнішнього середовища, можна враховувати основні механічні фактори впливу середовища на спортсмена і на цій основі розробляти тренувальні пристрої, які дозволяють штучно моделювати природні умови виконання спортивних дій.

На сучасному етапі розвитку спортивної педагогіки сформульовано основні теоретичні концепції застосування штучного змодельованого середовища на практиці підготовки спортсменів (С.С. Добровольський, 1996, И.П. Ратов, 1995, Ю.Т. Черкесов, 1993). Однак, якщо основні методологічні положення концепції штучного змодельованого середовища вже пройшли експериментальну апробацію, то методичні аспекти використання перебувають у стадії уточнення і деталізації, у зв'язку з тим, що відчутна найгостріша необхідність враховувати специфічні особливості різних видів спортивної діяльності. Кожен вид спортивної діяльності потребує напрацювання своїх специфічних методичних позицій і, природно, суттєво відмінних один від одного засобів.

Спортивний результат у стрільбі з лука залежить не тільки від рівня спеціальної підготовленості та матеріального забезпечення, але і від значної кількості додаткових чинників. Фахівці, які працюють у галузі спорту, розрізняють внутрішні та зовнішні чинники впливу на спортивний результат або, іншими словами, – екзогенні й ендогенні фактори впливу. Лучник повинен бути готовим боротися в умовах варіативності зовнішніх чинників, які практично неможливо відтворити традиційними способами на тренувальних заняттях.

Зовнішнє середовище стосовно спортсмена може бути спеціально створене у двох формах: 1) штучне кероване середовище; 2) предметне середовище. Теорія, яку розробив І.П. Ратов, – теорія “штучного керованого середовища” містить два компоненти. Перший – це створення таких штучних умов для відтворення різних спортивних вправ, при яких стає можливим різке обмеження впливу чинників, що заважають “повноцінному змагальному варіантові” виконання вправи. Виявлення і ранжування причин, які перешкоджають максимально повній реалізації потенціалу рухових можливостей спортсменів у конкретній вправі, є основою для подальшого визначення комплексу штучно створюваних умов, при використанні яких у тренажерах відповідних конструкцій стає можливим істотно послаблювати вплив основних перешкод, зменшувати непродуктивні енергетичні витрати, знижувати ймовірність виникнення помилок. Другий компонент – усунення дефіциту природних сил, спрямованих на доповнення енерго-силових додатків під час виконання спеціалізованих рухів у штучно створених умовах (рис. 5.2). У цьому випадку використовують керувальні прийоми біомеханіко-енергетичної економії, інструментального контролю та обмеження “рухової надмірності”, а також прийоми попереднього впорядковування діяльності функціональних систем організму безпосередньо перед виконанням тренувальної вправи. Тобто другий компонент – це активний зовнішній вплив на рухові системи організму.

Застосоване Г.І. Поповим (1998, 2001) поняття “предметне середовище” також містить два компоненти. Перший – це створення обмежень рухів геометричного і фізичного характеру. Під фізичним мається на увазі створення зовнішнього оточення спортсмена з такими властивостями, які ведуть до зміни внутрішньої взаємодії у системі “спортсмен – зовнішнє середовище”, а через це – до зміни характеру цілісного руху самого спортсмена. Другий компонент – це реалізація захисних функцій предметного оточення для того, щоби спортсмен міг виходити у своїх рухових діях на більш інтенсивні режими виконання вправ. Порівняння основних положень обох теорій показує, що вони мають спільний зміст у галузі обмеження впливу чинників-завад, “нав’язування” рухових властивостей за рахунок зовнішнього оточення. Визначальним компонентом теорії “штучного керованого середовища” є організація активних керівних впливів на рухові системи організму спортсмена. Визначальним компонентом теорії “предметного середовища” є посилення захищеності рухового апарату спортс-

мена від надмірних навантажень при взаємодії з предметами зовнішнього середовища, що дозволяє проводити рухові дії в підвищених за швидкісними і силовими показниками режимах (рис. 5.2).

Спеціально (штучно) створені зовнішні умови реалізуються у вигляді біомеханічних стендів, тренувальних пристосувань, тренажерів, спортивного інвентарю та екіпіровки. В кожній конкретній спортивній вправі вони забезпечують енергетичну, силову, координаційну допомогу спортсменові, захист опорно-рухового апарату від перевантажень, поліпшення керування руховими діями.

Ми запропонували паралельний напрямок застосування штучного керованого середовища зі загальною назвою – змодельоване середовище. Принциповою відмінністю від згаданих напрямів є спрямованість на максимальне наближення тренувальних умов до змагальних. Адже виникає значна кількість чинників, при яких тренування не може навіть наближено замінити вплив змагальних факторів на спортсмена (рис. 5.2).

Тому методично доцільною видається необхідність визначення впливовості чинників формування змагальної ситуації з можливістю подальшого акцентного врахування їх у тренувальних умовах. Цілком зрозуміло, що навіть у такому випадку не вдається повністю відтворити дію екзогенних та ендогенних чинників впливу на організм спортсмена у змагальних умовах.

Проте існує досить велика кількість чинників, які мають суттєвий вплив на досягнення спортивного результату, але не можуть бути безпосередньо враховані під час тренувального процесу. Основними труднощами їх відтворення є відсутність відповідних замінників. Зазвичай формування адекватних замінників неможливо відтворити без застосування складних технічних засобів і тренажерів.

Отже, алгоритм наших дій може бути таким: 1) виявлення вагомих чинників впливу (негативного чи позитивного характеру) на кінцевий спортивний результат, які практично неможливо відтворити на тренуваннях; 2) побудова моделі (при можливості математичної) системи чинників-завад; 3) розробка педагогічних прийомів і технічних засобів для відтворення максимально наближених до змагальних дій чинників-завад на організм спортсмена на тренувальних заняттях; 4) визначення ефективності запровадженої методики.

Одним із суттєвих факторів впливу на спортивний результат у стрільбі з лука є вітер. Його головними узагальненими особливостями

є змінний і непостійний за силою та напрямом характер дії, практична неможливість моделювання даного фактору у тренувальних умовах, паралельність дії фізичного та психічного компонента.



Рис. 5.2. Форми реалізації штучно створених педагогічних умов

У спортивній практиці стрільців із лука практично не використовуються пристрої, які відтворюють вплив вітру. Відомий тренерам і спортсменам тренажер, який фрагментарно застосовується під час підготовки збірної команди України зі стрільби з лука, сконструйованого на основі використання вібратора-масажера зі зміненими обертами валу. Дія вібратора передається на руку лучника, яка утримує лук, еластичними шнурками, що забезпечують “пом’якшення” коливальних рухів валу вібратора. Головним недоліком згаданого приладу є застосування як збивальних дій-завад чітких періодичних коливань, котрі практично не характерні у вітряну погоду.

Наведене спонукало до створення тренажера, який би допомагав у створенні “моделі” вітру на іншій принциповій основі. Для цього визначимо параметри, які характеризують вітер. Він характеризується швидкістю і напрямом. Швидкість вітру біля поверхні землі вимірюється анемометром і виражається в м/с або у вузлах. Швидкість вітру може бути приблизно оцінена також візуально за його впливом на предмети, які розташовані близько до поверхні землі й у таких випадках виражається в умовних одиницях – балах (шкала Бофорта). Напрямок вітру визначається флюгером, вітровим конусом і вказується азимутом точки, звідки дує вітер. Напрямок вітру виражається або в градусах, або в румбах. Швидкість і напрям вітру завжди коливаються. Ці коливання називаються поривчастістю вітру і пов’язані з переміщенням повітряних мас. Швидкість і напрям вітру мають добре виражений добовий характер. Уночі швидкість вітру біля земної поверхні досягає мінімуму, а в післяполудневі години – максимуму. Особливо добре добовий рух повітря виражений улітку в ясні дні над степовими та пустельними районами.

Наведені параметри слід ураховувати під час підготовки до змагань зі стрільби з лука просто неба. Кожна місцевість, де розташоване стрільбище, має свою модель вітрової ситуації. Цю модель можна розробити тільки при наявності технічних засобів контролю. Тому ми розробили принципову блок-схему приладу контролювання вітрової ситуації біля поверхні землі. Прилад складається з двох датчиків безпосереднього контролю швидкості і напрямку (азимуту) вітру – електричних анемометра і флюгера, мультиплексора сигналів, аналогово-цифрового перетворювача, інтерфейсу персонального комп’ютера і самого ПК (рис. 5.3). На основі багаторазових спостережень вдалося зафіксувати характерні

вітрові ситуації на основних стрільбищах України зі стрільби з лука. На основі цього створюються моделі типових вітрових умов.

Проте для практичної реалізації розроблених типових моделей вітрових погодних умов розроблено ще один пристрій відтворення таких умов.

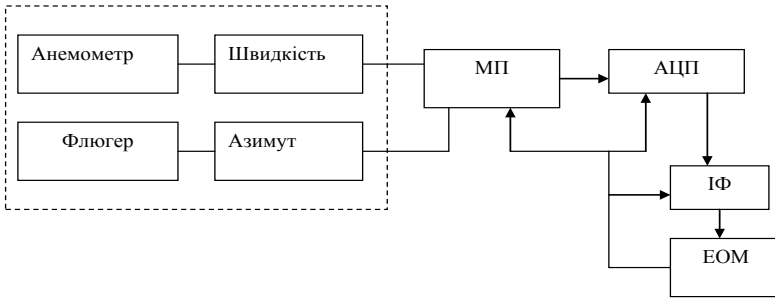


Рис. 5.3. Загальна блок-схема пристрою для контролювання вітрової ситуації на стрільбищах зі стрільби з лука

Складові блоки пристрою:

- персональний комп'ютер із закладеною програмою (характерними моделями);
- інтерфейс для здійснення функцій обміну інформацією між ПК і двома цифро-аналоговими перетворювачами, які формують відповідні керувальні рішення, що визначають швидкість потоку повітря і його напрям;
- пристрої-виконавчі, реалізовані у потужних вентиляторах з можливістю зміни напрямку спрямовувальних головок (рис. 5.4).

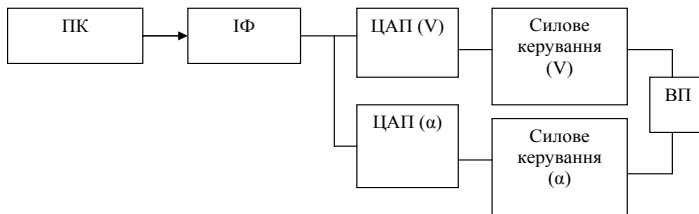


Рис. 5.4. Загальна блок-схема пристрою для відтворення вітрової ситуації на стрільбищах зі стрільби з лука

Застосування обох описаних пристроїв на практиці дозволяє тренерам моделювати необхідні умови для формування вмінь і навичок, удосконалення спеціалізованих фізичних якостей лучників середньої та високої кваліфікації, незалежно від вітрової ситуації на конкретний момент часу чи від характеристик стрільбища.

5.3. Методика вдосконалення спеціальної підготовленості лучників на основі застосування хвильових тренажерів

Теоретичні основи роботи хвильових тренажерів були розроблені Ф.К. Агашиним (1983) і продовжені у роботах інших учених (Т.Д. Полякова, Н.А. Юрчик, О.Р. Отлендская, 2005). Хвильові тренажери працюють за ритмохвильовим принципом, який полягає у ритмічній зміні напруження і розслаблення м'язів. Частота й інтенсивність ритмохвильових дій підбирається відповідно до специфіки виду спорту і рівня підготовки спортсмена.

Якщо зробити аналіз існуючих хвильових тренажерів, то, здебільшого, ці тренажери використовуються для відновлення організму (ефект масажу), збереження та укріплення здоров'я, а також для тренування швидкісно-силових якостей у високкваліфікованих спортсменів, удосконалення ударних дій. Як правило, дія тренажерів має універсальний характер, що знижує ефективність їх використання в системі підготовки спортсменів різних видів спорту.

Вважаємо доцільним здійснити класифікацію хвильових тренажерів за такими комплексами ознак (рис. 5.5): характером взаємодії людини з хвильовим тренажером, призначенням хвильових тренажерів, конструкцією хвильових тренажерів.

Таким чином, основний шлях підвищення навчально-тренувальної ефективності модельованого середовища полягає у досягненні максимально необхідної точності і повноти імітації умов керування руховими діями лучника, а також у використанні засобів автоматизації навчання. Кінцевим завданням повинно бути забезпечення відповідності навичок і умінь, сформованих у процесі навчання спортсменів-лучників на тренажері, до того рівня, який необхідний в умовах змагальної діяльності просто неба у вітрову погоду.



Рис. 5.5. Класифікація хвильових тренажерів

У філософії, дидактиці, математиці і теорії імітаційного моделювання існує низка термінів, які описують різні ступені схожості між оригіналом і його моделлю: тотожність, еквівалентність, ізоморфізм, гомоморфізм, подібність і відповідність.

Всі перелічені поняття можуть розглядатися як ступені схожості або близькості об'єктів, відповідно, кожна з перерахованих властивостей характеризується своєю системою дозволених відхилень. Так, тотожність передбачає повний або практично повний збіг усіх характеристик і стосується об'єктів не тільки однієї фізичної природи, але і таких, які повторюють один одного в деталях. Дозволені відхилення в цьому випадку

є мінімальними. Одним із найважливіших понять, яке оцінює схожість прототипу й імітаційної моделі, на нашу думку, слід вважати відповідність.

Цей термін означає відтворення в імітованому об'єкті (у цьому випадку в модельованих умовах) функцій, а також зовнішніх і внутрішніх зв'язків, що відповідають початковому об'єктові з такою точністю, яка є достатньою для вирішення поставлених завдань у необхідному обсязі. При цьому відмінності повинні коливатися у межах визначених відхилень.

У теорії моделювання вважають, що адекватна модель повинна математично і логічно відображати із визначеним ступенем наближення певні якості досліджуваної системи. Важливо є те, що при цьому зберігається еквівалентність певних кінцевих результатів (характеристик). Поняття відповідності може бути з успіхом застосоване до визначення схожості між розмитою безліччю реальних характеристик, які мають стохастичну природу, і множиною характеристик та умов, які імітуються і відтворюються за допомогою змодельованого середовища.

Виділимо такі основні компоненти відповідності тренажерів: відповідність мети, відповідність умов, відповідність інформаційних потоків, відповідність математичного моделювання, ергономічну відповідність, психологічну відповідність.

Перелічені компоненти відповідності не є незалежними і корелюють між собою. Відповідність умов, математична й інформаційна відповідність повинні розглядатися як обов'язкові компоненти загальної відповідності.

Відповідність мети й умов служить важливою передумовою дидактичній, інформаційній, математичній відповідності. При використанні приладу для імітації вітрової ситуації тренер чи сам спортсмен повинен ставити мету вдосконалення спеціальної стійкості, прийомів стрільби на винос як і в тренуванні просто неба у несприятливу вітрову погоду. Крім того, відповідність умов забезпечується не тільки збурювальною механічною дією переміщення повітря, але й відтворенням шумового фону вітру, а далі і реакцію предметів навколишнього середовища на пориви вітру (прапорців, гілок дерев, трави тощо).

Для розкриття поняття інформаційної відповідності потрібно зіставити рухові дії лучника при стрільбі у вітрову погоду із його діями в "імпровізованих" умовах на тренажері. Ця взаємодія здійснюється інформаційними каналами, по яких можуть бути відтворені дані, наприклад, про параметри коливання прицілу лука.

Вважається, що близько 70–80% помилкових дій людини трапляються у зв'язку з неправильним сприйняттям поточної інформації або з її помилковим оцінюванням (Н.В. Макаренко, 1999). У результаті обробки інформації спортсмен формує узагальнену інформаційну модель про спеціальну координацію та тактичні дії. Цю модель він порівнює з концептуальною моделлю, сформованою на основі теоретичних знань, особистого досвіду і спеціалізованих навичок. У результаті порівняння формується інтегральна оцінка розходжень запрограмованих і фактичних параметрів дій лучника з урахуванням ситуації, яка складається.



Рис. 5.6. Система керування якістю педагогічних дій у процесі створення змодельованого середовища

Отже, стає зрозумілим, що інформаційна відповідність штучних педагогічних умов на основі використання пристрою є дуже важливою у наведеному переліку складових інтегральної оцінки відповідності. Причому інформаційна відповідність може бути застосована до кожної

з перерахованих складових. У цьому випадку вона оцінює відповідність імітованих інформаційних потоків, відтворених у модельованих умовах, їхньому прототипові у змагальних умовах просто неба.

Відповідність математичного моделювання (динамічних моделей) у цій дидактичній моделі домінує. Від того, з якою точністю відтворюються параметри вітрових процесів, безпосередньо залежатиме якість усього тренажера і його дидактична цінність.

З точки зору оцінювання якості розділимо процес створення дидактичної моделі на три етапи. Кожному з етапів відповідає спеціальний (індивідуальний) критерій оцінювання якості (рис. 5.6).

Таким чином, на комплексному рівні загальна адекватність тренажера може бути визначена так:

$$A_{\text{заг.}} = A_{\text{м}} \times A_{\text{у}} \times A_{\text{інф.}} \times A_{\text{мат.}} \times A_{\text{ерг.}} \times A_{\text{псих.}},$$

де: $A_{\text{м.}}$ – відповідність мети;

$A_{\text{у}}$ – відповідність умов;

$A_{\text{інф.}}$ – інформаційна відповідність;

$A_{\text{мат.}}$ – відповідність математичного моделювання;

$A_{\text{ерг.}}$ – ергономічна відповідність;

$A_{\text{псих.}}$ – психологічна відповідність

Область визначення кожної складової та загальної відповідності тренажера є у межах $0 < P < 1$.

Отже, прогнозуємо, що математичне наближення окремих складових до одиниці дозволить сконструювати дидактично досконалий тренажер, що забезпечить правильне формування у лучників спеціалізованих навичок і вмінь. Зменшення значення будь-якої складової призводить до невідповідності між модельованою пристроєм ситуацією, яка формує чинники-завади й інформаційні потоки, та її істинними значеннями у реальних змагальних умовах при вітровій погоді, створення помилкових ілюзій і невідповідних реакцій.

На нашу думку, використання присторою для відтворення вітрової ситуації на стрільбищах зі стрільби з лука є прийнятним методичним засобом тренування лучників високої кваліфікації, що стимулює розгортання адаптаційних ресурсів організму спортсменів (рис.5.7).

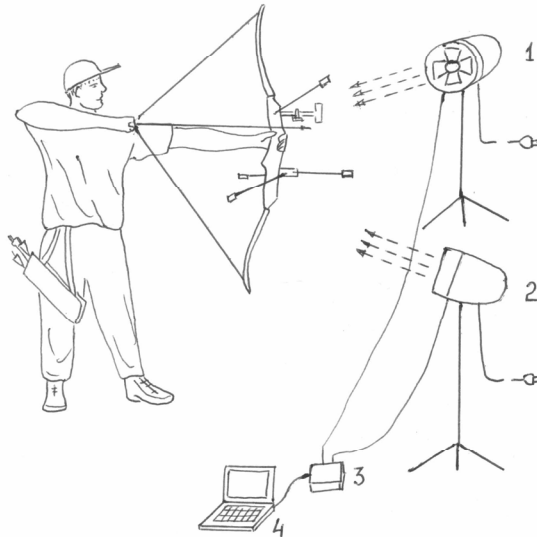


Рис. 5.7. Загальний вигляд і компоненти пристрою для відтворення вітрової ситуації на стрільбищах зі стрільби з лука:

- 1 – ліва турбіна;
- 2 – права турбіна;
- 3 – цифрово-аналоговий перетворювач;
- 4 – персональний комп'ютер із закладеною програмою

Ефективність використання пристрою для відтворення вітрової ситуації визначалася на основі порівняння основних кінематичних показників мікрорухів стрільців у контрольній та експериментальній групах висококваліфікованих лучників (по 13 чоловік у кожній). Експериментальній групі лучників було запропоноване застосування пристрою для відтворення вітрової ситуації у передзмагальному мезоциклі, на початку відкриття літнього сезону. Використовували пристрій у приміщенні. Водночас спортсмени експериментальної та контрольної груп тренувалися також і просто неба. Загальна величина обсягів та інтенсивності спеціальних навантажень в обох групах практично не відрізнялася. Не виявлено суттєвих статистичних відмінностей між рівнем спеціальної підготовленості і спортивною результативністю у представників обох груп перед початком експерименту. Експеримент тривав чотири тиж-

ні. На кожному з тренувальних занять упродовж вказаного терміну спортсмени експериментальної групи виконували постріли з “бойового” лука, використовуючи тренажер для відтворення вітрової ситуації на початку основної частини тренування. Такі постріли становили від 20 до 35% від загальної кількості пострілів у щит.

У результаті проведення експерименту виявлено певні зрушення у величинах кінематичних параметрів мікрорухів стрільців, зафіксованих на початку й у кінці мезоциклу за допомогою використання модернізованого оптико-електронного комплексу «Scatt» (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Зміна кінематичних показників мікрорухів стрільців
високої кваліфікації до та після педагогічного експерименту
з використанням пристрою для відтворення вітрової ситуації, n=13**

Кінематичні показники мікрорухів стрільців	Вибірки стрільців					
	до експерименту		після експерименту		t-критерій Стьюдента	
	контр. група	експер. група	контр. група	експер. група	контр. група	експер. група
Поперечник стрільби, мм	86,9±8,1	87,9±8,3	83,5±8,2	76,4±7,4	0,3	1,0
Стабільність прицілювання, мм	85,1±7,2	84,1±7,2	83,1±7,0	82,6±5,6	0,2	0,2
Точність прицілювання, мм	34,9±4,4	34,8±3,3	34,0±5,5	24,2±3,4	0,1	2,2
Середня стійкість в «10», с	2,9±1,1	2,9±0,5	2,9±0,9	4,4±0,3	0,0	2,6
Загальнодовжина траєкторії, мм	121,4±9,2	121,5±9,2	119,3±9,1	116,9±8,9	0,2	0,4
Горизонтальний компонент довжини траєкторії, мм	83,2±9,0	83,2±9,0	82,9±8,9	81,9±8,5	0,0	0,1
Вертикальний компонент довжини траєкторії, мм	69,8±3,0	71,1±3,0	70,4±2,9	69,6±3,0	0,1	0,4
Еліпсність влучення, коеф. раз	1,3±0,2	1,3±0,2	1,3±0,2	1,0±0,1	0,1	1,0
Еліпсність траєкторії, коеф. раз	1,1±0,1	1,1±0,2	1,1±0,1	1,1±0,1	0,0	0,0

Із дев'яти кінематичних показників, що характеризують мікроруки стрільця під час виконання пострілу, суттєво змінилися під дією експериментального чинника тільки два. А саме, відчутне покращення було помітне у середній стійкості в габариті "10" та у точності прицілювання. Точність прицілювання зросла з $34,8 \pm 3,3$ мм до $24,2 \pm 3,4$ мм, а середня стійкість у межах габариту "10" підвищилася з $2,9 \pm 0,5$ с до $4,4 \pm 0,3$ с. При розрахунку t-критерію Стьюдента для визначення різниці змін усіх показників в обох групах статистично значущі ознаки виявлено в експериментальній групі і тільки у двох зазначених показниках (2,2 і 2,6, відповідно). Ці величини є більшими та граничне табличне значення, яке дорівнює 2,18 (при $n=13$ і $p=0,95$). Підкреслимо, що під час багатofакторного аналізу і при складанні відповідних регресій взаємозв'язку кінематичних параметрів мікрорухів лучників з їх спортивним результатом, до складу цих статистичних моделей увійшли тільки показники середньої стійкості в габариті "10" і точності прицілювання як такі, що мають найсуттєвіший вплив на формування спортивної результативності. Отже можна прогнозувати, що достовірне зростання вказаних показників на основі використання пристрою для відтворення вітрової ситуації позитивно вплине і на спортивний результат лучників.

5.4. Удосконалення спеціальної підготовленості висококваліфікованих лучників на основі моделювання гіпергравітаційних тренувальних умов

Розвиток спорту вищих досягнень стимулює пошук інтенсивних шляхів постійного вдосконалення спортивного тренування з використанням широкого арсеналу засобів, спрямованих на підвищення якості підготовки спортсменів (А. Н. Лапутин, Н. А. Носко, 2002, И. П. Ратов, В. К. Бальсевич, 2005). Застосування методик із використанням гіпергравітаційних тренувань у різних видах спорту дає значущий позитивний ефект. Оскільки стрільба з лука належить до складнокоординаційних видів спорту і, крім того, вимагає від лучника високого рівня розвитку абсолютної сили м'язів плечового поясу та їх силової витривалості, постає дидактичне завдання паралельного вдосконалення зазначених характе-

ристик. Основним педагогічним завданням є застосування такої інтенсивної за своєю суттю методики тренування, яка б не порушила міжкоординаційні зв'язки, вдосконалила динамічну та кінематичну структуру необхідних рухових дій, підвищивши надійність їх виконання.

Останніми роками в спортивній практиці отримала певне поширення біомеханічна стимуляція у формі гравітаційного тренування (А.Н. Лапутин, 1999). На сьогодні проблеми використання засобів і методів гравітаційного тренування в тренувальному процесі розглядалися у легкій атлетичі, кульовій стрільбі, волейболі й інших видах спорту, а автори наукових публікацій відзначають, що умови гіпергравітаційних впливів є ефективним стимулом підвищення функціональних можливостей спортсменів (А.Н. Лапутин, В.И. Бобровник, 1999, А.Н. Лапутин, В.А. Кашуба, 1999).

Зазначене спонукало до створення ефективної методики використання гіпергравітаційних впливів для підвищення рівня функціональних можливостей і спортивної результативності кваліфікованих лучників на основі використання спеціальних костюмів з обтяженням.

В основі запропонованої методики є застосування пристрою, конструкція якого виконана у вигляді спеціального комбінезона (рис.5.8). Використання комбінезона дозволяє моделювати умови підвищеної гравітації (+9%). Пристрій має систему вантажів, які розташовані так, щоби спортсмен зберігав природну геометрію мас тіла при тій зміні модуля гравітаційних взаємодій, які необхідні йому для реалізації регламентованої тренувальної програми підвищення силових можливостей м'язів. Використання такого пристрою дозволяє повніше відтворити в дидактичному процесі ті умови гравітаційних взаємодій, які повинні бути реалізовані спортсменами при вдосконаленні визначеної кінематичної і динамічної структури рухів у стрільбі з лука, необхідної для досягнення високої цільової точності.

Ефективність методики використання засобів гравітаційного тренування перевірялося за допомогою проведеного педагогічного експерименту, який застосовували у тренувальному процесі. Групі стрільців було запропоновано тренування зі застосуванням гіпергравітаційного костюма впродовж спеціального мезоциклу у підготовчому періоді річного циклу, що складався з п'яти мікроциклів. При цьому мікроцикл передбачав 6 занять.



Рис. 5.8. Робочі моменти використання костюмів з обтяженнями

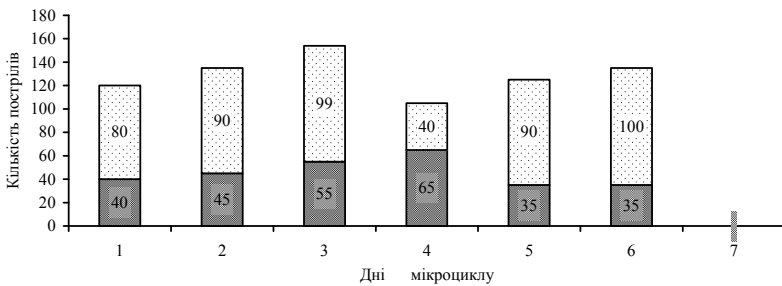


Рис. 5.9. Модель втягувального мікроциклу:

- – кількість пострілів із використанням гравітаційного костюма;
- – кількість «стандартних» пострілів

Перший мікроцикл експериментального мезоциклу – втягувальний. Він характеризується невеликим та середнім навантаженням і спрямований на підготовку організму до спеціалізованих гіпергравіта-

ційних навантажень. Впродовж першого мікроциклу заняття проводилися зі середнім навантаженням. Спортсмени виконували на тренуванні 120–150 пострілів, з них 50 із застосуванням гравітаційного костюма, що становило від 20% до 40% від загальної кількості пострілів за тренування (рис. 5.9).

Другий – четвертий мікроцикли – ударні. Вони передбачали по три тренувальні заняття з великими навантаженнями. Загальна кількість пострілів за тренування 110–140, з них 60–80 – із використанням гравітаційного костюма. На трьох заняттях, що виконувалися з великим навантаженням, кількість пострілів з обтяженням становила 50–60% від загальної кількості (рис. 5.10).

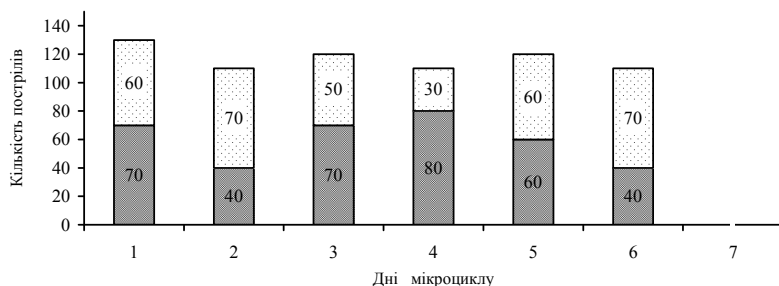


Рис. 5.10. Модель ударних мікроциклів:

- – кількість пострілів із використанням гравітаційного костюма;
- – кількість «стандартних» пострілів

Останній (п'ятий) мікроцикл – стабілізувальний. Він характеризується поступовим зменшенням обсягів гіпегравітаційних навантажень і збільшенням відсотка стандартних пострілів (рис. 5.11).

Щоби здійснювати поточний та етапний контроль адаптаційних пристосувань з боку лучника на запропоновані засоби і методи гравітаційного тренування було використано низку інструментальних методик та аналіз цифрових масивів, отриманих під час їх застосування (рис. 5.12). Загалом контролювалися такі показники:

- ❖ міотонометричні показники динаміки стану м'язової системи, зокрема твердості основних м'язів, які беруть участь у виконанні змагальної вправи лучників;

- ❖ показники стійкості зброї під час прицілювання та здійснення власне пострілу з лука зі застосуванням оптико-електронного комплексу „Scatt”;
- ❖ динаміка спортивної результативності лучників.

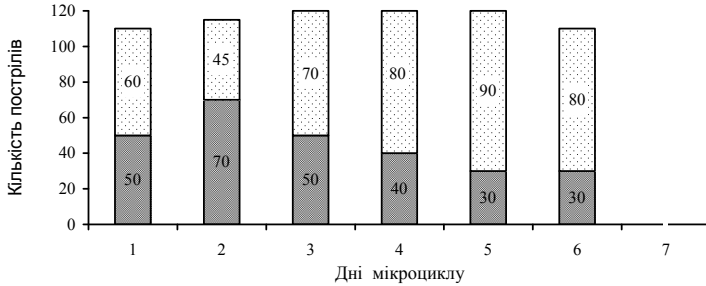


Рис. 5.11. Модель стабілізуючого мікроциклу:

- – кількість пострілів із використанням гравітаційного костюма;
- – кількість «стандартних» пострілів

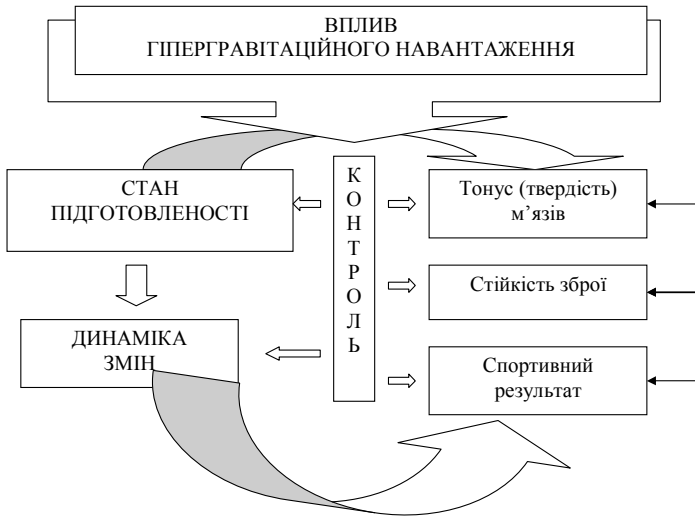


Рис. 5.12. Схема контролю ефективності гіпергравітаційного тренування

У результаті запропонованої методики гіпергравітаційного тренування вдалося встановити, що запропоновані умови мають суттєвий вплив на тонус (твердість м'язів) плечового поясу та верхніх кінцівок. Якщо порівняти показники твердості м'язів до та після завершення педагогічного експерименту, то можна стверджувати, що найсуттєвіші зміни відбулися не в даних тонусу м'язів, а в їх амплітуді (табл.5.2, 5.3).

Таблиця 5.2

**Показники тонусу м'язів до застосування
методики гіпергравітаційних впливів, n=12**

М'язи		Твердість м'язів, ум.од.			Амплітуда твердості м'язів, ум. од		
		спкою	напруження	розслаблення	напруження	розслаблення	тону
Ліктьовий розгинач зап'ястя	правий	72±5,2	104±8,9	74±5,4	32±3,3	30±2,9	62±5,5
	лівий	70±6,1	92±7,1	70±6,2	22±2,4	22±2,3	44±4,0
Глибокий згинач пальців	правий	80±6,2	110±9,0	80±6,2	30±3,0	30±2,9	60±5,8
	лівий	74±5,0	102±8,9	76±5,1	28±2,9	26±2,5	54±4,9
Триголовий м'яз плеча	правий	78±5,4	112±8,8	72±5,4	34±3,0	40±3,2	74±7,2
	лівий	72±6,5	106±9,1	65±6,5	34±3,3	41±3,4	75±7,4
Двоголовий м'яз плеча	правий	62±4,3	108±9,2	54±4,4	44±4,1	54±4,8	98±9,0
	лівий	56±4,1	108±8,7	58±5,0	52±5,1	50±4,5	102±9,9
Дельтоподібний м'яз	правий	55±3,9	92±7,9	55±4,8	37±3,9	37±3,7	74±7,3
	лівий	55±3,6	106±8,7	56±3,6	41±4,0	40±3,7	81±7,7
Трапецієподібний м'яз	правий	60±4,0	92±7,0	58±4,0	32±3,0	34±3,3	65±5,7
	лівий	54±3,8	92±7,8	54±3,9	38±3,7	38±3,2	76±6,9

При цьому середні показники тонусу спокою практично залишилися на початковому рівні, тонусу напруження зросли в середньому на 4,42 умовні одиниці, а тонусу розслаблення навпаки зменшилися на 1,58. Показники амплітуди ж мають однозначний напрямок змін. Вони збільшилися під час порівняння: амплітуди напруження на 5,41; амплітуди розслаблення на 6,58; амплітуди тонусу на 12,08 умовних одиниць

(табл. 5.2 і 5.3). Проте специфічність виконання роботи, тобто виконання пострілів з лука, накладає значущий відбиток на динаміку показників амплітуди тонузу різних м'язових груп та окремих м'язів. Так зазначені показники в окремих м'язах практично не зросли (глибокий згинач пальців лівої руки), а в окремих випадках збільшилися на 37 одиниць, що становить близько 45% від початкового рівня. Також спостерігаємо асиметричність змін показників м'язів правої та лівої частини тіла. Так, під час дослідження змін показників тонузу ліктьового розгинача зап'ястя, глибокого згинача пальців, триголового м'яза плеча, трапецієподібного м'яза спини зазначаємо помітне зростання їх правосторонніх одиниць порівняно з лівосторонніми. Зворотне простежуємо у показниках амплітуди тонузу двоголового м'яза плеча та середніх пучків дельтоподібного м'яза, де зросли величини лівої сторони спортсмена.

Таблиця 5.3

Показники тонузу м'язів після застосування методики гіпергравітаційних впливів, n=12

М'язи		Твердість м'язів, ум.од.			Амплітуда твердості м'язів, ум. од		
		спокою	напруження	розслаблення	напруження	розслаблення	тонузу
Ліктьовий розгинач зап'ястя	правий	71±5,9	107±8,9	72±5,9	36±2,9	35±2,9	71±6,0
	лівий	72±5,9	95±8,8	70±6,1	23±2,0	22±1,9	45±4,0
Глибокий згинач пальців	правий	76±6,4	112±9,2	75±6,2	36±3,1	37±3,0	73±6,5
	лівий	75±6,5	102±9,2	75±6,7	27±2,2	27±3,0	54±5,4
Триголовий м'яз плеча	правий	76±6,3	120±10,7	74±6,0	44±3,6	46±4,1	90±8,9
	лівий	73±6,4	110±10,2	66±6,1	37±3,2	44±3,5	81±8,1
Двоголовий м'яз плеча	правий	64±5,0	109±9,1	54±4,2	45±4,0	55±4,0	100±9,9
	лівий	58±4,9	112±9,2	55±4,2	54±4,3	57±4,1	111±9,9
Дельтоподібний м'яз	правий	56±4,7	105±9,0	54±4,3	49±4,2	51±4,0	100±9,8
	лівий	54±4,6	112±9,3	52±4,1	58±4,8	60±5,0	118±9,8
Трапецієподібний м'яз	правий	58±4,4	98±8,1	54±4,7	40±3,6	44±3,3	84±7,8
	лівий	55±4,4	95±8,2	52±4,5	40±3,5	43±3,3	83±7,7

Зазначене стосується лучників, які використовують лівосторонню стійку. Передбачаємо, що при правосторонній стійці помічатимемо зворотній процес. Одним із попередніх висновків може бути і те, що методи гравітаційного тренування, які застосовуються під час відносно статичної основної роботи більше стимулюють адаптаційні процеси у тих м'язях, які відповідають за утримання специфічної змагальної пози, а також у тих, на які лягає основна робота з виконання змагальної вправи (табл.5.2, 5.3). Важливо звернути увагу не тільки на абсолютні чи відносні величини параметрів до та після використання експериментального мезоциклу, але у процесі його протікання. Тобто йдеться про фіксацію та аналіз даних після закінчення кожного з п'яти запланованих мікроциклів у мезоциклі (рис. 5.13).

До уваги бралися показники лівих одиниць шести м'язів. І якщо, як було зазначено, зміна величин даних на початку й у кінці мезоциклу зі застосуванням гравітаційного тренування не викликає сумніву, то графічне зображення на рис. 5.13 засвідчує зменшення показників тону-су напруження і після 2-го, і після 3-го мікроциклу у більшості м'язів. Факти свідчать, що тільки після завершення 4-го мікроциклу цифри у більшості випадків перевищують початковий рівень. Якщо враховувати те, що останній мікроцикл за своїм характером є стабілізувальний, тобто обсяг гравітаційних тренувальних засобів зменшився порівняно з попередніми аналогічними часовими відрізками, то припускаємо присутність відставленого ефекту суперкомпенсації функцій організму спортсмена. Схожу картину спостерігаємо і під час моніторингу змін величин стійкості прицілу в межах габариту десятки. У цьому випадку брали до уваги не тільки середні значення цього показника, але й розмах його у вибірці спортсменів, які брали участь у педагогічному експерименті (рис. 5.14). Оскільки величина стійкості визначається відносним показником часу знаходження прицілу в межах габариту десятки за певний час до виконання власне пострілу і тісно корелює зі спортивним результатом, то величина розмаху свідчить і про можливий розкид абсолютного результату лучників. До початку педагогічного експерименту у зв'язку з однорідністю вибірка спортсменів за спортивним результатом розмах був невеликим, після закінчення першого тижня дії експериментального чинника середні значення знизилися, а варіативність результатів зросла.

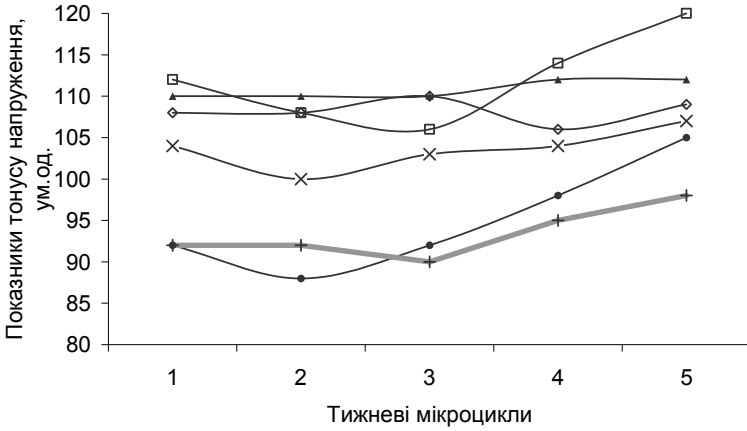


Рис. 5.13. Динаміка твердості м'язів у стані напруження впродовж тренувального мезоциклу під дією гіпергравітаційних впливів:

- – триголовий м'яз плеча;
- ◇ – двоголовий м'яз плеча;
- ▲ – глибокий згинач пальців;
- X – ліктьовий згинач зап'ястя;
- – дельтоподібний м'яз;
- + – трапецієподібний м'яз

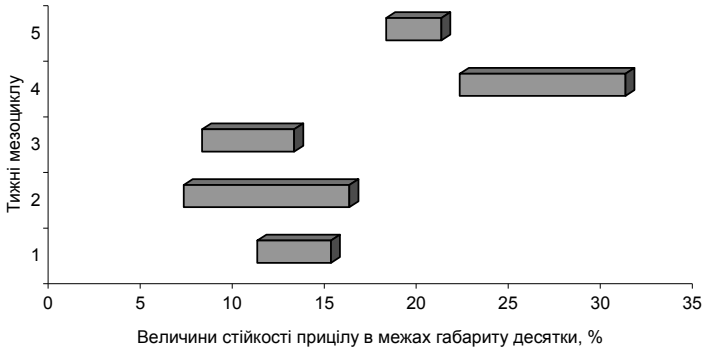


Рис. 5.14. Динаміка величин стійкості прицілу в межах габариту десятки протягом мезоциклу гіпергравітаційних впливів

У третьому мікроциклі середні значення продовжували зменшуватися, хоча розкид також став меншим. Далі спостерігалось стрімке збільшення середніх величин і їх варіативності, а наприкінці мезоциклу типові величини стійкості набули більш концентрованого вигляду та були дещо меншими за відповідні дані попереднього вимірювання, але суттєво вищими за початкові.

Найоб'єктивнішим критерієм ефективності тієї чи іншої педагогічної методики є аналіз змін спортивного результату. Проаналізувавши їх зазначимо, що додаткові навантаження пов'язані, із використанням гравітаційного костюма, знижують рівень і збільшують варіативність спортивних результатів. Контрольні стрільби, що проводилися впродовж мезоциклу, опосередковано, але досить тісно пов'язані зі зміною даних тону м'язів і стійкості прицілу в межах десятки. Вони мають відтермінований характер, що свідчить про визначений алгоритм адаптаційних змін. Умови гіпергравітації спочатку впливають на величини, що характеризують стан м'язової системи. Зміни у стані м'язової системи впливають на стійкість змагальної пози стрільця, що своєю чергою дає позитивний ефект у вигляді підвищення спортивного результату (рис. 5.15). Також слід підкреслити, що зміна зазначених показників має хвилюподібний характер з періодом, не меншим за один календарний місяць, і визначається загальним трендом і індивідуальними особливостями, що необхідно враховувати під час навчально-тренувального процесу лучників високої кваліфікації.

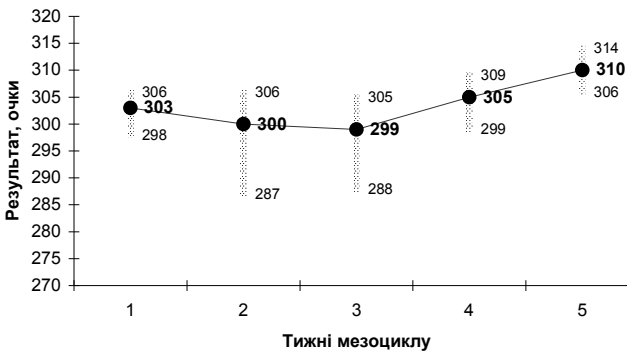


Рис. 5.15. Динаміка спортивного результату впродовж мезоциклу гіпергравітаційних впливів

5.5. Методика вдосконалення позно-статичної стійкості

Якісне виконання змагальної вправи у стрілецьких видах спорту завжди залежить від стійкості пози, тобто від здатності зберігати рівновагу тіла та системи «стрілець – зброя – мішень» загалом. Стійкість пози забезпечується позно-тонічними рефлексами і довільною регуляцією пози на основі набутих форм координації рухів із комплексною участю аналізаторів (зорового, рухового, вестибулярного та ін.), тобто загальними механізмами підтримки рівноваги тіла людини.

Властивість підтримувати рівновагу тіла спортсмена та його ланок у стрілецьких вправах поліпшується на основі вдосконалення спортивно-технічних рухових навичок і підвищення рівня координаційних здібностей. Тому основним завданням у визначеному напрямі є спрямоване вдосконалення позно-статичної стійкості системи «стрілець – зброя – мішень» на основі застосування спеціалізованих вправ. Особливістю цих вправ є така взаємодія чинників, що впливають на збереження пози, при якій утруднене досягнення її стійкості. Іншими словами, ці вправи відрізняються підвищеною складністю умов їх виконання.

Такі вправи в спортивному тренуванні повинні передбачати, передусім, матеріал вибраного виду спорту – елементи або цілісні форми типових для нього змагальних дій, якщо вони містять підвищені вимоги до здатності зберігати рівновагу.

Необхідною передумовою вдосконалення стійкості пози є наявність динамічного стереотипу раціональної постави, яка відповідає біомеханічним закономірностям стійкості тіла у цій позі. Зокрема, стійкість пози стрільців значною мірою обумовлена жорсткою фіксацією ніг і тулуба та корекцією такої конструкції у гомілковому суглобі.

Досягнення високої позово-статичної стійкості у стрілецькому спорті забезпечується шляхом поступової адаптації до ускладнених умов збереження пози в статичних періодах, характерних для спортивної стрільби. Ми використали кілька варіантів ускладнення умов. Слід зауважити, що вибір варіанту залежав не тільки від об'єктивних особливостей застосування спеціалізованих вправ, але і від суб'єктивних труднощів, передусім, психологічних.

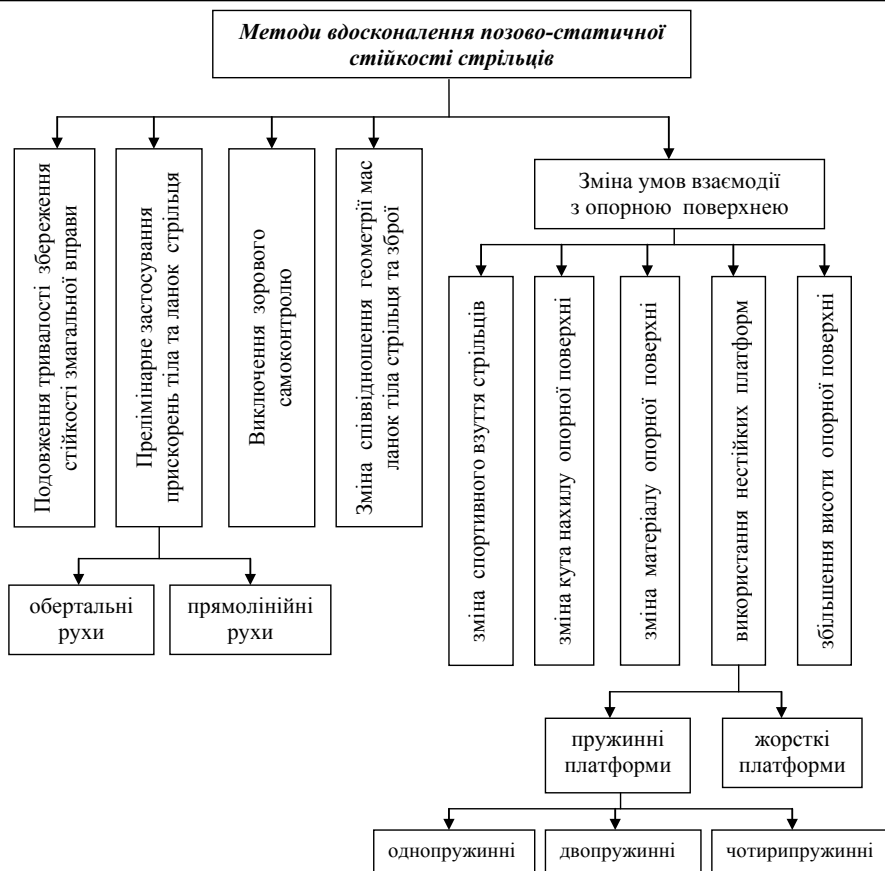


Рис. 5.16. Методичні прийоми вдосконалення позово-статичної стійкості стрільців високої кваліфікації

Ми розробили низку методичних прийомів, які доцільно застосовувати під час удосконалення позово-статичної стійкості стрільців, зокрема, лучників високої кваліфікації (рис. 5.16):

- 1) подовження часу збереження високої стійкості стрілецької пози;
- 2) тимчасове виключення зорового самоконтролю за взаєморозташуванням ланок тіла і зброї;
- 3) зменшення площі опорної поверхні для ніг;

- 4) збільшення висоти опорної поверхні;
- 5) використання нестійкої опорної поверхні;
- 6) використання обертальних або прямолінійних прискорень тіла стрільця перед збереженням змагальної пози;
- 7) зміна спортивного взуття стрільців;
- 8) зміна кута нахилу опорної поверхні;
- 9) зміна матеріалу опорної поверхні.

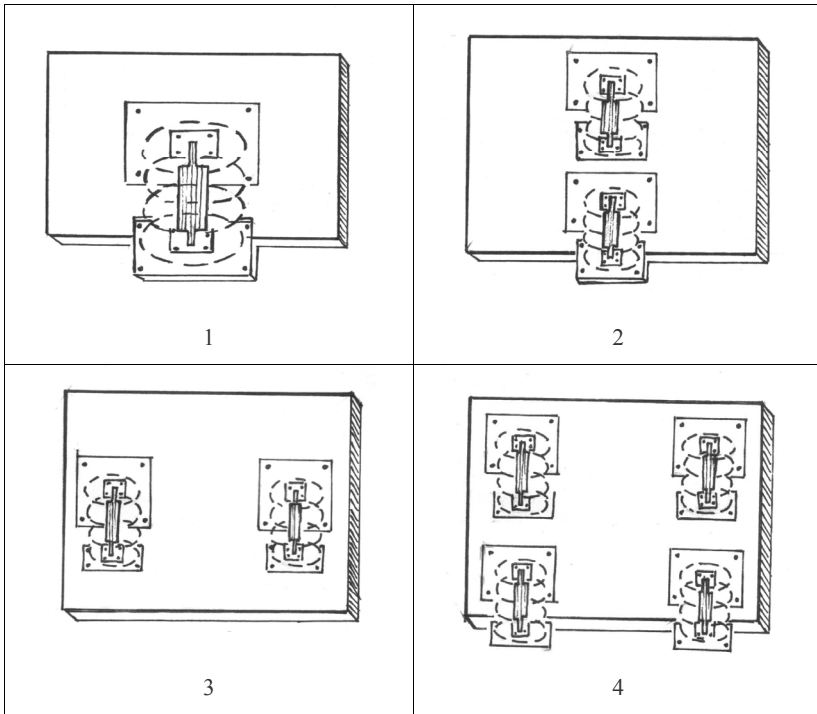


Рис. 5.17. Типи пружинних нестійких платформ:

- 1 – однопружинна;
- 2 – двопружинна поперечна;
- 3 – двопружинна повздовжна;
- 4 – чотирипружинна коливальна платформа

Попередні дослідження засвідчили, що найперспективнішим методичним прийомом удосконалення позово-статичної стійкості, а з нею і загальної стійкості системи «стрілець – зброя – мішень», було використання декількох варіантів нестійких платформ, які відрізнялися кількістю застосованих пружин визначеної пружності (рис. 5.17). Жорсткість пружини коливалася в межах від $1,5 \cdot 10^4$ Н/м до $6 \cdot 10^4$ Н/м відповідно до типу нестійкої платформи та маси спортсмена. Проте амплітуда стискування пружин під час використання нестійких платформ не перевищувала 0,05 м. Визначені вихідні дані дозволили моделювати умови, наближені до стрільби у вітряну погоду просто неба, і в той же час, без надміру впливу чинників-завад на спортивну техніку стрільби з лука (рис. 5.18).



Рис. 5.18. Робочі моменти використання нестійких платформ

Кількісна оцінка позово-статичної стійкості системи «стрілець – зброя – мішень» визначалася на основі аналізу відносного показника середньої стійкості в зоні «10» впродовж 2с до пострілу з лука, а також динаміки спортивної результативності у стрільців експериментальної групи протягом контрольно-підготовчого мезоциклу, впродовж якого проводився педагогічний експеримент. Контрольно-підготовчий експериментальний мезоцикл складався з трьох мікроциклів різних типів, навантаження та спрямованості. Перші два мікроцикли за своєю суттю були ударними – по чотири тренування з великими навантаженнями. Третій мікроцикл – відновлювальний – складався з тренувальних занять із середніми та малими навантаженнями. За такої побудови тре-

нувального процесу було досягнуто максимального ефективного перебігу адаптаційних процесів, відновлення функціональних можливостей стрільців, практичної готовності до виступу на відповідальних змаганнях у наступних мезоциклах.

Загальна структура та зміст тритижневого мезоциклу

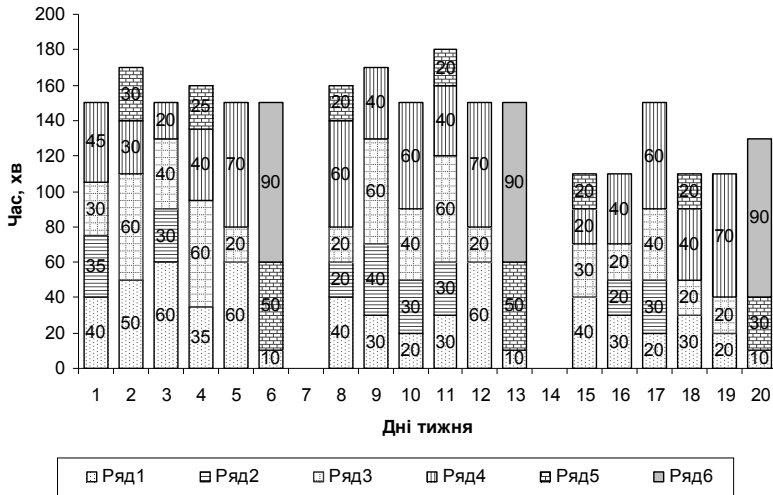


Рис. 5.19. Загальна структура та зміст тритижневого експериментального контрольно-підготовчого мезоциклу стрільців високої кваліфікації:

- 1 – технічна спрямованість;
- 2 – розвиток спеціальної силової витривалості;
- 3 – розвиток стійкості системи «стрілець – зброя»;
- 4 – інтегральна спрямованість;
- 5 – загальнофізична спрямованість;
- 6 – контрольні стрільби

Тренувальні заняття в кожному з мікроциклів умовно склалися із вправ різної спрямованості (рис. 5.19). Вправи технічної спрямованості передбачали варіанти “холостої” стрільби, обробки пострілів безпосередньо біля щита та на дистанції, стрільбу у “голий” щит, відпрацюван-

ня окремих елементів техніки стрільби. Розвиток спеціальної силової витривалості ґрунтувався на використанні регламентованих вправ з розтягування та утримання лука, застосування інших пружних пристосувань і тренажерів. Інтегральна спрямованість тренування полягала у синтезі різнорівневих блоків спеціальної підготовленості стрільців, які визначають ефективність функціонування системи “стрілець – зброя”. Основними практичними засобами досягнення високого рівня інтегральної готовності лучників була дистанційна стрільба у мішень із різними тактичними схемами виконання серій пострілів і налаштування зброї. Окрім цього застосовувалися засоби загальної фізичної підготовки з розвитку загальної витривалості, координації та сили. В кінці кожного з мікроциклів передбачалися контрольні стрільби на дистанції 70м для контролю тренувального ефекту впродовж експериментального мезоциклу. Основною особливістю експериментального мезоциклу було використання спеціалізованих вправ для цілеспрямованого розвитку стійкості системи “стрілець – зброя”.

Базові вправи з розвитку статичної стійкості у педагогічному експерименті використовувалися в основній частині тренування після закінчення застосування засобів, спрямованих на удосконалення технічної майстерності та в поєднанні з інтегральною чи спеціальною силовою підготовкою (рис. 5.19). Для поступової адаптації до нових тренажерів поетапно використовували чотирипружинні, двопружинна повздовжня, двопружинна поперечна, однопружинна нестійкі платформи. Така послідовність забезпечила поступовість активізації пристосувальних реакцій до ускладнених умов виконання пострілів з лука. Тривалість та етапність застосування різних платформ складала 3–4 тренувальних заняття, проте допускалася можливість використання різних платформ в одному тренувальному занятті.

Кожний з трьох мікроциклів закінчувався контрольною стрільбою на дистанції 70м і визначенням відносного показника середньої стійкості в зоні “10” впродовж 2с до пострілу.

У процесі проведення педагогічного експерименту отримано динаміку спортивного результату у форматі значень середнього влучення стріли та показника відносної середньої стійкості в зоні “10” (рис. 5.20). Вже у кінці першого мезоциклу спостерігалися певні зрушення у показниках стійкості та результативності висококваліфікованих стрільців. В експериментальній групі лучників зменшився показник спортивної

результативності на 0,03 очка у розрахунку на одну стрілу, хоча показник відносної стійкості зріс на 0,5%. Проте такі зміни виявилися статистично несуттєвими (t-критерій Стьюдента розрахунковий склав усього 0,2–0,4 для $n=12$ і $P=0,95$). Найсуттєвіший стрибок результативності відбувся після закінчення другого мезоциклу, впродовж якого суттєвих обсягів набула робота з підвищення спеціальної силової витривалості та спортсмени використовували практично всі види нестійких платформ. У результаті отримано поліпшення влучності з 8,36 до 8,42 очок на стрілу та відносної стійкості з 76,6% до 86,6%. Статистично зміни підтверджуються перевищенням розрахункового значення критерію Стьюдента над відповідним табличним значенням ($2,5_{\text{розрах.}} > 2,2_{\text{табл.}}$ і $2,8_{\text{розрах.}} > 2,2_{\text{табл.}}$, відповідно, при $n=12$ і $P=0,95$).

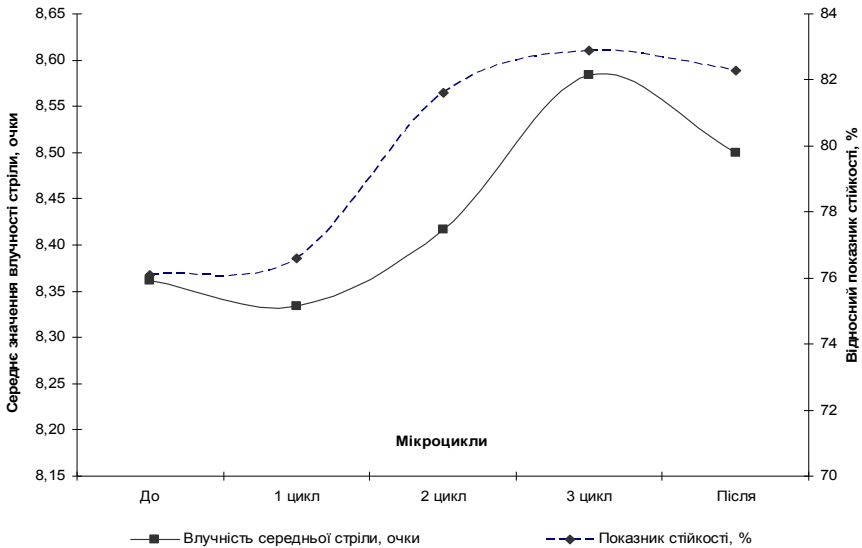


Рис. 5.20. Динаміка показників середніх значень влучності стріли та відносної стійкості системи «стрілець – зброя»:

- – середні значення влучності (очки);
- ◆ – відносний показник стійкості (%).

Подальше значне зростання спортивної результативності та показника відносної стійкості системи «стрілець – зброя» спостерігався й у третьому мікроциклі ($3,1_{\text{розн.}} > 2,2_{\text{табл.}}$ і $2,9_{\text{розн.}} > 2,2_{\text{табл.}}$, відповідно). При цьому проявлявся акумулятивний ефект від застосування спеціалізованих вправ і пристроїв у попередніх циклах, хоча загальний обсяг та інтенсивність спеціального навантаження зменшився.

Характерним було також те, що змінювалися показники стандартного відхилення результативності у вибірці до, впродовж і після педагогічного експерименту за схемою $2,22 \rightarrow 3,8 \rightarrow 2,8 \rightarrow 2,31 \rightarrow 2,81$, що свідчить про індивідуальну складову реагування на запропоновані методичні підходи з удосконалення позово-статичної стійкості у стрільбі з лука. Значно більші розбіжності значень показників у першій контрольній точці після початку експерименту далі зменшувалися і на кінець експерименту практично не відрізнялися від початкових.

Важливо прослідкувати зміну абсолютних кінематичних показників, що характеризують виконання мікрорухів стрільців у завершальній фазі пострілу з лука під впливом запропонованої методики. Для збереження коректності та визначення впливу експериментального чинника було сформовано дві групи лучників (експериментальну та контрольну по 13 спортсменів у кожній), які суттєво не відрізнялися рівнем спеціальної підготовленості та спортивної результативності. За допомогою модернізованого оптико-електронного комплексу «Scatt» фіксували дев'ять основних кінематичних показників мікрорухів стрільців (табл.5.4). Як і в аналогічному педагогічному експерименті, коли використовувався пристрій для відтворення вітрової ситуації, істотне поліпшення виявилось у двох показниках: точності прицілювання (на 8,5 мм) і середньої стійкості в габариті «10» (на 1,2 с). Розрахункові значення t-критерію Стьюдента, що передбачають встановлення статистично істотних різниць змін середніх величин зв'язаних вибірок виявилися більшими за відповідні табличні значення ($2,2 > 2,18$ і $2,7 > 2,18$, відповідно, при $n=13$ і $p=0,95$). Зміни інших кінематичних показників відбулися також, але вони були несуттєвими і тому практично не змогли вплинути на спортивну результативність лучників. Проте зауважимо, що величини коефіцієнтів кореляцій між показниками точності прицілювання і середньої стійкості в габариті «10» та спортивним результатом свідчать про тісний зв'язок, а отже відіграють важливу роль у досягненні його вищого рівня.

Таблиця 5.4

**Зміна кінематичних показників мікрорухів стрільців
високої кваліфікації до та після педагогічного експерименту
з використанням нестійких платформ, n=16**

Кінематичні показники мікрорухів стрільців	Вибірки стрільців					
	до експерименту		після експерименту		t-критерій Стьюдента	
	контр. група	експер. група	контр. група	експер. група	контр. група	експер. група
Поперечник стрільби, мм	83,5±8,2	84,4±8,2	82,5±7,9	79,5±7,2	0,1	0,4
Стабільність прицілювання, мм	83,1±7,0	83,1±7,3	83,0±7,0	82,6±5,6	0,0	0,1
Точність прицілювання, мм	34,0±5,5	33,9±2,8	32,9±5,3	25,4±2,7	0,1	<u>2,2</u>
Середня стійкість в «10», с	2,9±0,9	2,9±0,4	3,2±1,1	4,1±0,2	0,2	<u>2,7</u>
Загальнодовжина траєкторії, мм	119,3±9,1	120,8±9,2	117,6±8,4	117,7±8,9	0,1	0,2
Горизонтальний компонент довжини траєкторії, мм	82,9±8,9	83,1±9,0	82,6±8,2	82,0±8,6	0,0	0,1
Вертикальний компонент довжини траєкторії, мм	70,4±2,9	70,1±2,9	66,4±2,8	69,4±3,0	1,0	0,2
Еліпсність влучення, коеф. раз	1,3±0,2	1,1±0,2	1,2±0,1	1,0±0,1	0,4	0,2
Еліпсність траєкторії, коеф. раз	1,1±0,1	1,1±0,2	1,1±0,2	1,0±0,1	0,0	0,5

Основним висновком проведеного експерименту є теза про те, що поетапне цілеспрямоване використання методики вдосконалення позово-статичної стійкості лучників високої кваліфікації на основі використання розроблених коливальних платформ дало суттєве позитивне збільшення зазначеного спеціального параметру підготовленості стрільців і їх спортивної результативності.

5.6. Порівняння ефективності запровадження педагогічних методик моделювання умов зовнішнього середовища

Моделювання різних умов зовнішнього середовища дозволяє сформулювати спортивну техніку виконання змагальної вправи, яка характеризується ознаками варіативності, гнучкості та пластичності. Варіативність спортивної техніки стрільців досягається шляхом внесення змін у руховий режим виконання змагальної вправи, що є необхідною умовою усунення протиріч процесу вдосконалення необхідних спеціалізованих дій.

Важливо порівняти ефективність інструментальних засобів запропонованої педагогічної методики, яка базується на технології моделювання умов зовнішнього середовища. Критеріями ефективності педагогічної методики, яка ґрунтується на використанні механічного коливального маятника, комп'ютерного пристрою для відтворення вітрової ситуації, гіпергравітаційного костюма, нестійких пружинних платформ, є динаміка позитивних змін у показниках спеціальної підготовленості та спортивного результату (табл. 5.5).

Запропоновані педагогічні засоби вдосконалення технічної майстерності, що характеризуються багатьма спільними рисами, пов'язаними з використанням аналогічного підходу до організації процесу підготовки, формують функціональні системи конкретного поведінкового акту. Адаптаційні зміни в компонентах цієї функціональної системи виконують роль необхідних передумов її формування, тому стверджуємо, що зміна величин у параметрах спеціальної підготовленості є основою змін для спортивного результату. Зазначимо також, що системна реакція організму на застосування комплексу інструментальних засобів запропонованої педагогічної методики є специфічною, причому неспецифічна ланка адаптації, що є невід'ємним компонентом будь-якої функціональної системи, також визначає характер його реагування.

Зі значної кількості параметрів спеціальної підготовленості, що впливають на спортивний результат, аналізувалися саме ті показники, які мають найбільші величини статистичного зв'язку з ним. Попередні дослідження виявили, що такими показниками є: точність прицілювання, (мм); середня стійкість в "10", (с); час утримання точки прицілювання в крузі мішені Ø 20мм, (с); час утримання лука в розтягнутому стані, (с); сила м'язів лівої руки при спрямуванні зусиль угору, (Н).

Таблиця 5.5

**Динаміка значущих показників спеціальної підготовки
у лучників експериментальних груп, n=66**

Інструментальні засоби моделювання зовнішніх умов		Показники спеціальної підготовки				
		Точність прицілювання, мм	середня стійкість «10», с	час утримання точки прицілювання в крузімішенні Ø 20 мм,	час утримання лука в розтягнутому стані, с	сила м'язів лівої руки при спрямуванні зусиль угору, Н
механічний коливальний маятник (Е-1), n=13	до експ.	34,2±2,8	3,2±0,7	12±1,9	21,2±4,1	13,8±1,8
	після експ.	28,4±2,8	3,6±0,5	15,9±1,9	22,2±4,2	13,9±1,6
	різниця	4,6	0,4	5,9	1,0	0,1
	t-кр. Стьюдента	1,16	0,46	2,20	0,17	0,04
комп'ютерний пристрій для відтворення вітрової ситуації (Е-2), n=12	до експ.	34,8±3,3	2,9±0,5	11,3±1,9	22,1±4,0	13,7±1,8
	після експ.	24,2±3,4	4,4±0,3	12,8±2,9	22,8±4,1	13,7±1,8
	різниця	10,6	1,5	1,5	0,7	0
	t-кр. Стьюдента	2,24	2,57	0,43	0,12	0
гіпергравітаційний костюм (Е-3), n=12	до експ.	35,1±2,9	2,8±0,6	12,1±1,9	21,2±2,5	13,8±1,5
	після експ.	32,1±4,9	3,2±0,6	15,9±2,3	26,2±2,1	16,8±0,9
	різниця	3,0	0,4	3,8	7,2	3,9
	t-кр. Стьюдента	0,27	0,47	1,27	2,21	2,23
несійкі пружинні платформформи (Е-4), n=16	до експ.	33,9±2,8	2,9±0,4	12,3±1,9	20,6±3,7	13,9±1,7
	після експ.	25,4±2,7	4,1±0,2	17,1±2,7	25,2±3,3	14,7±1,7
	різниця	8,5	1,2	5,2	4,6	0,8
	t-кр. Стьюдента	2,19	2,68	1,58	0,93	0,33
без використання засобів моделювання зовнішніх умов (К-1), n=13	до експ.	33,9±2,8	2,9±0,4	12,3±1,9	20,6±3,7	13,9±1,7
	після експ.	32,7±2,7	3,0±0,5	12,9±1,9	20,7±3,6	14,1±1,8
	різниця	2,2	0,1	0,6	0,1	0,2
	t-кр. Стьюдента	0,57	0,16	0,22	0,02	0,08

Порівнювалися зафіксовані дані зазначених параметрів до та після проведення педагогічних експериментів. Установлювалися абсолютні значення різниць середніх показників кожного параметру та розраховувався t-критерій Стьюдента як один із показників значущості змін (табл.5.5, рис.5.21).

Встановлено, що зміни величин спеціальної підготовленості відбулися в усіх експериментальних і контрольній групі. Однак їх величина та характер суттєво відрізняються залежно від використаного інструментального засобу. Стрільці, що користувалися на тренуваннях механічним коливальним маятником (Е-1), досягли найбільшого зростання показника тривалості утримання точки прицілювання у крузі Ø 20мм у середньому на 5,9 с. Також поліпшилися точність прицілювання на 4,6 мм і середня стійкість у „10” на 0,4с. Спортсмени групи Е-2, які використовували комп’ютерний пристрій для відтворення вітрової ситуації, суттєво підвищили точність прицілювання в середньому на 10,6 мм, а також збільшили показник перебування точки прицілювання в зоні „10” на 1,5 с. Спортсмени вибірки (Е-3), які застосовували гіпергравітаційний костюм, досягли найбільшого приросту у тривалості утримання лука в розтягнутому стані на 7,2 с, максимальних показниках сили м’язів лівої руки при спрямуванні зусилля вгору на 3,9 Н, а також в утриманні точки прицілювання у крузі мішені діаметром 20 мм на 3,8 с. Лучники експериментальної групи Е-4, які тренувалися із застосуванням нестійких пружинних платформ, досягли найбільших позитивних змін у показниках точності прицілювання на 8,5 мм, утриманні точки прицілювання в крузі діаметром 20 мм і тривалості утримання лука в розтягнутому стані на 4,5 с. Спортсмени контрольної групи (К-1), що тренувалися згідно зі „звичними” планами підготовки у спеціально-підготовчому періоді річного циклу, мали незначний приріст величин параметрів спеціальної підготовленості, які аналізуються.

Статистичний аналіз із використанням t-критерію Стьюдента показав, однак, що тільки окремі показники підготовленості мали значущий приріст при достовірності 95%. Визначено, що статистично значущими виявилися зміни у показниках точності прицілювання для експериментальних груп Е-2 ($t_{\text{розр.}} 2,19 > t_{\text{табл.}} 2,18$) і Е-4 ($t_{\text{розр.}} 2,24 > t_{\text{табл.}} 2,18$), середньої стійкості в „10” також у групах Е-2 ($t_{\text{розр.}} 2,57 > t_{\text{табл.}} 2,18$) і Е-4 ($t_{\text{розр.}} 2,68 > t_{\text{табл.}} 2,18$), тривалості утримання точки прицілювання у крузі Ø 20 мм в експериментальній групі Е-1 ($t_{\text{розр.}} 2,20 > t_{\text{табл.}} 2,18$), тривалості утримання

лука в розтягнутому стані у групі E-3 ($t_{\text{розр.}} 2,21 > t_{\text{табл.}} 2,18$), силі м'язів лівої руки при спрямуванні зусилля вгору у групі E-3 ($t_{\text{розр.}} 2,23 > t_{\text{табл.}} 2,18$). У контрольній групі, незважаючи на певний приріст показників спеціальної підготовленості, в усіх випадках $t_{\text{розр.}}$ -критерій Стюдента виявився меншим за $t_{\text{табл.}}$ при достовірності 95%.

Найвжливішим було те, що застосування інструментальних засобів моделювання зовнішнього середовища виявило свою ефективність у вигляді статистично значущого рівня підвищення спортивної результативності після закінчення експерименту в усіх експериментальних групах E-1 – E-4 ($t_{\text{розр.}}$ - критерій Стюдента коливався в межах 2,49 – 3,94, що значно більше за $t_{\text{табл.}} 2,18$). В абсолютних значеннях зростання результативності виражався у підвищенні вартості улучення стріли в середньому на 0,07–0,08 очка (дистанція 70м) у групах E1–E3 і 0,02 очка у групі E-2. У контрольній групі аналогічний приріст становив 0,01 очка (рис.5.21).

Ефективність запропонованих методик також перевірялася й у пролонгованих спостереженнях результативності в офіційних змаганнях після застосування експериментальних чинників. Виявлено, що практично всі запропоновані засоби і методи позитивно вплинули на зростання результативності, хоча характер їх впливу є різним (рис. 5.22). Зокрема, спостерігається стрімкий ріст результативності після використання комп'ютерного пристрою відтворення вітрової ситуації (E-2) та механічного комбінованого маятника (E-1). Проте, у групах спортсменів, щовикористовували комп'ютерний пристрій (E-2), зростання відбувається не тільки на першому змаганні, але і на другому і третьому при незначному зменшенні результату на четвертому. Умови, створені під час застосування механічного пристрою (E-1), не дають стійкого позитивного ефекту зростання, хоча зміни є статистично суттєвими порівняно з початковим рівнем ($\alpha=0,95$). Незначне, але стійке і статистично суттєве зростання відбувається в умовах використання гіпергравітаційного костюма (E-3). При цьому паралельно підвищувався рівень силової витривалості лучників.

Застосування нестійких пружинних платформ має помітний позитивний ефект при їх цілеспрямованому використанні впродовж не менше ніж двох мікроциклів. Менший період використання розробленої методики може призвести і до незначного погіршення спортивної результативності лучників високої кваліфікації.

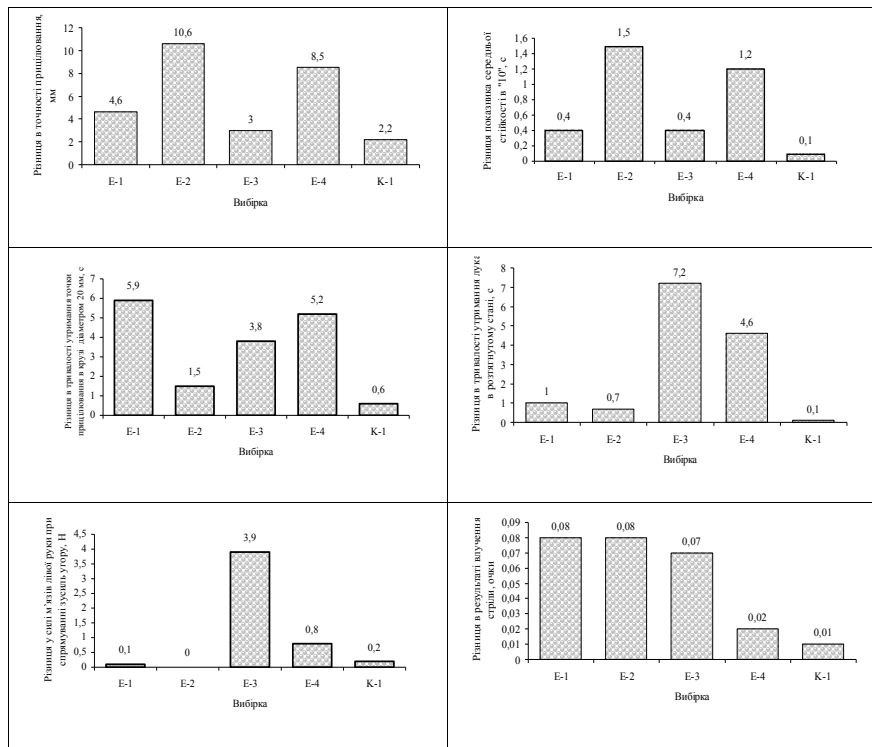


Рис. 5.21. Зміна величин параметрів спеціальної підготовки та результативності до та після педагогічного експерименту в різних вибірках

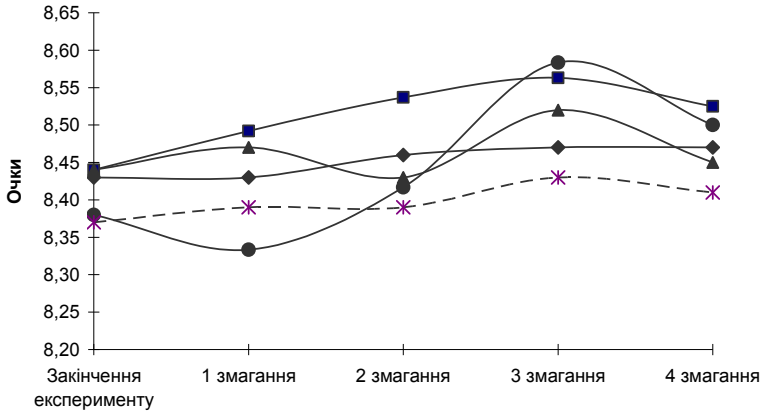


Рис. 5.22. Динаміка спортивної результативності лучників під час використання різних умов моделювання зовнішнього середовища:

- ▲ – використання механічного комбінованого маятника;
- – використання пристрою для відтворення вітрових ситуацій;
- ◆ – використання гіпергравітаційного костюма;
- – використання нестійких пружинних платформ;
- ж – без використання пристроїв

На основі теоретичного аналізу, практичного досвіду організації процесу підготовки висококваліфікованих спортсменів й у результаті багатолітніх досліджень отримано значний масив наукового матеріалу, який стосується формування й удосконалення спеціальної підготовленості стрільців високої кваліфікації. Загальнонаукові теоретичні положення, фундаментальні знання з теорії систем, керування, біомеханіки, теорії спорту, викладені у працях провідних фахівців, стали основою формування науково-практичної проблематики досліджень, робочої гіпотези, мети, завдань, методології і основних методів монографічного дослідження. Основні напрями досліджень пов'язані зі становлення закономірностей підвищення спеціальної підготовленості стрільців високої кваліфікації, що є необхідною умовою зростання спортивної результативності. Вказується на те, що моделювання процесу спеціальної підготовки і підготовленості на сьогоднішньому етапі розвитку науки є одним із найперспективніших механізмів керування ними.

Аналіз сучасного стану науково-методичного забезпечення процесу підготовки та підвищення рівня спеціальної підготовленості стрільців виявив важливість формалізації керування у стрілецькому спорті, визначив роль і місце моделювання, контролю, інформаційного забезпечення системи підготовки спортсменів високої кваліфікації. Основним підсумком першого розділу монографії є положення про те, що, враховуючи специфічність спортивної діяльності, динамічність і неоднозначність ситуаційних обставин, неповноту характеристик, відсутня цілісна система поетапного вдосконалення спеціальної підготовленості висококваліфікованих лучників, яка би мала широке застосування у практиці підготовки спортсменів. Обґрунтовано доцільність і перспективність проведення досліджень у напрямку створення концептуальної та локальних моделей підвищення рівня спеціальної підготовленості й удосконалення процесу підготовки стрільців, моделі спортивної результативності (змагальної діяльності), біомеханічних моделей спортивної техніки, моделей взаємозв'язків функціонування антропотехнічної сис-

теми “лучник – лук”, поєднання результатів інструментальних досліджень із педагогічним оцінюванням техніки виконання пострілу.

Однією з особливостей науково-методичного забезпечення системи підготовки висококваліфікованих спортсменів є накопичення великого обсягу різнозначної та неструктурованої інформації, що не сприяє її використанню у практиці. Дієвим засобом усунення зазначеної проблеми є розробка теоретичних закономірностей і практичних методів систематизації, обробки, створення моделей процесів та об'єктів спортивної діяльності. В монографії підкреслено, що важливим є визначення співвідношень загальних закономірностей спортивної підготовки та специфічних моментів функціонування антропотехнічної системи “лучник – лук”, тобто встановити між ними логічний зв'язок і прикладну субординацію.

Теоретичним підґрунтям нашого дослідження є загальний алгоритм розв'язання наукової проблеми у визначеній послідовності. Спочатку (1 етап) встановлено абсолютний і відносний рівні спортивної результативності найсильніших стрільців світу на сучасному етапі розвитку стрільби з лука, проаналізовано поля розсіювання влучень у мішень, встановлено кількісний зв'язок між величинами розсіювання й абсолютним результатом, запропоновано єдиний показник величини влучення (середній очковий результат однієї стріли), діагностовано рівень технічної підготовленості залежно від характеру полів розсіювання влучень. На другому етапі запропоновано низку моделей, які характеризують технічну підготовленість висококваліфікованих стрільців, при цьому основний акцент зроблено на аналізі біомеханічних параметрів спортивної техніки, позаяк існує можливість точного опису таких параметрів. У цьому етапі запропоновано загальну біомеханічну модель антропотехнічної системи “лучник – лук”, морфо-топографічну структуру цілісного пострілу, зовнішню (кінематичну) і внутрішню (електроміографічну) моделі виконання пострілу з лука, модель впливу зовнішніх факторів-завад на технічну підготовленість стрільця. Третій етап дослідження характеризувався обґрунтуванням інноваційних засобів контролю та діагностики якості функціонування антропотехнічної системи “лучник – лук” і компонентів спеціальної підготовленості висококваліфікованих стрільців. Зокрема, розроблено загальну схему інноваційного контролю підготовленості стрільців, варіанти діагностики коливальних процесів зброї під час і після виконання пострілу, технічний спо-

сіб контролю якості зброї, комп'ютерну методикау оптимального відбору стріл, моделі опорних взаємодій тіла лучника в умовах збереження змагальної стійки. Позаяк технічна підготовленість безпосередньо залежить і від спеціальної фізичної підготовленості, на четвертому етапі виконання алгоритму дослідження запропоновано загальну модель спеціальної фізичної підготовленості, кореляційні та регресійні моделі компонентів спеціальної підготовленості, модель спеціальної координатії стрільців. На цьому етапі відібрано необхідні параметри підготовленості й установлено кількісні співвідношення між рівнем їх розвитку й абсолютним спортивним результатом. До одного з найважливіших етапів дослідження слід зарахувати наступний п'ятий, у якому обґрунтовано концептуальну модель удосконалення спортивної підготовленості, можливість застосування умов штучно створеного зовнішнього середовища як ефективного методичного підходу до вдосконалення спеціальної підготовленості, методик удосконалення підготовленості з використанням хвильових тренажерів, гіпергравітаційних умов, умов з нестійкими опорними платформами. Встановлено особливості змін параметрів підготовленості стрільців під впливом запропонованих методик. Заключний етап алгоритму визначався оптимізацією структурних компонентів процесу підготовки висококваліфікованих стрільців, де передбачено запровадження планування спеціального експерименту, застосування графічних комп'ютерних моделей під час удосконалення спеціальної підготовленості стрільців.

Отже, здійснено спробу комплексного вирішення проблеми поліпшення ефективності керування і як результат – підвищення спеціальної підготовленості і спортивного результату з використанням запропонованого алгоритму й відповідного модельного представлення. При цьому взаємодія моделей різних рівнів ієрархії здійснювалася шляхом перерахунку характеристик, отриманих на одному рівні, в параметри моделі, що використовується на іншому (вищому) рівні.

Однією з найважливіших результатів наукової роботи є розробка й апробація на практиці підготовки висококваліфікованих лучників і визначення ефективності інноваційної комплексної методики удосконалення спеціальної підготовленості лучників високої кваліфікації. Особливостями і перевагами запропонованої методики є застосування спеціальних штучно створених керованих педагогічних умов підготовки лучників, використання сучасних спеціалізованих комп'ютеризованих

вимірювально-діагностичних комплексів для отримання необхідної інформації під функціонування антропотехнічної системи “лучник – лук”, оптимізація спеціалізованих тренувальних навантажень без збільшення їх загальних обсягів і часу. Методика поєднує три взаємодоповнювальні блоки, характер впливу яких на організм стрільця і його спеціальну підготовленість є різним. Перший основний блок – безпосереднього впливу – складається з трьох педагогічних модулів впливу у формі створення умов віторових навантажень, гіпергравітації, нестійкості нижньої опори тіла. Кожен із трьох педагогічних модулів передбачає використання комплексу тренажерів чи тренажерних пристроїв з можливістю регулювання відповідних навантажень, способів, обсяг та інтенсивність впливів, варіанти контролю адаптаційних змін організму і спеціальної підготовленості, очікуваний ефект від упровадження у тренувальний процес.

Іншим напрямком загальної методики вдосконалення спеціальної підготовленості лучників є застосування інноваційних способів контролю і діагностики для моніторингу динаміки параметрів функціонування антропотехнічної системи “лучник – лук” на базі спеціально розроблених вимірювально-діагностичних комплексів. Запропоновано комплекси для діагностування складних коливальних процесів зброї (акселерометричний комп’ютерний комплекс і відповідна математична обробка отриманих сигналів), якості спільного функціонування підсистем антропотехнічної системи “стрілець – зброя” (імпульсний електромагнітний комплекс і відповідна інтегратія показників швидкості стріли на початку етапу зовнішньої балістики), полів розсіювання влучень (відповідний алгоритм і комп’ютерна програма його реалізації), взаємодій з нижньою опорою (двостопова стабілографічна платформа і відповідні моделі розподілу статичних навантажень на неї).

Проведено відповідні експерименти для визначення ефектів від упровадження зазначених інноваційних вимірювально-діагностичних комплексів у практику.

Ще одним напрямком підвищення спеціальної підготовленості високваліфікованих лучників є визначення оптимальних співвідношень під час застосування тренувальних навантажень різної спрямованості і спеціалізованості. За допомогою відповідних статистичних алгоритмів, а також відповідного графічного представлення сформовано закономірності, на яких ґрунтуються рекомендації для раціонального використання тренувальних і змагальних вправ у спеціальнопідготовчому

періоді річного циклу. Ефектом від упровадження став факт підвищення спеціальної підготовленості стрільців без збільшення додаткового обсягу тренувальних навантажень, зникнення або мінімізація негативного перенесення у процесі підвищення рівня розвитку окремих компонентів спеціальної підготовленості, підвищення спортивної результативності без використання складних тренажерів.

Ми встановили різні позитивні сторони після використання напрямів удосконалення спеціальної підготовленості, проте зазначимо, що практично кожна методика забезпечила зростання спортивного результату, яке залежало від кваліфікації експериментальних груп, що доцільно визначати абсолютною очковою різницею, необхідною для досягнення максимально можливого спортивного результату, дистанції стрільби та самої методики. В абсолютному вираженні ефект від упровадження становив у межах від 1 і до 15 очок в основній змагальній виправі лучників FITA-1 для спортсменів, які показують результат більший ніж 1220 очок.

1. Агашин М.Ф. Системный подход к созданию унифицированного оборудования для тренировки и тестирования спортсменов / М.Ф. Агашин, А.С. Кахидзе // Современный олимпийский спорт и спорт для всех : тез. докл. VII Междунар. науч. конгр. – М., 2003. – Т. 2. – С. 229 – 230.
2. Адаптация спортсменов к выполнению специфических статических нагрузок / Белоцерковский З.Б., Любина Б.Г., Кочина Н.Г. [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 7. – С. 46 – 48.
3. Актуальні проблеми науково-методичного забезпечення підготовки збірної команди України зі стрільби з лука / Виноградський Б.А., Заневський І.П., Киселевич А.Г., Сидорук В.В. // Актуальні проблеми фізичної культури і спорту : зб. наук. пр. – К., 2003. – С. 61 – 68.
4. Амосов Н.А. Моделирование сложных систем / Н.А. Амосов. – К. : Наук. думка, 1968. – 212 с.
5. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем / П.К. Анохин. – М. : Медицина, 1975. – 446 с.
6. Анохин П.К. Узловые вопросы функциональной системы / П.К. Анохин. – М. : Наука, 1980. – 196 с.
7. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посіб. / Ахметов Р.Ф. – Житомир : ЖДУ, 2004. – 124с.
8. Ахметов Р.Ф. Теоретико-методичні основи управління системою багаторічної підготовки спортсменів швидкісно-силових видів спорту (на матеріалі дослідження стрибків у висоту) : автореф. дис. ... д-ра наук з фіз. виховання і спорту спец. : 24.00.01 “Олімпійський і професійний спорт” / Ахметов Рустам Фагімович. – К., 2006. – 39с.
9. Бажин И.И. Исследование систем управления / И.И. Бажин. – Харьков : Консум, 2004. – 236 с.
10. Байдиченко Т.В. Техническая подготовленность стрелков из лука и методы ее совершенствования : автореф. дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.04 “Теория и методика физ. воспитания, спорт. тренировки и оздоровит. физ. культуры” / Байдиченко Татьяна Владимировна. – М., 1989. – 26 с.

11. Баландин В.И. Прогнозирование в спорте / В.И. Баландин, Ю.М. Блудов, В.А. Плахтиенко. – М. : Физкультура и спорт, 1986. – 193 с.
12. Балов А.Ш. Основы баллистики стрельбы из лука / А.Ш. Балов. – М. : Воен.-полит. акад., 1975. – 92 с.
13. Батороев К.Б. Аналогии и модели в познании / К.Б. Батороев. – Новосибирск : Наука, 1981. – 320 с.
14. Бернштейн Н.А. Моделирование в биологии / Н.А. Бернштейн. – М. : Медгиз, 1963. – 108 с.
15. Бернштейн Н. А. О ловкости и ее развитии / Н.А. Бернштейн. – М. : Физкультура и спорт, 1991. – 288 с.
16. Биомеханические аспекты энергетики спортивных движений : сб. науч. тр. / под ред. В.М. Зацюрского. – М. : ГЦОЛИФК, 1984. – 110 с.
17. Биомеханические технологии подготовки спортсменов / И.П. Ротов, Г.И. Попов, А.А. Логинов, Б.В. Шпонин. – М. : Физкультура и спорт, 2001. – 120 с.
18. Бирюк А.В. Портативный электронный динамометр / Бирюк А.В., Ермаков В.А. // Теория и практика физической культуры. – 1995. – № 2. – С. 54 – 55.
19. Біомеханіка спорту : [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. з фіз. виховання і спорту] / А.М. Лапутін, В.В. Гамалій, О.А. Архипов [та ін.]; за заг. ред. А.М. Лапутіна. – К. : Олімпійська література, 2001. – 319 с.
20. Блажис А.К. Телемедицина / А.К. Блажис, В.А. Дюк. – СПб. : СпецЛит, 2000. – 154 с.
21. Блацак И.М. Точность ударов по воротам в соревнованиях и тренировках футболистов и факторы ее определяющие : автореф. дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.04 “Теория и методика физ. воспитания, спорт. тренировки и оздоровит. физ. культуры” / Блацак Игорь Михайлович. – М., 1991. – 22 с.
22. Богданов А.И. Специальная подготовка стрелка из лука / А.И. Богданов. – М. : Физкультура и спорт, 1971. – 56 с.
23. Богіно В.Г. Багатофакторний аналіз результатів стрільби у мішень / В.Г. Богіно, Б.А. Виноградський // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2002. – № 21. – С. 26 – 35.
24. Богіно В.І. Аналіз розвитку виду спорту з використанням інформаційних технологій / В.І. Богіно, О.Г. Петрова // Олімпійський спорт і спорт для всіх : тези доп. ІХ Міжнар. наук. конгр. – К., 2005. – С. 223.

25. Болобан В.Н. Система обучения движениям в сложных условиях поддержания стагодинамической устойчивости : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : спец. 13.00.04 "Теория и методика физ. воспитания, спорт. тренировки и оздоровит. физ. культуры" / Болобан Виктор Николаевич. – Киев, 1990. – 45 с.

26. Болобан В. Стабилография : достижения и перспективы / Виктор Болобан, Татьяна Мистулова // Наука в олимпийском спорте. – 2000. – Спец. вып. – С. 5 – 13.

27. Бондарчук А.П. Объем тренировочных нагрузок и длительность цикла развития спортивной формы / А.П. Бондарчук // Теория и практика физической культуры. – 1989. – № 8. – С. 18 – 20.

28. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере : для профессионалов / В. Боровиков. – СПб. : Питер, 2003. – 688 с.

29. Бретз К. Устойчивость равновесия тела человека : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : спец. 13.00.04 "Теория и методика физ. воспитания, спорт. тренировки и оздоровит. физ. культуры" / Бретз Кароли. – Киев, 1997. – 39 с.

30. Бударин О.Д. Лук-тренажер / О.Д. Бударин // Разноцветные мишени. – М., 1986. – С. 81 – 83.

31. Булатова М.М. Теоретико-методические основы реализации функциональных резервов спортсменов в тренировочной и соревновательной деятельности : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : спец. 13.00.04 "Теория и методика физ. воспитания, спорт. тренировки и оздоровит. физ. культуры" / Булатова Марина Михайловна. – Киев, 1996. – 50 с.

32. Булгакова Н. Плавание в XXI : прогнозы и перспективы / Н. Булгакова, Попов О., Партыка Л. // Наука в олимпийском спорте. – 2003. – № 1. – С. 134 – 142.

33. Булкин В.А. Оперативная оценка готовности спортсменов к предстоящей тренировочной деятельности / В.А. Булкин // Теория и практика физической культуры. – 1996. – № 6. – С. 40 – 45.

34. Булкин В.А. Педагогическая диагностика как фактор управления двигательной деятельностью спортсменов : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : спец. 13.00.04 "Теория и методика физ. воспитания и спорт. тренировки" / Булкин Валентин Алексеевич. – М., 1987. – 43 с.

35. Булкин В.А. Теоретические концепции управления тренировочным процессом в спорте высших достижений / В.А. Булкин //

Тенденции развития спорта высших достижений : сб. науч. тр. / сост. Б.Н. Шустин. – М., 1993. – С. 57 – 62.

36. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М. : Наука, 1988. – 400 с.

37. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики / Н.Н. Бухгольц. – М. : Наука, 1962. – Ч. 1. – 468 с.

38. Вайнштейн Л.А. Разделение частот в теории колебаний и волн / Л.А. Вайнштейн, Д.Е. Вакман. – М. : Наука, 1983. – 288 с.

39. Вайцеховский С.М. Система спортивной подготовки пловцов к Олимпийским играм : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : спец. 13.00.04 “Теория и методика физ. воспитания и спорт. тренировки” / Вайцеховский Сергей Михайлович. – М., 1985. – 52 с.

40. Вельган Р. Моделирование систем при проектуванні / Р. Вельган, Р. Віблій, О. Івахів // Сучасні проблеми засобів телекомунікації, комп’ютерної інженерії та підготовки спеціалістів : міжнар. наук.-техн. конф., 23 – 28 лют. 1998 р. – Л., 1998. – С. 72.

41. Веников В.А. Теория подобия и моделирования / В.А. Веников. – М. : Высш. шк., 1986. – 480 с.

42. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М. : Наука, 1988. – 480 с.

43. Верхошанский Ю.В. Актуальные проблемы современной теории и методики спортивной тренировки / Ю.В. Верхошанский // Теория и практика физической культуры. – 1993. – № 8. – С. 21 – 28.

44. Верхошанский Ю.В. Горизонты научной теории и методологии спортивной тренировки / Ю.В. Верхошанский // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 7. – С. 43.

45. Верхошанский Ю.В. На пути к научной теории и методологии спортивной тренировки / Ю.В. Верхошанский // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 2. – С. 21 – 27.

46. Верхошанский Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю.В. Верхошанский. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 329 с.

47. Верхошанский Ю.В. Программирование и организация тренировочного процесса / Ю.В. Верхошанский. – М. : Физкультура и спорт, 1985. – 187 с.

48. Виноградов П. А. Спорт в мире информации / П. А. Виноградов, В. А. Савин // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 11. – С. 59 – 62.

49. Виноградский Б. А. Акселерометрическая система контроля качества лука / Б. А. Виноградский, В. Ю. Михайлишин, И. М. Романишин // Наука в олимпийском спорте. – 2002. – № 3 – 4. – С. 38 – 44.

50. Виноградский Б. А. Анализ акселерометрических данных в информационно-измерительной системе контроля настройки лука / Виноградский Б. А., Михайлишин В. Ю., Романишин И. М. // Искусственный интеллект : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Таганрог; Донецк, 2002. – Т. 2. – С. 140 – 147.

51. Виноградский Б. А. Анализ акселерометрических данных при оптимизации системы “лук-стрелок” / Б. А. Виноградский, В. Ю. Михайлишин, И. Н. Романишин // Труды ОПУ : науч. и производств. сб. по техн. и естеств. наукам. – Одесса, 2001. – Вып. 3. – С. 221 – 226.

52. Виноградский Б. А. К построению информационно-измерительной системы контроля качества настройки лука / Виноградский Б. А., Романишин И. М. // Научно-методические и практические аспекты подготовки специалистов в современном техническом вузе : сб. науч. тр. междунар. науч.-метод. конф. – Белгород, 2003. – Направление 4, ч. 1. – С. 26 – 36.

53. Виноградский Б. А. Состояние и перспективы развития спортивной стрельбы из лука в мире : анализ результатов XXVIII Олимпийских игр в Афинах / Богдан Виноградский // Наука в олимпийском спорте. – 2005. – № 2. – С. 60 – 68.

54. Виноградский Б. А. Специфика системы комплексного педагогического контроля в стрельбе из лука / Б. А. Виноградский // Человек в мире спорта : новые идеи, технологии, перспективы : тез. докл. междунар. конгр. – М., 1998. – Т. 1. – С. 256 – 257.

55. Виноградський Б. А. Теоретико-методичний аспект моделювання спеціальної підготовленості лучників / Виноградський Б. А., Івашко М. В. // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві : зб. наук. пр. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. – Луцьк, 1999. – С. 935 – 939.

56. Виноградський Б. А. Варіанти визначення інтегральної оцінки станів складних антропотехнічних систем в спорті / Виноградський Б. А. // Кінезіологія в системі культури : матеріали міжрегіон. наук. конф. – Івано-Франківськ, 2001. – С. 44 – 45.

57. Виноградський Б.А. Варіанти контролю якості спортивного лука / Богдан Виноградський // Збірник наукових статей II Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 70-річчю утворення Міжнародної федерації стрільби з лука – FITA. – Л., 2001. – С. 4 – 9.

58. Виноградський Б.А. Варіанти та ефективність застосування засобів гравітаційного тренування в процесі підготовки висококваліфікованих лучників / Виноградський Б.А. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2007. – № 2. – С. 20 – 25.

59. Виноградський Б.А. Вдосконалення варіантів системи проведення змагань в стрільбі з лука / Богдан Виноградський // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2003. – Вип. 7, т. 3. – С. 217 – 224.

60. Виноградський Б.А. Вдосконалення процесу підготовки пожежників-двоборців високої кваліфікації на основі використання індивідуальних моделей спеціальної підготовленості / Виноградський Б.А., Лац В.А. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2004. – № 13. – С. 20 – 29.

61. Виноградський Б.А. Використання методу безперервної пульсометрії у тренуванні лижників-ветеранів / Виноградський Б.А., Крупський В.П. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2003. – № 24. – С. 24 – 30.

62. Виноградський Б.А. Ефективність практичного використання автоматизованої методики оптимального відбору стріл / Богдан Виноградський, Олексій Куртяк // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2005. – Вип. 9, т. 1. – С. 219 – 225.

63. Виноградський Б.А. Інформаційні технології аналізу систем у стрілецькому спорті / Б.А. Виноградський, В.Ю. Михайлишин, І.М. Романишин // Системний аналіз та інформаційні технології : зб. тез доп. III Міжнар. наук. – практ. конф. студ., аспірантів та молодих вчених / уклад. А.О. Михайлюк. – К., 2001. – Ч. 2. – С. 35 – 39.

64. Виноградський Б.А. Комп'ютерно-вимірювальний комплекс хронометрування техніко-тактичних дій стрільців у швидкісних стрілецьких вправах / Виноградський Б.А., Ковальчук А.М. // Педагогіка, психологія

та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2001. – № 12. – С. 3 – 8.

65. Виноградський Б.А. Математична модель м'язових навантажень при виконанні роботи динамічного і статичного характеру в стрільбі з лука / Богдан Виноградський // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2005. – № 2 – 3. – С. 92 – 95.

66. Виноградський Б.А. Методика гравітаційного тренування в системі підготовки лучників високої кваліфікації / Виноградський Б.А., Нікітенко Ю.Ю. // Стрілецька підготовка в олімпійських видах спорту : матеріали II Всеукр. наук.-метод. конф. – Л., 2004. – С. 21 – 25.

67. Виноградський Б.А. Методика побудови процесу підготовки спортсменів на основі використання процедур симплексно-центроїдних планів / Богдан Виноградський // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2006. – Вип. 10, т.2. – С. 61 – 74.

68. Виноградський Б.А. Моделі спеціальної фізичної підготовленості лучників високої кваліфікації / Виноградський Б.А. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2005. – № 11. – С. 10 – 20.

69. Виноградський Б.А. Моделювання параметрів специфічних координатних якостей лучників / Богдан Виноградський // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2005. – № 4. – С. 66 – 71.

70. Виноградський Б.А. Моделювання середовища зовнішніх умов як засіб вдосконалення спортивної майстерності лучників високої кваліфікації / Виноградський Б.А. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2004. – № 6. – С. 9 – 17.

71. Виноградський Б.А. Моделювання складних біомеханічних систем і його реалізація в спорті / Б.А. Виноградський. – Л. : ЗУКЦ, 2007. – 284 с.

72. Виноградський Б.А. Перспективи розвитку біомеханіки у світлі ідей професора Лапутіна А.М. / Б.А. Виноградський, А.О. Лопатєв // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка. – Чернігів, 2008. – № 45. – С. 29 – 33.

73. Виноградський Б.А. Планування експерименту як різновид моделювання тренувального процесу лучників високої кваліфікації / Виноградський Б.А. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні пробле-

ми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2006. – № 1. – С. 19 – 24.

74. Виноградський Б.А. Рейтингова оцінка спортивної майстерності лучників / Б.А. Виноградський // Стрілецька підготовка в олімпійських видах спорту : [зб. наук. ст. в галузі фіз. виховання і спорту]. – Л., 1999. – С. 22 – 34.

75. Виноградський Б.А. Системна модель процесу підготовки спортсменів у стрілецькому спорті / Богдан Виноградський // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2004. – № 1. – С. 57 – 60.

76. Виноградський Б.А. Системна модель формування спортивного результату / Богдан Виноградський // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2004. – Вип. 8, т. 1. – С. 79 – 84.

77. Виноградський Б.А. Структурне комп'ютерне моделювання складних біомеханічних систем в спорті / Богдан Виноградський // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2004. – № 2. – С. 132 – 135.

78. Виноградський Б.А. Сучасні підходи до розробки моделей спеціальної фізичної підготовленості лучників / Виноградський Б.А. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2005. – № 17. – С. 3 – 12.

79. Виноградський Б.А. Тенденція розвитку сучасного п'ятиборства на зламі тисячоліть / Богдан Виноградський, Павло Зайдовий // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2000. – Вип. 4. – С. 106 – 109.

80. Виноградський Б.А. Теоретико-методичний аспект моделювання спеціальної підготовленості лучників / Б.А. Виноградський, М.В. Івапко // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві : зб. наук. пр. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. – Луцьк, 1999. – С. 935 – 939.

81. Виноградський Б.А. Теоретико-методичні аспекти контролю та аналізу кінематичних параметрів системи “лучник – лук” / Богдан Виноградський // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2001. – Вип. 5, Т. 1. – С. 301 – 305.

82. Виноградський Б.А. Теоретико-методичні засади застосування пристрою для відтворення вітрової ситуації у процесі підготовки лучників / Виноградський Б.А. // Педагогіка, психологія та медико-

біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2004. – № 7. – С. 21 – 27.

83. Виноградський Б.А. Теоретико-методичні основи моделювання біомеханічної системи “лучник – лук” / Виноградський Б.А. // Теорія та методика фізичного виховання. – 2007. – № 8. – С. 11 – 16.

84. Виноградський Б.А. Теоретико-методичні проблеми комплексного контролю, пошуку інформації і прийняття рішення в спорті / Богдан Виноградський // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2002. – Вип. 6, Т. 2. – С. 58 – 66.

85. Виноградський Б.А. Удосконалення інформаційного забезпечення системи підготовки у лучному спорті / Богдан Виноградський // Олімпійський спорт і спорт для всіх : тези доп. ІХ Міжнар. наук. конгр. – К., 2005. – С. 228.

86. Виноградський Б.А. Шляхи підвищення ефективності навчально-тренувального процесу у стрілецькій підготовці співробітників органів внутрішніх справ України / Виноградський Б.А., Ковальчук А.М. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2001. – № 13. – С. 36 – 45.

87. Винаградскі Б. Тэхналогіі аптымальнага кіравання складанымі антрапатэхнічнымі сістэмамі у стралковым спорце / Багдан Винаградскі // Олимпийский спорт и спорт для всех : тез. V Междунар. конгр. – Минск, 2001. – С. 103.

88. Волжанин С.Д. Измерительно-компьютерный комплекс для контроля техники стрельбы из лука / С.Д. Волжанин, М.А. Джафаров, И.Ф. Заневский // Научно-методическое и медико-биологическое обеспечение физкультурно-оздоровительной и спортивной работы : тез. докл. обл. науч.-практ. конф. – Днепропетровск, 1990. – Ч. 2. – С. 9 – 11.

89. Волжанин С.Д. Экспертная система оптимизации биомеханических параметров в стрельбе из лука / С.Д. Волжанин, М.А. Джафаров, И.Ф. Заневский // Всесоюзная научная конференция по проблемам олимпийского спорта : тез. докл. – М., 1991. – С. 7 – 8.

90. Волжанін С.Д. Система відеокомп'ютерного аналізу техніки стрільби з лука / С.Д. Волжанін // Фізична культура та спорт – важливий фактор виховання особистості та зміцнення здоров'я населення : тези звіг. наук.-практ. конф. викладачів ЛДІФК за 1993 р. – Л., 1994. – С. 50 – 58.

91. Воронков Р.М. Влияние некоторых наиболее распространенных ошибок на меткость стрельбы из лука / Р.М. Воронков // Разноцветные мишени. – М., 1982. – С.15 – 20.

92. Гамалий В.В. Спортивная техника как объект изучения в теории спорта / Владимир Гамалий // Наука в олимпийском спорте. – № 1. – 2004. – С. 25 – 30.

93. Гамалій В.В. Біомеханічні аспекти техніки рухових дій у спорті / В.В. Гамалій. – К.: Наук. світ, 2007. – 211 с.

94. Гитис Л.Г. Методика определения эквивалентных мышечных нагрузок при выполнении работы динамического и изометрического характера / Л.Г. Гитис, Б.А. Плетнев, В.Е. Хребто // Проблемы физического воспитания и спорта. – Магнитогорск, 1971. – Вып. 94. – С. 33 – 37.

95. Годик М.А. Контроль тренировочных и соревновательных нагрузок / М.А. Годик. – М.: Физкультура и спорт, 1980. – 136 с. – (Наука спорту).

96. Годик М.А. Спортивная метрология: учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.

97. Голомазов С.В. Кинезиология точностных действий человека / С.В. Голомазов. – М.: СпортАкадемПрес, 2003. – 228 с.

98. Гордиенко Г.А. Обработка выстрела / Г.А. Гордиенко, В.В. Сидорук // Разноцветные мишени. – М., 1980. – С. 43 – 49.

99. Горобец В.П. Прибор для измерения времени полета стрелы / В.П. Горобец // Электроника и спорт: тез. докл. всесоюз. конф. – Тула, 1983. – С. 43 – 44.

100. Городниченко Э.Г. Оценка работоспособности двигательного аппарата человека по показателям статической выносливости и импульса силы / Э.Г. Городниченко // Теория и практика физической культуры. – 1996. – № 8. – С. 46 – 47.

101. Губа В.П. Морфобиомеханические исследования в спорте / В.П. Губа. – М.: СпортАкадемПрес, 2000. – 120 с.

102. Гурфинкель В.С. Регуляция позы человека / В.С. Гурфинкель, Я.Н. Коц, М.Л. Шик. – М.: Наука, 1965. – 256 с.

103. Дембо А.Г. Врачебный контроль в спорте / А.Г. Дембо. – М.: Медицина, 1988. – 288 с.

104. Джафаров М.А. О некоторых полемических вопросах стрельбы из лука / М.А. Джафаров, М.К. Хускивадзе // Разноцветные мишени. – М., 1983. – С. 66 – 79.

105. Джафарова О.А. Компьютерные системы биоуправления : тенденции развития / О.А. Джафарова, М.Б. Штарк // Медицинская техника. – 2002. – № 1. – С. 34 – 35.

106. Диагностика морфофункциональных свойств стопы спортсменов / Анатолий Лапутин, Виталий Капуба, Владимир Гамалий, Константин Сергиенко // Наука в олимпийском спорте. – 2003. – № 1. – С. 67 – 74.

107. Діагностика координаційних компонентів цілеспрямованих рухів руки людини / К. Бретз, Б. Виноградський, А. Лопат'єв [та ін.] // Теорія та методика фізичного виховання. – 2008. – № 6. – С. 8 – 11.

108. Діагностика координаційних компонентів цілеспрямованих рухів руки людини / К. Бретз, Б. Виноградський, А. Лопат'єв [та ін.] // Теорія та методика фізичного виховання. – 2008. – № 6. – С. 8 – 11.

109. Дмитриев С.В. Донской Д.Д. и развитие отечественной биомеханики : от биоцентризма к психосемантике двигательных действий // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : сб. науч. тр. / под ред. С.С. Ермакова. – Харьков, 2002. – № 6. – С. 56 – 70.

110. Дмитриев С.В. Теоретико-методологический анализ информационного моделирования двигательных задач / С.В. Дмитриев // Теория и практика физической культуры. – 1985. – № 7. – С. 9 – 10.

111. Добровольский С.С. Теория и методические перспективы программирования технологий интенсифицированного формирования эффективных двигательных действий спринтерского бега в управляемых искусственных условиях : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Добровольский Сергей Славич. – М., 1996. – 350 с.

112. Донской Д.Д. Смысловое проектирование спортивных действий (от “модели объекта” к “модели проекта”) / Д.Д. Донской, С.В. Дмитриев // Теория и практика физ. культуры. – 1996. – № 1. – С. 51 – 56.

113. Друзь В.А. Моделирование процесса спортивной тренировки / В.А. Друзь. – К. : Здоров'я, 1976. – 96 с.

114. Дрюков В.О. Система побудови чотирирічних циклів підготовки спортсменів високого класу до Олімпійських ігор (на матеріалі сучасного п'ятиборства) : автореф. дис. ... д-ра наук з фіз. виховання і спорту : спец. 24.00.01 “Олімпійський і професійний спорт” / Дрюков Володимир Олексійович. – К., 2002. – 39 с.

115. Дрюков В. Система построения четырехлетних циклов подготовки спортсменов высокого класса к Играм Олимпиады в современ-

ном пятиборье / Владимир Дрюков // Наука в олимпийском спорте. – 2003. – № 1. – С. 14 – 22.

116. Дулібський А.В. Моделювання тактичних дій у процесі підготовки юнацьких команд з футболу : автореф. дис. ... канд. наук з фіз. виховання і спорту : спец. 24.00.01 “Олімпійський і професійний спорт” / Дулібський Андрій Васильович. – К., 2001. – 19 с.

117. Дюк В.А. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях / В.А. Дюк, В.Л. Эмануэль. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.

118. Дюк В.А. Обработка данных на ПК в примерах / В.А. Дюк. – СПб.: Питер, 1997. – 240 с.

119. Евсеев С.П. Теория и методика формирования двигательных действий с заданным результатом : дис. ... д-ра пед. наук (в виде науч. докл.) : 13.00.04 / Евсеев Сергей Петрович. – М., 1995. – 79 с.

120. Ермаков С.С. Модели рабочих поз спортсмена как фактор эффективности выполнения двигательных действий / С.С. Ермаков // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : сб. науч. тр. / под ред. С.С. Ермакова. – Харьков, 2001. – № 4. – С. 16 – 22.

121. Ермаков С.С. Педагогические подходы в обучении сложным техническим приемам юных волейболистов (анализ педагогической литературы) / С.С. Ермаков // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : сб. науч. тр. / под ред. С.С. Ермакова. – Харьков, 2001. – № 2. – С. 32 – 42.

122. Ермаков С.С. Навчання техніці ударних рухів у спортивних іграх на основі їх комп'ютерних моделей та нових тренажерних пристроїв : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : спец. 24.00.01 “Олімпійський і професійний спорт” / Ермаков Сергій Сидорович. – К., 1997. – 46 с.

123. Жалдак М.І. Теорія ймовірностей і математична статистика з елементами інформаційної технології / М.І. Жалдак, Н.М. Кузьміна, С.Ю. Берлінська. – К.: Вища школа, 1995. – 351 с.

124. Жбанков О.В. Компьютеризованная система как средство управления психофизическим состоянием спортсмена / О.В. Жбанков, А.Н. Лебязьев // Теория и практика физ. культуры. – 1994. – № 11. – С. 46 – 48.

125. Жбанков О.В. Методология формирования информационного пространства процесса физического воспитания / О.В. Жбанков // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 6. – С. 25 – 26, 39 – 40.

126. Жилина М.Я. Построение тренировочного процесса квалифицированных стрелков на основе программирования тренировочной

нагрузки / М.Я. Жилина // Теория и практика физической культуры. – 1995. – № 3. – С. 40 – 42.

127. Жинкин Н.Д. Модельные характеристики технической и физической подготовленности квалифицированных пловцов-бассистов : автореф. дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.04 “Теория и методика физ. воспитания и спорт. тренировки” / Жинкин Николай Дмитриевич. – М., 1986. – 25 с.

128. Загоруйко Л.В. Семантичний підхід до створення просторових нейронних мереж / Л.В. Загоруйко, Л.І. Тимченко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. – № 1. – С. 23 – 29.

129. Зайцев А. А. К феноменологической теории восстановительного периода живого организма / А.А. Зайцев, С.В. Сазонов // Биофизика. – 1997. – Т. 42, вып. 2. – С. 521 – 526.

130. Заневский И.Ф. Изгиб плеча спортивного лука / И.Ф. Заневский // Теория и практика физической культуры. – 1993. – № 1. – С. 37 – 38.

131. Заневский И. Ф. К расчету плеча спортивного лука / И.Ф. Заневский // Сопротивление материалов и теория сооружений. – К., 1990. – Вып. 57. – С. 96 – 97.

132. Заневський І.П. Аналіз системи “людина – метална зброя” на прикладі пострілу з лука / І.П. Заневський // Збірник науково-методичних праць Військового інституту Державного університету “Львівська політехніка”. – Л., 1998. – Вып. 4. – С. 41 – 50.

133. Заневський І.П. Імітаційне моделювання внутрішньої балістики стріли спортивного лука / І.П. Заневський // Автоматика-2000 : праці міжнар. конф. з управління. – Л., 2000. – С. 206 – 214.

134. Заневський І.П. Методика моделювання та аналізу характеристик пострілу зі спортивного лука : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.13.02 “Математичне моделювання в наукових дослідженнях” / Заневський Ігор Пилипович. – Л., 1996. – 40 с.

135. Заневський І.П. Моделювання рухів тіла стрільця з лука / І.П. Заневський // Фізична культура та спорт – важливий фактор виховання особистості та зміцнення здоров'я населення : тези звіт. наук. – практ. конф. викладачів ЛДІФК за 1993 р. – Л., 1994. – С. 54 – 56.

136. Заневський І.П. Моделювання рухів тіла стрільця з лука : розробка нових засобів та методів вдосконалення технічної майстерності : проміж. звіт Львів. держ. ін-ту фіз. культури / І.П. Заневський. – Інв. № 029.20005962. – Л., 1993. – 73 с.

137. Запорожанов В.А. Контроль в спортивной тренировке / В.А. Запорожанов. – К. : Здоров'я, 1988. – 144 с.

138. Запорожанов В.А. Прогнозирование и моделирование в спорте / В.А. Запорожанов, В.Н. Платонов // Теория спорта / под ред. В.Н. Платонова. – К. : Вища школа, 1987. – Гл. 23. – С. 350 – 371.

139. Зациорский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В.М. Зациорский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов. – М. : Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.

140. Зациорский В.М. Биомеханические аспекты сохранения равновесия человеком при внешних возмущающих воздействиях / В.М. Зациорский, Б.И. Прилуцкий. – М. : ГЦОЛИФК, 1984. – 49 с.

141. Зациорский В.М. Биомеханические основы выносливости / В.М. Зациорский, С.Ю. Алешинский, Н.А. Якунин. – М. : Физкультура и спорт, 1982. – 207 с.

142. Зациорский В.М. Кибернетика, математика, спорт / В.М. Зациорский. – М. : Физкультура и спорт, 1969. – 200 с.

143. Зациорский В.М. Операция сложения прицеливания в спортивной стрельбе / В.М. Зациорский, А.В. Актов // Физиологические, биохимические и биомеханические факторы, лимитирующие спортивную работоспособность : сб. науч. тр. – М., 1990. – С. 68 – 85.

144. Збірник наукових статей II Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 70-річчю утворення Міжнародної федерації стрільби з лука – FITA / упоряд. Б. Виноградський. – Л. : ЗУКЦ, 2001. – 52 с.

145. Зуев В.А. Программное моделирование систем / В.А. Зуев. – Новочеркасск : НПИ, 1992. – 108 с.

146. Зыков М.Б. Применение метода центральности стрельбы для оценки технической подготовленности спортсмена / М.Б. Зыков, В.Г. Саблин, Л.Л. Локшин // Разноцветные мишени. – М., 1981. – С. 52 – 56.

147. Иберла К. Факторный анализ / К. Иберла. – М. : Статистика, 1980. – 321 с.

148. Иванов В.В. Комплексный контроль в подготовке спортсменов / В.В. Иванов. – М. : Физкультура и спорт, 1987. – 256 с.

149. Иванов В. Педагогические и метрологические основы теории и методики измерений в спорте / В. Иванов // Человек в мире спорта : междунар. конгр. – М., 1998. – С. 51 – 52.

150. Иванова Л.С. Структура нагрузок : технология решений / Л.С. Иванова // Научно-спортивный вестник. – 1988. – № 3. – С. 34 – 37.

151. Ивойлов А.В. Помехоустойчивость движений спортсмена / А.В. Ивойлов. – М. : Физкультура и спорт, 1986. – 110 с.
152. Измерения и вычисления в спортивно-педагогической практике : учеб. пособие для вузов физ. культуры / В.П. Губа, М.П. Шестаков, Н.Б. Бубков, М.П. Борисенков. – М. : СпортАкадемПрес, 2002. – 211 с.
153. Импульсная система вихретокового неразрушающего контроля / А.В. Жук, Ю.А. Петрунин, А.А. Пугач [и др.] // Приборы и методы неразрушающего контроля : тез. докл. науч.-техн. конф. – К., 1989. – С. 16.
154. Информатизация отрасли “Физическая культура и спорт” и экспертные технологии (Сообщение первое) / Л.А. Хасин, С.Б. Бурьян, С.В. Минков, А.Б. Рафалович // Теория и практика физической культуры. – 1996. – № 4. – С. 7 – 11.
155. Информатизация отрасли “Физическая культура и спорт” и экспертные технологии (Сообщение второе) / Л.А. Хасин, С.Б. Бурьян, С.В. Минков [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 1996. – № 10. – С. 41 – 45.
156. Искусственный интеллект / под ред. Д.А. Поспелова. – М. : Радио и связь, 1990. – 304 с.
157. Исследование конструкций и технологии изготовления плеч спортивных луков из древесины и композиционных материалов : заключ. отчет Ленингр. лесотехн. акад. – Л., 1988. – 103 с.
158. Калиниченко А.Н. Тренажеры для подготовки лучников / А.Н. Калиниченко, А.Л. Прохоров // Передовой технический опыт и рационализация в физической культуре и спорте : экспресс-информ / ЦО-ОНГИ. – М., 1986. – Вып. 5 (17). – С. 7.
159. Калиниченко А.Н. Устройство для регистрации зрительных восприятий в стрельбе из лука / А.Н. Калиниченко // Передовой технический опыт и рационализация в физической культуре и спорте : экспресс-информ / ЦООНГИ. – М., 1986. – Вып. 5 (17). – С. 8.
160. Калиниченко Н.А. Методические советы по технической и тактической подготовке стрелка из лука / Н.А. Калиниченко. – К. : [б. и.], 1972. – 24 с.
161. Калиниченко Н.А. Нарушение координационной структуры спортивного навыка у стрелков из лука / Н.А. Калиниченко, А.Н. Калиниченко // Разноцветные мишени. – М., 1986. – С. 61 – 69.

162. Калиниченко Н.А. Учет тренировочных нагрузок в стрельбе из лука / Н.А. Калиниченко // Современная тренировка стрелка из лука : сб. науч. – метод. работ. – Львов : Вільна Україна, 1972. – С. 24 – 26.

163. Калініченко О.М. Вивчення особливостей утворення умовно-рефлекторних рухових актів в заключній фазі пострілу з лука на основі елекроміографії плечового пояса / О.М. Калініченко // Роль фізичної культури в здоровому способі життя : тези доп. всеукр. наук.-практ. конф. – Л., 1991. – Ч. 1. – С. 60.

164. Калініченко О.М. Дослідження причин розрізювання нейрохронометричних показників у стрільців із лука / О.М. Калініченко // Роль фізичної культури в здоровому способі життя : тези доп. всеукр. наук. – практ. конф. – Л., 1993. – Ч. 1. – С. 75 – 76.

165. Калініченко О.М. Корекція рухових навиків лучників методом внесення штучних змін в біомеханічну структуру їх змагальної діяльності / О.М. Калініченко // Роль фізичної культури в здоровому способі життя : тези доп. всеукр. наук.-практ. конф. – Л., 1992. – Ч. 3. – С. 88 – 89.

166. Калініченко О.М. Формування структури рухових дій стрільців з лука з використанням технічних засобів навчання : автореф. дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.04 / Калініченко Олександр Миколайович. – К., 1995. – 24 с.

167. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації : навч. посіб. / А.В. Катренко. – Л. : Новий світ, 2000. – 424 с.

168. Кашуба В.А. Биомеханика осанки : монография / В.А. Кашуба. – Киев : Олимпийская литература, 2002. – 278 с.

169. Козяр М.М. Основи влучної стрільби : навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Козяр М.М., Виноградський Б.А., Ковальчук А.М. – Л. : Сполом, 2008. – 108 с.

170. Козяр М. Професійно-стрілецька підготовка особового складу органів внутрішніх справ України у швидкісних стрілецьких вправах : навч. посіб. / М. Козяр, Б. Виноградський, А. Ковальчук. – Л. : Сполом, 2002. – 112 с.

171. Комплекс тренажеров для подготовки стрелков из лука. Ч. 4. Тренажер для развития точности перемещений правой руки стрелка и методика его использования : метод. рек. / Ф.К. Агашин, Е.П. Горбачев, Г.М. Петросян [и др.]. – М. : Физкультура и спорт, 1983. – 12 с.

172. Комплекс тренажеров для подготовки стрелков из лука. Ч. 5. Тренажер для обучения удерживанию вертикального расположения

лука при стрельбе : метод. рек. / Ф.К. Агашин, Е.П. Горбачев, Г.М. Петросян [и др.]. – М. : Физкультура и спорт, 1983. – 17 с.

173. Комплексный контроль и управление в спорте : теоретико-методические, технические и информационные аспекты (Сообщение первое) / А.И. Федоров, С.Б. Шарманова, О.А. Сиротин [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 9. – С. 25 – 26, 39 – 40.

174. Комплексный педагогический контроль в процессе управления спортивной тренировкой : сб. науч. тр. / гл. ред. Е.А. Грозин. – Л. : ЛНИИФК, 1984. – 125 с.

175. Коренберг В.Б. Основы спортивной кинезиологии : учеб. пособие / В.Б. Коренберг. – М. : Сов. спорт, 2005. – 232 с.

176. Коренберг В.Б. Спортивная метрология : словарь-справочник : учеб. пособие / В.Б. Коренберг. – М. : Сов. спорт, 2005. – 232 с.

177. Коробицын В.А. Конструирование многослойных плечей для стрельбы из разборных луков / В.А. Коробицын // Совершенствование системы физического воспитания студенческой молодежи : тез. докл. X Респ. науч. – метод. конф. – Могилев, 1985. – С. 77 – 78.

178. Кочергин А.М. Моделирование мышления / А.М. Кочергин. – М. : Изд-во полит. литературы, 1969. – 224 с.

179. Кривенцов А.Л. Основы моделирования подготовленности спортсменов / А.Л. Кривенцов. – Алма-Ата : КазИФК, 1990. – 88 с.

180. Кузнецов В.В. Основная направленность теоретических и экспериментальных исследований современной системы подготовки спортсмена / В.В. Кузнецов, А.А. Новиков // Теория и практика физической культуры. – 1971. – № 1. – С. 66 – 68.

181. Куликов Л.М. Спортивная тренировка : управление, системность, адаптация, здоровье / Л.М. Куликов, В.В. Рыбаков, Е.Д. Великая // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 7. – С. 26 – 30.

182. Куликов Л.М. Управление спортивной тренировкой : системность, адаптация, здоровье / Л.М. Куликов. – М. : ФОН, 1995. – 396 с.

183. Куртяк О.О. Автоматизація відбору оптимального комплексу стріл / Олексій Куртяк // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2003. – Вип. 7, т. 3. – С. 225 – 227.

184. Куртяк О.О. Інтервальна оцінка результатів оптимального відбору комплексу стріл / Олексій Куртяк // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2004. – Вип. 8, т. 1. – С. 226 – 227.

185. Куртяк О. Проба аналізу і оцінки параметрів системи “стрілець – лук” за допомогою комп’ютерної техніки / Олексій Куртяк // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2002. – Вип. 6, т. 2. – С. 140 – 142.

186. Кусый Л.И. Анализ интегрального преобразования, основанного на многократном инвертировании монотонно затухающих сигналов / Л.И. Кусый, И.Я. Сапужак, М.И. Цема // Отбор и обработка информации. – 1991. – Вып. 7 (83). – С. 97 – 100.

187. Кучкин С.Н. Биоуправление в медицине и физической культуре / С.Н. Кучкин // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 10. – С. 45 – 47.

188. Лапутин А.Н. Гравитационная тренировка / А.Н. Лапутин. – К. : Знання, 1999. – 316 с.

189. Лапутин А.Н. Дидактическая биомеханика : истоки и перспективы / А.Н. Лапутин // Теория и практика физической культуры. – 1996. – № 11. – С. 63 – 67.

190. Лапутин А.Н. Дидактическая биомеханика : проблемы и решения / А.Н. Лапутин // Наука в олимпийском спорте. – 1995. – № 2 (3). – С. 42 – 51.

191. Лапутин А.Н. Обучение спортивным движениям / А.Н. Лапутин. – К. : Здоров’я, 1986. – 216 с.

192. Лапутин А.Н. Олимпийскому спорту – высокие технологии / А.Н. Лапутин, В.И. Бобровник. – К. : Знання, 1999. – 164 с.

193. Лапутин А.Н. Программно-целевой подход в управлении двигателем совершенствованием на основе биомеханических средств АСУ / А.Н. Лапутин // Оптимизация управления процессом совершенствования технического мастерства спортсменов высокой квалификации : сб. науч. тр. – К., 1979. – С. 13 – 28.

194. Лапутин А.Н. Современные проблемы совершенствования технического мастерства спортсменов в олимпийском и профессиональном спорте / А.Н. Лапутин, Н.А. Носко // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : сб. науч. тр. / под ред. С.С. Ермакова. – Харьков, 2002. – № 4. – С. 3 – 17.

195. Лапутин А.Н. Технические средства обучения / А.Н. Лапутин, В.Л. Уткин. – М. : Физкультура и спорт, 1990. – 80 с.

196. Лапутин А.Н. Формирование массы и динамика гравитационных взаимодействий тела человека в онтогенезе / А.Н. Лапутин, В.А. Кашуба. – К. : Знання, 1999. – 202 с.

197. Лийв Э.Х. Инфодинамика. Обобщенная энтропия и негэнтропия / Э.Х. Лийв. – Таллин : Юхисэлу, 1998. – 200 с.

198. Лисенков А.Н. Математические методы планирования много – факторных медико-биологических экспериментов / А.Н. Лисенков. – М. : Медицина, 1979. – 343 с.

199. Лисенков А.Н. Планирование эксперимента и идентификация математических моделей в условиях неопределенности при изучении биотехнологических, медицинских и экологических систем / А.Н. Лисенков // Моделирование и управление биотехнологическими, экологическими и биомедицинскими системами : материалы 1-й междунар. конф. – Варна, 1990. – С. 150 – 155.

200. Лопатъев А.А. О возможных подходах моделирования сложных систем применительно к стрелковым видам спорта / Анатолий Лопатъев, Николай Дзюбачек, Богдан Виноградский // Наука в олимпийском спорте. – 2004. – № 2. – С. 101 – 107.

201. Лопатъев А.А. Інформаційні аспекти при моделюванні складних систем в застосуванні до стрілецьких видів спорту / Анатолий Лопатъев, Микала Дзюбачик, Богдан Виноградський // Механіка середовища, методи комп'ютерних наук та моделювання : зб. наук. пр. IV Міжнар. наук. конф. – Л., 2004. – Т. 2. – С. 67 – 77.

202. Лукьяненко В.П. Точность движений : проблемные аспекты теории и их прикладное значение / В.П. Лукьяненко // Теория и практика физической культуры. – 1991. – № 4. – С. 2 – 10.

203. Лысенко В.В. Биомеханика движений человека / В.В. Лысенко, Ю.Д. Овчинников. – Краснодар : Краснодар. ГИФК, 1996. – 187 с.

204. Макаренко Н.В. Методика проведення обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини // Фізіологічний журнал. – 1999. – Т. 45, № 4. – С. 123 – 131.

205. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И.В. Максимей. – М. : Радио и связь, 1988. – 232 с.

206. Малиновский С.В. Моделирование тактического мышления спортсмена / С.В. Малиновский. – М. : Физкультура и спорт, 1981. – 192 с.

207. Матвеев Л. П. К дискуссии о теории спортивной тренировки / Л.П. Матвеев // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 7. – С. 55 – 61.

208. Матвеев Л.П. Модельно-целевой подход к построению спортивной подготовки / Л.П. Матвеев // Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 2. – С. 28 – 37.

209. Матвеев Л.П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов / Л.П. Матвеев. – К. : Олимпийская литература, 1999. – 320 с.

210. Методичні рекомендації з підготовки найсильніших спортсменів України (стрільців з лука) до Ігор XXVII Олімпіади / Киселевич А.Г., Заневский І.П., Виноградський Б.А., Сярчинський І.І. – К. : Наук. світ, 1999. – 18 с.

211. Миненков Б.В. Использование технических средств для изменения, контроля и обучения в спорте / Б.В. Миненков // Теория и практика физической культуры. – 1987. – № 12. – С. 29 – 31.

212. Моделирование в спорте : сб. науч. ст. – Алма-Ата : КазИФК, 1988. – 120 с.

213. Моделирование системы стрелок – оружие – мишень с учетом действия ветровых нагрузок / Анатолий Лопатьев, Николай Дзюбачек, Богдан Виноградский, Виктор Карасев // Наука в олимпийском спорте. – 2005. – № 2. – С. 147 – 158.

214. Моделирование спортивной техники и видеокомпьютерный контроль в технической подготовке спортсменов высшей квалификации / А.Н. Лапутин, А.А. Архипов, Р. Лайуни [и др.] // Наука в олимпийском спорте. – 1999. – Спец. вып. – С. 102 – 109.

215. Моделирование управления движением человека / под ред. М.П. Шестакова, А.И. Аверхина. – М. : СпортАкадемПрес, 2003. – 360 с.

216. Моделювання та технічні засоби в стрілецьких видах спорту : метод. рек. для аспірантів та студ. ін-тів фіз. культури / А.О. Лопатєв, Є.Я. Чапля, М.І. Дзюбачик, Б.А. Виноградський. – Л., 2002. – 24 с.

217. Научно-методическое обеспечение подготовки сборных команд Украины к Играм XXVII Олимпиады в Сиднее / Константин Сахновский, Владимир Дрюков, Николай Кириенко, Юрий Пядухов // Наука в олимпийском спорте. – 2000. – № 5. – С. 36 – 39.

218. Начинская С.В. Математическая статистика в спорте / С.В. Начинская. – К. : Здоров'я, 1978. – 136 с.

219. Никоноров Д.М. Про систему моделювання в підготовці спортсменів різної кваліфікації / Д.М. Никоноров, Ю.С. Фомін // Оптимізація процесу фізичного виховання в системі освіти : матеріали всеукр.

наук. конф., присвяч. 40-річчю ф-ту фіз. виховання ТДПІ. – Т., 1997. – С. 283 – 285.

220. Новик И.Е. Гносеологическая характеристика кибернетических моделей // Вопросы философии. – 1963. – № 8. – С. 92 – 103.

221. Новый метод анализа результатов в стрельбе из винтовки / В.И. Степанский, В.И. Моросанова, В.А. Власов, А.В. Костюченко // Разноцветные мишени. – М., 1983. – С. 61 – 66.

222. Носко Н. Физические упражнения как кибернетические системы / Н. Носко, С. Власенко, В. Синиговец // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : сб. науч. тр. / под ред. С.С. Ермакова. – Харьков, 2001. – N 3. – С. 3 – 7.

223. Обозовский С.С. Практикум по теоретическим основам информационно-измерительной техники : учеб. пособие / С.С. Обозовский. – Л. : ЛПИ, 1987. – 87 с.

224. Образцов И.Ф. Оптимальные биомеханические системы / И.Ф. Образцов, М.А. Ханнин. – М. : Медицина, 1989. – 272 с.

225. Озолин Н.Г. Наука побеждать : настольная книга тренера / Н.Г. Озолин. – М. : Астро : АСТ, 2004. – 863 [1] с. : ил.

226. Оноприенко Б.И. Использование моделирования для исследования сопротивления воды движению тела пловца / Б.И. Оноприенко // Теория и практика физической культуры. – 1979. – № 9. – С. 8 – 9.

227. Оптимизация точностных движений стрелков из лука с применением технических средств / А.Ш. Балов, С.Д. Волжанин, М.А. Джафаров [и др.] // Биомеханика спорта : тез. докл. 6-ой всесоюз. науч. конф. – Чернигов, 1989. – С. 16 – 17.

228. Основы математической статистики / под ред. В.С. Иванова. – М. : Физкультура и спорт, 1990. – 176 с.

229. Отраслевой стандарт комплексного научно-методического обеспечения и отбора спортсменов в ШИСП и МЦОП с использованием автоматизированной системы контроля подготовленности по видам спорта / В.А. Булкин [и др.] // Рекламно-информационный бюллетень. – Л., 1990. – Вып. 1. – 126 с.

230. Пат. 26074 Україна, МПК5 F 41 B 5/00. Пристрій для визначення часових рухових параметрів спортсменів-лучників / Б.А. Виноградський, В.Т. Пятков (Україна). – Заявл. 1.10.93; опубл. 30.04.99, Бюл. № 2.

231. Пат. 39293А Україна. Пристрій для оцінки рухової активності / Б.А. Виноградський, В.І. Матвіїв, Є.Н. Приступа, І.М. Ріпак, В.М. Соколовський (Україна). – Опубл. 15.06.2001, Бюл. № 5.

232. Пат. 40414 Україна, МПК7 F 41 J 5/00, F 41 J 3/26. Тренажер для удосконалення майстерності стрільців у швидкісних стрілецьких вправах / В.Т. Пятков, А.М. Ковальчук, Б.А. Виноградський, М.М. Козяр, В.М. Соколовський. – № 2001010285; заявл. 15.01.2001; опубл. 16.06.2003, Бюл. № 6.

233. Петров П.К. Современные информационные технологии в подготовке специалистов по физической культуре и спорту / П.К. Петров // Теория и практика физической культуры. – 1999. – № 10. – С. 6 – 9.

234. Петросян Г. Некоторые вопросы выстрела из лука / Г. Петросян // Разноцветные мишени. – М., 1977. – С. 42 – 46.

235. Петросян Г. О жесткости рукояток спортивных луков / Г. Петросян, В. Резников, В. Мироненко // Разноцветные мишени. – М., 1978. – С. 84 – 88.

236. Платонов В. Биомеханические эргогенные средства в современном спорте / Владимир Платонов, Анатолий Лапутин, Виталий Кашуба // Наука в олимпийском спорте. – 2004. – № 2. – С. 86 – 100.

237. Платонов В.М. Фізична підготовка спортсмена : [навч. посіб.] / В.М. Платонов, М.М. Булатова. – К. : Олімпійська література, 1995. – 320 с.

238. Платонов В.Н. Адаптация в спорте / В.Н. Платонов. – К. : Здоров'я, 1988. – 215 с.

239. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте : [учебник для студ. вузов физ. воспитания и спорта] / В.Н. Платонов. – Киев : Олимпийская литература, 1997. – 584 с.

240. Платонов В.Н. Перспективы совершенствования системы олимпийской подготовки в свете уроков Игр XXVII Олимпиады / Владимир Платонов // Наука в олимпийском спорте. – 2001. – № 2. – С. 5 – 13.

241. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и её практические приложения : [учебник для студ. высш. учеб. заведений физ. воспитания и спорта] / В.Н. Платонов. – К. : Олимпийская литература, 2004. – 808 с.

242. Платонов В. Современная стратегия многолетней спортивной подготовки / Владимир Платонов, Константин Сахновский, Мариуш Озимек // Наука в олимпийском спорте. – 2003. – № 1. – С. 3 – 13.

243. Полякова Т.Д. Возможности использования стабилотрии в управлении движениями высококвалифицированных спортсменов-стрелков / Т.Д. Полякова // *Proces doskonalenia treningu i walki sportowej; pod red. A. Kuder, K. Petrowskiego, D. Sledziewskiego.* – Warszawa, 2005. – С. 306 – 310.

244. Полякова Т.Д. Опыт применения стабилотрии в управлении движениями высококвалифицированных спортсменов-стрелков / Т.Д. Полякова // *Современные технологии спорта высших достижений в профессиональной подготовке сотрудников силовых ведомств : материалы Межд. науч. конгресса, Москва 2 – 4 февраля 2006 г.* – М. : ООО “Анита Пресс”, 2006. – С. 233 – 239.

245. Полякова Т.Д. Совершенствование системы управления процессом подготовки стрелков / Т.Д. Полякова, В.А. Барташ // *Современные технологии спорта высших достижений в профессиональной подготовке сотрудников силовых ведомств : материалы Межд. науч. конгресса, Москва 2 – 4 февраля 2006 г.* – М. : ООО “Анита Пресс”, 2006. – С. 240 – 242.

246. Полякова Т.Д. Тренажерные устройства, применяемые в комплексном обследовании технической подготовленности стрелков / Т.Д. Полякова, Н.А. Юрчик, О.Р. Оглендская // *Мир спорта.* – № 2. – 2005. – С. 32 – 36.

247. Полякова Т.Д. Увеличение силы кисти руки при воздействии на мышцы механическими колебаниями / Т.Д. Полякова, А.С. Скуратович // *Подготовка спортсменов в современных социально-экономических условиях : материалы IX Межд. науч. сессии по итогам НИР за 2005 г. “Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту / Сост. А.М. Шахлай, С.В. Красовская; ред. кол. : М.Е. Кобринский и др.* – Минск : БГУФК, 2006. – С. 88 – 91.

248. Попов Г.И. Биомеханические основы создания предметной среды для формирования и совершенствования спортивных движений : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : спец. 01.02.08 “Биомеханика”, 13.00.04 “Теория и методика физ. воспитания, спорт. тренировки и оздоровит. физ. культуры” / Попов Григорий Иванович. – М., 1992. – 42 с.

249. Попов Г. Метод временных и энергетических трансформант в моделировании движений человека / Г. Попов // *Человек в мире спорта : новые идеи, технологии, перспективы : тез. докл. междунар. конгр.* – М., 1998. – Т. 1. – С. 30 – 32.

250. Попов С.В. Поиск информации и принятие решений / С.В. Попов // Информационные процессы и системы. – М., 2001. – Сер. 2, № 1. – С. 1 – 4.

251. Применение комплекса тренажеров для подготовки стрелков из лука : метод. рек. / Ф.К. Агашин, Е.Г. Горбачев, Г.М. Петросян [и др.]. – М. : Физкультура и спорт, 1983. – Ч. 2. – 17 с.

252. Применение комплекса тренажеров для подготовки стрелков из лука : метод. рек. / Ф.К. Агашин, Е.Г. Горбачев, Г.М. Петросян [и др.]. – М. : Физкультура и спорт, 1983. – Ч. 3. – 16 с.

253. Пуцов О.І. Система відбору важкоатлетів з урахуванням модельних характеристик : автореф. дис. ... канд. наук з фіз. виховання і спорту : 24.00.01 “Олімпійський і професійний спорт” / Пуцов Олександр Іванович. – К., 2002. – 17 с.

254. Пятков В.Т. Визначення та розробка модельних характеристик системи : стрілець – зброя – мішень / В.Т. Пятков, Є.Я. Чапля // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2000. – № 20. – С. 3 – 7.

255. Пятков В.Т. Модельные характеристики системы стрелок – оружие – мишень / В.Т. Пятков // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : сб. науч. тр. / под ред. С.С. Ермакова. – Харьков, 2001. – № 4. – С. 3 – 7.

256. Пятков В.Т. Теоретико-методичні основи техніко-тактичної підготовки спортсменів у стрілецьких олімпійських вправах : автореф. дис. ... д-ра наук з фіз. виховання і спорту : спец. 24.00.01 “Олімпійський і професійний спорт” / Пятков Віктор Тимофійович. – К., 2002. – 40 с.

257. Пятков В.Т. Функции принятия решений в интерактивных моделях спортивных упражнений / В.Т. Пятков // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : сб. науч. тр. / под ред. С.С. Ермакова. – Харьков, 2001. – № 3. – С. 20 – 23.

258. Ратов И.П. Концепция “искусственная управляющая среда”, ее основные положения и перспективы использования / И.П. Ратов // Научные труды ВНИИФКа за 1995 г. – М., 1996. – С. 129 – 148.

259. Ратов И.П. Методология концепции “искусственная управляющая среда” и перспективы ее практической реализации в процессе подготовки спортсменов / И.П. Ратов // Методологические проблемы совершенствования системы спортивной подготовки квалифицированных спортсменов : сб. тр. ВНИИФКа. – М., 1984. – С. 127 – 145.

260. Ратов И.П. Совершенствование движений в спорте / И.П. Ратов, Ф.Н. Насриддинов. – Ташкент : Изд-во Ибн Сины, 1991. – 152 с.
261. Ратов И.П. Спортивные перспективы третьего тысячелетия (XXI век) / И.П. Ратов, В.К. Бальсевич // Теория и практика физической культуры. – 1995. – № 7. – С. 2 – 5.
262. Редько В.Г. Эволюционная кибернетика / В.Г. Редько. – М. : Наука, 2001. – 156 с.
263. Результаты летно-космических испытаний виброзащитной платформы ВЗП-1К / В.Л. Левтов, В.В. Романов, А.И. Иванов [и др.] // Космические исследования. – 2001. – Т. 39, № 2. – С. 148 – 160.
264. Ровний А.С. Механізми сенсорного контролю точних рухів спортсменів протягом тренувального заняття / А.С. Ровний // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2001. – № 1. – С. 31 – 35.
265. Ровний А.С. Методичні шляхи удосконалення рухових навичок спортсменів / А.С. Ровний // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 2000. – № 19. – С. 31 – 36.
266. Ровний А.С. Сенсорні механізми управління точнісними рухами людини / А.С. Ровний. – Х. : ХДАФК, 2002. – 220 с.
267. Розин Е.Ю. Компьютерная реализация педагогической диагностики и контроля за физическим состоянием и специальной подготовленностью спортсменов / Е.Ю. Розин // Теория и практика физической культуры. – 1995. – № 3. – С. 19 – 22.
268. Русанов В.Я. Модельные характеристики физических и психических качеств боксеров как основа индивидуализации их подготовки / В.Я. Русанов // Теория и практика физической культуры. – 1985. – № 4. – С. 13 – 15.
269. Самсонова А.В. Использование информационных технологий в физической культуре и спорте / А.В. Самсонова, И.М. Козлов, В.А. Таймазов // Теория и практика физической культуры. – 1999. – № 9. – С. 18 – 21.
270. Сапужак І.Я. Імпульсна електромагнітна система контролю якості спортивного лука / Сапужак І.Я., Виноградський Б.А., Сапужак О.Я. // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів : зб. наук. пр. – К.; Л., 2000. – Вип. 5. – С. 111 – 114.
271. Сапужак І. Технічні засоби вдосконалення майстерності спортсменів-бобслеїстів / Ігор Сапужак, Олег Сапужак // Молода спо-

ртивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури та спорту. – Л., 2001. – Вип. 5, т. 1. – С. 383 – 387.

272. Сапужак І.Я. Застосування інформаційно-вимірювальних систем на базі ЕОМ для вдосконалення майстерності спортсменів-санників / І.Я. Сапужак // Відбір і обробка інформації. – 1997. – Вип. 11 (87). – С. 49 – 53.

273. Сахновский К.П. Построение заключительного этапа многолетней подготовки спортсменов / Константин Сахновский // Наука в олимпийском спорте. – 2001. – № 2. – С. 21 – 24.

274. Сахновский К. Игры XXVII Олимпиады в Сиднее : итоги, уроки, проблемы / Константин Сахновский, Марина Булатова, Валентин Олешко // Наука в олимпийском спорте. – 2000. – № 5. – С. 20 – 35.

275. Селуянов В.Н. Методы построения физической подготовки спортсменов высокой квалификации на основе имитационного моделирования : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : спец. 13.00.04 “Теория и методика физ. воспитания, спорт. тренировки и оздоровит. физ. культуры” / Селуянов Виктор Николаевич; ГЦОЛИФК. – М., 1992. – 47 с.

276. Селуянов В.Н. Эмпирический и теоретический пути развития теории спортивной тренировки / В.Н. Селуянов // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 3. – С. 46 – 50.

277. Сивицький В.Г. Комп’ютерна психодіагностика сенсомоторики в спортивній діяльності / В.Г. Сивицький // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : зб. наук. пр. / за ред. С.С. Єрмакова. – Х., 1998. – № 1. – С. 4 – 6.

278. Сидорук В.В. Моделі опорних взаємодій тіла лучника в умовах збереження змагальної стійки / Віктор Сидорук, Богдан Виноградський // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2006. – № 4. – С. 72 – 76.

279. Система підтримки прийняття рішень у спорті – СУБІСПАРТ / В.І. Богіно, О.Г. Петрова, Л.Л. Беседна, О.В. Гладківська // Експрес-новини : наука, техніка, виробництво. – 2001. – № 1/2. – С. 13 – 16.

280. Сичивица О.М. Методы и формы научного познания / О.М. Сичивица. – М. : Высш. шк., 1993. – 96 с.

281. Словарь по кибернетике : свыше 2000 ст. / под ред. В.С. Михалевича. – 2-е изд. – Киев : Укр. сов. энцикл. им. М.П. Бажана, 1989. – 752 с.

282. Современная прикладная теория управления : синергетический подход в теории управления / под ред. Колесникова А.А. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2000. – Ч. 2. – 559 с.

283. Современные компьютерные технологии в развитии спортивной науки / Шестаков М.П., Анненков К.В., Антохина Е.Т. [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 1996. – № 8. – С. 43 – 45.

284. Солодков А.С. Физиология спорта : учеб. пособие / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – СПб. : СПбАФК им. П.Ф. Лесгафта, 1999. – 231 с.

285. Статистика. Обработка спортивных данных на компьютере : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений физ. культуры / под ред. М.П. Шестакова, Г.И. Попова. – М. : СпортАкадемПресс, 2002. – 278 с.

286. Струк Б.И. Тренировка стрелка из лука с применением средств срочной информации / Б.И. Струк // Теория и практика физической культуры. – 1976. – № 11. – С. 16 – 18.

287. Струк Б.И. Тренировка силовых способностей у стрелков из лука : автореф. дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.04 / Струк Богдан Иванович. – К., 1978. – 24 с.

288. Струк Б.И. Тренажеры для подготовки стрелков из лука : метод. рек. / Б.И. Струк, Г.М. Петросян, В.Г. Резников. – М. : Физкультура и спорт, 1977. – 12 с.

289. Сыч С.П. Автоматизированная информационная система и пути ее использования в управлении тренировочным процессом / С.П. Сыч. – К. : [б. и.], 1986. – 21 с.

290. Тарасов В.Б. От искусственного интеллекта к искусственной жизни : новые направления в науках об искусственном / В.Б. Тарасов // Новости искусственного интеллекта. – 1995. – № 4. – С. 93 – 118.

291. Теоретические основы использования имитационного моделирования при исследовании сложных биомеханических систем в стрелковом спорте / А. Лопатьев, Н. Дзюбачик, Б. Виноградский, К. Бретз // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві : зб. наук. пр. Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки. – Луцьк, 2008. – № 3. – С. 74 – 79.

292. Теория автоматического управления / под ред. А.А. Воронова. – М. : Высш. шк., 1986. – 368 с.

293. Теория и методика физического воспитания : [учебник для студ. ф-та физ. культуры пед. ин-тов по спец. 03.03 “Физ. культура” / Б.А. Ашмарин, Ю.А. Виноградов, З.Н. Вяткина и др.]; под ред. Б.А. Ашмарина. – М. : Просвещение, 1990. – 288 с.

294. Тер-Ованесян А.А. Педагогические основы физического воспитания / А.А. Тер-Ованесян. – М. : Физкультура и спорт, 1978. – 206 с.

295. Терунашвили Т.И. Некоторые вопросы теории стрельбы из спортивного лука / Т.И. Терунашвили, Г.А. Мелия, А.М. Панцхава // Механико-математическое моделирование спортивной техники : тез. докл. всесоюз. науч. конф. – М., 1982. – С. 47.

296. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко, Д.Х. Янг, У. Уивер; под ред. Э.И. Григолока. – М. : Машиностроение, 1985. – 472 с.

297. Тихонов А.Н. Вводные лекции по прикладной математике / А.Н. Тихонов, Д.П. Костомаров. – М. : Наука, 1984. – 190 с.

298. Ткачук В.Г. Механизмы вариативности при управлении точностными движениями человека : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : спец. 05.13.09 “Управление в биологических и медицинских системах” / Ткачук Владимир Григорьевич. – К., 1986. – 19 с.

299. Томашевський В.М. Моделювання систем / В.М. Томашевський. – К. : ВНУ, 2005. – 352. : іл.

300. Томсон Д. Дж. Спектральное оценивание и гармонический анализ / Д. Дж. Томсон // ТИИЭР. – 1982. – Т. 70, № 9. – С. 171 – 219.

301. Турчин В.Ф. Феномен науки. Кибернетический подход к эволюции / В.Ф. Турчин. – 2-е изд. – М. : ЭТС, 2000. – 368 с.

302. Уидроу Б. Адаптивная обработка сигналов : пер. с англ. / Б. Уидроу, С.А. Стирнз. – М. : Радио и связь, 1989. – 440 с.

303. Управление тренировочным процессом высококвалифицированных спортсменов / под ред. В.А. Запорожанова, В.Н. Платонова. – К. : Здоров'я, 1985. – 192 с.

304. Управление физическим состоянием организма. Тренирующая терапия / Т.В. Хутиев, Ю.Г. Антомонов, А.К. Котова, О.Г. Пустовойт. – М. : Медицина, 1991. – 256 с.

305. Факторный, дискретный и кластерный анализ : пер. с англ. / под ред. И.С. Енюкова. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

306. Фаш В. Вклад Леонардо да Винчи в теоретическую механику / В. Фаш, В. Содел // В мире науки. – 1986. – № 11. – С. 76 – 82.

307. Федоров А.И. Новые информационные технологии в системе высшего физкультурного образования / А.И. Федоров, С.Б. Шарманова // Культура, искусство и информатизация на рубеже третьего тысячелетия : Первый уральский форум (Челябинск, 26 нояб. 1996 г.) : сб. докл. – Челябинск : Администрация Челябин. обл.; ЦНТИ, 1996. – Вып. 1. – С. 96 – 98.

308. Фомичева В.В. Модельные характеристики подготовки пловцов-кролистов различных этапов подготовки и стадий полового развития как фактор оптимизации отбора и управления тренировочным процессом : автореф. дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.04 "Теория и методика физ. воспитания, спорт. тренировки и оздоровит. физ. культуры" / Фомичева Валерия Викторовна. – Волгоград, 1996. – 22 с.

309. Худoley О.М. Планування експерименту в дослідженні процесу підготовки юних гімнастів / О.М. Худoley, Т.В. Карпунець // Теорія і практика фізичного виховання. – 2002. – № 4. – С. 27 – 30.

310. Худoley О.Н. Моделирование процесса подготовки юных гимнастов / О.Н. Худoley. – Х. : ОВС, 2005. – 336 с.

311. Циркин В.И. Физиологические основы психической деятельности и поведения человека / В.И. Циркин, С.И. Трухина. – М. : Мед. книга; Н. Новгород : НГМА, 2001. – 524 с.

312. Цулая Г.Г. Исследование статических и динамических характеристик спортивного лука / Г.Г. Цулая, Г.А. Мелия // Сборник трудов ГрузГИФК. – Тбилиси, 1981. – Т. 13. – С. 33 – 37.

313. Цулая Г.Г. Экспериментальные исследования механических характеристик спортивного лука / Г.Г. Цулая, Г.А. Мелия // Теория и практика физической культуры. – 1982. – № 10. – С. 52 – 54.

314. Черкесов Ю.Т. Проблема и методические возможности детерминации режимов силового взаимодействия спортсменов с объектами управляющей предметной среды : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Черкесов Юрий Тагирович. – М., 1993. – 62 с.

315. Чхаидзе Л.В. Об управлении движениями человека / Л.В. Чхаидзе. – М. : Физкультура и спорт, 1970. – 136 с.

316. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М. : Мир, 1978. – 418 с.

317. Шестаков М.П. Управление технической подготовкой спортсменов с использованием моделирования / М.П. Шестаков // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 3. – С. 51 – 54.

318. Шестаков М.П. Проблемы использования информационного подхода при разработке теории обучения человека движениям / Михаил Шестаков // Наука в олимпийском спорте. – 2004. – № 2. – С. 108 – 113.

319. Ширковец Е.А. Соотношение "стрессор – адаптация" как основа управления процессом тренировки / Е.А. Ширковец, Б.Н. Шустин // Тренер. – 1999. – № 1. – С. 2 – 5.

320. Шитов Ю. С. С чего начать / Ю.С. Шитов // Разноцветные мишени. – М., 1981. – С. 30 – 37.
321. Шустин Б.Н. Моделирование и прогнозирование в системе спортивной подготовки / Б.Н. Шустин // Современная система спортивной подготовки. – М., 1995. – С. 226 – 237.
322. Шустин Б.Н. Модельные характеристики соревновательной деятельности / Б.Н. Шустин // Современная система спортивной подготовки. – М., 1995. – С. 50 – 73.
323. Энгвер Н.Н. Построение эмпирических формул и моделей в спорте / Н.Н. Энгвер, Я.И. Савицкий, М.Г. Гибадуллин // Теория и практика физической культуры. – 1986. – № 10. – С. 35 – 37.
324. Энока Р.М. Основы кинезиологии / Р.М. Энока. – К. : Олимпийская литература, 2000. – 400 с.
325. Эшби У.Р. Введение в кибернетику / У.Р. Эшби. – М. : КомКнига, 2006. – 432 с.
326. Юзвипин И.И. Информациология / И.И. Юзвипин. – М. : Информациология, 1996. – 215 с.
327. Юнг К.Г. Синхронистичность : пер. с англ. / К.Г. Юнг. – М. : Рефлбук; К. : Ваклер, 1997. – 320 с.
328. A new method to measure lateral bow accelerations during shooting in archery / C. Gallozzi, L.M. Leonardi, A. Pace, G. Caselli // Biomechanics : Basic and Applied Research. – Dordrecht, Netherland, 1987. – P. 639 – 644.
329. Activation Patterns in Forearm Muscles during Archery Shooting / H. Ertan, B. Kentel, S.T. Тьмер, F. Korkusuz // Human Movement Science. – 2003. – Vol. 22. – P. 37 – 45.
330. Advances in knowledge discovery and data mining / U.M. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth, R. Uthurusamy (editors). – Menlo Park, CA : AAAI/MIT Press, 1996. – P. 24 – 36.
331. An fMRI study of bimanual coordination / G. Schlaug, L. Jancke, Y. Huang, H. Stewstletz // Science. – 1995. – Vol. 267. – P. 699 – 701.
332. Axford R. Archery Anatomy : An Introduction to Techniques for Improved Performance / R. Axford. – London : Souvenir Press, 1996. – 163 p.
333. Bajodah A.H. Inverse dynamics of servo-constraints based on the generalized inverse / A.H. Bajodah, D.H. Hodges, Y. Chen // Nonlinear Dyn. – 2005. – Vol. 39, no 1/ 2. – P. 179 – 196.

334. Ball K.A. Body sway, aim point fluctuation and performance in rifle shooters : inter- and intra- individual analysis / K.A. Ball, R.J. Best, T.V. Wright // *Journal of sports sciences*. – 2003. – Vol. 21 (7). – P. 559 – 566.

335. Biess A. Simulating discrete and rhythmic multi-joint human arm movements by optimization of nonlinear performance indices / A. Biess, M. Nagurka, T. Flash // *Biol. Cybern.* – 2006. – Vol. 95, no. 1. – P. 31 – 53.

336. Bongard J. Resilient machines through continuous self-modeling / J. Bongard, V. Zykov, H. Lipson // *Science* – 2006. – Vol. 314. – P. 1118 – 1121.

337. Bongard J.C. Topological system identification using coevolution of models and tests / J.C. Bongard, H. Lipson // *IEEE Trans. Evol. Comput.* – 2005. – Vol. 9, no. 4. – P.361 – 384.

338. Chang K.S. Operational space dynamics : efficient algorithms for modeling and control of branching mechanisms / K.S. Chang, O. Khatib // *Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. – 2000 – Vol.1. – P.850 – 856.

339. Darling W.G. Muscle activation patterns and kinetics of human index finger movements / W.G. Darling, K.J. Cole // *J. Neurophysiol.* – 1990. – Vol. 63. – P. 1098 – 1108.

340. De Sapiro V. Predicting reaching postures using a kinematically constrained shoulder model / V. De Sapiro, J. Warren, O. Khatib // *Advances in Robot Kinematics* / ed. J. Lenarcic and B. Roth. – Berlin : Springer, 2006. – P. 209 – 218.

341. De Sapiro V. Task-level approaches for the control of constrained multibody systems / V. De Sapiro, O. Khatib, S. Delp // *Multibody Syst. Dyn.* – 2006. – Vol.16, no.1. – P. 73 – 102.

342. De Sapiro V. Operational space control of multibody systems with explicit holonomic constraints. / De Sapiro V., Khatib O. // *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. – Barcelona, 2005. – P. 2961 – 2967.

343. Delp S.L. A computational framework for simulating and analyzing human and animal movement / Delp S.L., Loan J.P. // *IEEE Comput Sci Eng.* – 2000. – Vol. 5. – P.46 – 55

344. Delp S.L. A graphics-based software system to develop and analyze models of musculoskeletal structures / Delp S.L., Loan J.P. // *Computers in Biology and Medicine*. – 1995. – Vol. 25. – P. 21 – 34.

345. Development and reliability of a measurement device for flexion force of the first metatarsophalangeal joint / J. Swanenburg, K.H. Stappaerts, B. Tirez [et al.] // *Journal of Applied Biomechanics*. – 2003. – No 19. – P. 271 – 278.

346. Douglas E. *Archery fundamentals* / Douglas Engh. – Chicago : Human Kinetics Publisher, 2005. – 125 p.
347. Edelmann-Nusser J. *Coordinative aspects of archery – an approach using surface electromyography* / Edelmann-Nusser J., Gollhofer A. // *Biomechanics in Sports : XVI Int. Symp. : Proc. 2* / ed. : H.J. Riehle, M.M. Vieten. – Konstanz : UVK, 1998. – P. 153 – 156.
348. *Effects of learning on electroencephalographic and electrocardiographic patterns in novice archers* / M.D. Landers, M. Han, W. Salazar [at al.] // *International Journal of Sport Psychology*. – 1994. – No 23. – P. 313 – 330.
349. Ertan H. *The effect of clicker reaction time on scoring point and the relationship among visual, auditory, and tactile RTs among Turkish archers* / H. Ertan, C. Acikada, A. Asci // *Hacettepe Journal of Sports Sciences*. – 1996. – No 7 (3). – P. 12 – 20.
350. Esteki A. *An experimentally based nonlinear viscoelastic model of joint passive moment* / Esteki A., Mansour J. // *J. Biomech.* – 1996. – Vol. 29. – P. 443 – 450.
351. *Extensor mechanism of the fingers. A quantitative geometric study* / Garcia-Elias M., An K., Berglund L. [etc.] // *J. Hand Surgery (American)*. – 1991. – Vol. 16. – P. 1130 – 1140.
352. Faloutsos P. *Composable controllers for physics-based character animation* / P. Faloutsos, M. Van de Panne, D. Terzopoulos // *Proceedings of the 2001 SIGGRAPH Conference*. – 2001. – P. 251 – 260.
353. Funk B.H. *An Analytical Analysis of String Tension* / B.H. Funk // *Archery World*. – 1968. – V. 22, N 4. – P. 31 – 35.
354. Gerbeaux M. *Musculo-articular modeling of the triceps brachia* / M. Gerbeaux, E. Turpin, G. Lensele-Corbeil // *Journal of Biomechanics*. – 1996. – Vol. 29. – P. 171 – 180.
355. Gros H. *Archer-bow-arrow system adjustment in the vertical plane* / H. Gros, I. Zanevskyy // *Scientific proceeding of the XX International Symposium of Biomechanics in Sports* / ed. K.E. Gianikellis; Universidad de Extremadura. – Extremadura, Spain, 2002. – P. 469 – 472.
356. Habeishi B. *Basic illustrated. Archery* / Beth L Habeishi, Stephanie Mallory, Lon Levin. – Guilford, Conn. : Falcon Guides, 2008. – 70 p.
357. Han J. *Data mining : methods and technique* / J. Han, M. Kamber. – San Francisco : Morgan Kaufman, 2000. – 234 p.
358. Haywood K.M. *Archery : Step to Success* / K.M. Haywood, C.F. Lewis. – Chicago : Human Kinetics Publisher, 1996. – 160 p.

359. Hogan N. Mechanical impedance of single- and multi-articular systems / N. Hogan // *Multiple Muscle systems* / ed. Winters J., Woo S. – New York : Springer, 1990. – P. 149 – 164.
360. Ijspeert A. Movement imitation with nonlinear dynamical systems in humanoid robots / A. Ijspeert, J. Nakanishi, S. Schaal // *Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. – 2002. – Vol. 2. – P.1398 – 1403.
361. Introduction to Archery / Kisik Lee, Matt Larven, James (ed) Lee, James Park. – Australia : Archery Australia, 2006. – 125 p.
362. Ivakhiv O. Intelligent Measurement System / O. Ivakhiv // *Proceeding of the International Conference on Actual Problems of Measurement Technique*, Kyiv, Ukraine, 7 – 10 September, 1998. – Kyiv, 1998. – P. 54 – 55.
363. Kalinichenko A. The problem N 1 / A. Kalinichenko // *Archery*. – Tokyo, 1994. – N 1. – P. 49 – 56.
364. Kalinichenko A. Theoretical basics of archery / A. Kalinichenko // *The Glade : International magazine for Archers*. – 1994. – Summer. – P. 16 – 20.
365. Kamper D.G. Extrinsic flexor muscles generate concurrent flexion of all three finger joints / D.G. Kamper, T.G. Hornby, W.Z. Rymer // *J. Biomech*. – 2002. – Vol. 35. – P. 1581 – 1589.
366. Keast D. Fine body movements and cardiac cycle in archery / D. Keast, B. Elliot // *J. of Sports Sci*. – 1990. – V. 8. – P. 259 – 279.
367. Kidwell J. Instinctive Archery Insight / J. Kidwell. – Cassville : Jay Kidwell, 2004. – 127 p.
368. Klein A. Archery / Adam G Klein. – Edina, Minn. : ABDO Pub. Co., 2008. – 32 p.
369. Klopsteg P.E. Physics of Bow and Arrows / P.E. Klopsteg // *Amer. J. of Physics*. – 1943. – V. 11, N 4. – P. 175 – 192.
370. Komura T. Calculation and visualization of the dynamic ability of the human body / Komura T., Shinagawa Y., Kunii T.L. // *J Visual Comput Anim*. – 1999. – Vol.10, no.2. – P.57 – 78.
371. Komura T. Creating and retargetting motion by the musculoskeletal human body model / Komura T., Shinagawa Y., Kunii T.L. // *Vis Comput*. – 2000. – Vol.16, no.5. – P.254 – 270.
372. Kooi B.W. Bow-arrow interaction in archery / B.W. Kooi // *Journal of Sports Sciences*. – 1998. – No 16. – P. 721 – 731.

373. Kooi B.W. On the mechanics of the arrow : Archer's Paradox / B. W. Kooi, J.A. Sparenberg // *Journal of Engineering Mathematics*. – 1997. – No 31. – P. 285 – 306.
374. Kooi B.W. On the mechanics of the modern working recurve bow / B. W. Kooi // *Computational Mechanics*. – 1991. – No 8. – P. 291 – 304.
375. Kozłowski K. *Modelling and Identification in Robotics* / K. Kozłowski. – New York : Springer-Verlag, 1998. – 292 p.
376. Laputin A.N. Didactic biomechanics : problems and solutions / A.N. Laputin // XII Intern. Symp. on Biomech. in Sport : Abstracts, Budapest, Hungary, July 2 – 6, 1994. – Budapest, 1994. – P. 49.
377. Laszlo J.L. Motor Control and Learning: How Far do the Experimental Taste Restrict our Theoretical Insight? / J.L. Laszlo // *Approaches to the Study of Motor Control and Learning*. – Amsterdam, 1992. – P. 47 – 79.
378. Lee K. Total archery / Kisik Lee, Robert De Bondt. – GimPo-City, Republic of Korea : Samick Sports Co., 2005. – 203 p.
379. Leroyer P. Biomechanical Study of the Final Push-Pull in Archery / P. Leroyer, J. van Hoecke, J. Helal // *J. of Sports Sci.* – 1993. – N 11 (1). – P. 63 – 69.
380. Lipson H. A relaxation method for simulating the kinematics of compound nonlinear mechanisms / Lipson H. // *ASME J. Mech. Design*. – 2006. – Vol. 128. – P. 719 – 728.
381. Lipson H. Automatic design and manufacture of robotic lifeforms / Lipson H., Pollack J. // *Nature*. – 2000. – Vol. 406. – P. 974 – 978.
382. Lipson H.K. Computational synthesis : From basic building blocks to high level functionality / H.K. Lipson, E.K. Antonsson, J.R. Koza // *Proc. Assoc. Adv. Artif. Intell. Symp.* – Menlo Park, CA, 2003. – P. 24 – 31.
383. Mann D.L. Shoulder injuries in archery / D.L. Mann, N. Littke // *Can J. of Sports Sci.* – 1989. – No 14, Vol. 2. – P. 85 – 89.
384. *Manual for archery training equipment* / Korea Archery association. – Korea : KAA, 1993. – 37 p.
385. Marlow W.C. Bow and Arrows Dynamics / W.C. Marlow // *Amer. J. of Physics*. – 1981. – V. 49. – No 4. – P. 320 – 333.
386. Martin P.E. Electromyographic analysis of bowstring release in highly skilled archers / P.E. Martin, W.L. Siler, D. Hoffman // *Journal of Sports Sciences*. – 1990. – No 8. – P. 215 – 221.
387. Murray W.M. The isometric functional capacity of muscles that cross the elbow / Murray W.M., Buchanan T.S., Delp S.L. // *Journal of Biomechanics*. – 2000. – Vol. 33. – P. 943 – 952.

388. Murray W.M. Variation of muscle moment arms with elbow and forearm position / Murray W.M., Delp S.L., Buchanan T.S. // *Journal of Biomechanics*. – 1995. – Vol.28. – P. 513 – 525.

389. Needham S. Archery : the art of repetition / Simon S Needham. – Wiltshire, England : Crowood Press, 2006. – 191 p.

390. Neumann O. Informationsverarbeitung, Kunstliche Intelligenz und die Perspektiven der Kognitionspsychologie / O. Neumann // *Perspektiven der Kognitionspsychologie*. – Berlin [et al.] : Springer, 1985. – S. 3 – 37.

391. Neumann O. Psychologie der Informationsverarbeitung. Aktuelle Tendenzen und einige Konsequenzen fur die Aufmerksamkeitsforschung / O. Neumann // *Aufmerksamkeit und Automatisierung in der Sportmotorik*. – Sankt Augustin : Academia, 1993. – S. 56 – 78.

392. New developments in the control and regulation of the training of top level athletes / Carl K. [et al.] // *Biology of sport*. – 1989. – № 6, Suppl. 3. – P. 272 – 275.

393. Ohsima S. Simulation of the shape and dynamics of Japanese bow – Application of large deflection theory / S. Ohsima, A. Ohtsuki // *The book of the 4th Int. conf. on the Engineering of Sport*. – Kyoto, Japan, 2002. – P. 102 – 107.

394. On-target trajectories and the final pull in archery / Edelmann-Nusser J., Heller M., Hofmann M., Ganter N. // *European Journal of Sport Science*. – 2006. – Vol. 6 (4). – P. 213 – 222.

395. OpenSim : open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement / Delp S.L. [etc.] // *IEEE Trans Biomed Eng*. – 2007. – Vol.54. – P. 1940 – 1950.

396. Optoelectronic measures in the analysis of running target shooting / K. Mononen, J.T. Viitasalo, P. Era, N. Konttinen // *Scandinavian Journal of Medicine and Science of Sports*. – 2003. – Vol.13 (3). – P. 200 – 207.

397. Pandy M.G. A parameter optimization approach for the optimal control of large-scale musculoskeletal systems / Pandy M.G., Anderson F.C., Hull D.G. // *J Biomech. Eng*. – 1992. – Vol. 114. – P.450 – 460.

398. Pearlman J.L. The fundamental thumb-tip force vectors produced by the muscles of the thumb / Pearlman J.L., Roach S.S., Valero-Cuevas F. J. // *J. Orthopaedic Res*. – 2004. – Vol. 22. – P. 306 – 312.

399. Pekalski R. Experimental and theoretical research in archery / R. Pekalski // *J. of Sports Sci*. – 1990. – No 8. – P. 259 – 279.

400. Pekalski R. Modelling and simulation research of the competitor-bow-arrow system : unpublished doctoral dissertation / Pekalski R. – Warszawa, 1987. – 260 s.
401. Postural stability during race in mental winning shooters / I. Pyykko, H. Aalto, R. Ilmarinen [et al.] // Disorders of posture and Gait / eds. Brandt T. [et al.]; Georg Thieme. – New York [et al.], 1990. – P. 321 – 324.
402. Professional training systems SCATT [Електронний ресурс]. – Moscow : ZAO NPP SCATT, 2007. – Режим доступа : <http://www.scatt.com>.
403. Quinlan J.R. Induction of decision trees / Quinlan J.R. // Machine Learning. – 1986. – P. 81 – 106.
404. Rabska D. Easton Technical [Videorecording] / D. Rabska, T. van Otteren // Video Bulletin. Number 1 : Compound Bow Series. – Salt Lake City, UT : Easton Inc., 1991. – 1 videocassetta.
405. Rachna J. Teach yourself archery / Rachna Jain. – New Delhi, [India] : Sports Pub., 2007. – 68 p.
406. Ramm K. Zur Wirksamkeit des Jahrestrainingsaufbaus im Skilanglauf und im Biathlon bei besonderer Beachtung der Luklusemethode / K. Ramm, H. Bube // Theorie und Praxis Leistungssport. – 1986. – № 8/9. – S. 115 – 127.
407. Robotics and interactive simulation / Khatib O., Brock O., Chang K.S. [etc] // Commun ACM. – 2002. – Vol. 45, no.3. – P. 46 – 51.
408. Robotics : Selfreproducing machines / V. Zykov, E. Mytilinaios, B. Adams, H. Lipson // Nature. – 2005. – Vol. 435. – P. 163 – 164.
409. Ruis S. Precision Archery / S. Ruis, C. Stevenson. – Chicago : Human Kinetics Publisher, 2003. – 208 p.
410. Sanchez G. The Winning Edge : Tips on Archery [Videorecording] / G. Sanchez. – Salt Lake City, UT : Easton Inc., 1989. – 1 videocassetta.
411. Santos V.J. Reported anatomical variability naturally leads to multimodal distributions of Denavit-Hartenberg parameters for the human thumb / Santos V.J., Valero-Cuevas F. J // IEEE Trans. Biomed. Eng. – 2006. – Vol. 53, no. 2. – P. 155 – 163.
412. Sapp R. Archer's Digest / R. Sapp. – New York : Krause Publication, 2003. – 256 p.
413. Schuster B.G. Ballistics of the Modern – Working Recurve Bow and Arrow / B.G. Schuster // Amer. J. of Physics. – 1969. – V. 37, No 4. – P. 364 – 373.
414. Scouts B. Archery / Boy Scouts. – Irving, Tex. : Boy Scouts of America, 2004. – 72 p.

415. Seay C. Column-Trust Arrow / C. Seay // *Archery World*. – 1963. – V. 17. – N 9. – P. 43.
416. Simulating the task-level control of human motion : a methodology and framework for implementation / V. De Sapio, J. Warren, O. Khatib, S. Delp // *Vis. Comput.* – 2005. – Vol. 21, no. 5. – P.289 – 302.
417. Smith T. *Human Body* / Tony Smith. – London : Dorling Kindersley. – 240 p.
418. Soong T.C. *An Optimally Designed Archery* / T. C. Soong. – Rochester; New York : Xerox Corp., 1986. – 16 p.
419. Stirling W.D. Algorithm AS212. Fitting the exponential curve by least squares / W.D. Stirling // *Appl. Statist.* – 1985. – V. 34, № 2. – P. 183 – 192.
420. Stuart J. Postural consistency in skilled archers / J. Stuart, J. Atha // *Journal of Sports Science*. – 1990. – No 8. – P. 223 – 234.
421. Technical shooting analysis [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <http://www.noptel.fi/eng/sport/>.
422. Terzopoulos D. Autonomous reactive control for simulated humanoids / Terzopoulos D. // *Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. – 2003. – Vol. 1. – P. 917 – 924.
423. The tendon network of the fingers performs anatomical computation at a macroscopic scale / F.J. Valero-Cuevas, J.W. Yi, D. Brown [etc.] // *IEEE Trans. Biomed. Eng.* – 2007. – Vol. 54, no. 6, pt. 2. – P. 1161 – 1166.
424. Thelen D.G. Generating dynamic simulations of movement using computed muscle control / Thelen D.G., Anderson F.C., Delp S.L. // *J. Biomech.* – 2003. – Vol. 36. – P.321 – 328.
425. Thelen D.G. Generating dynamic simulations of movement using computed muscle control / Thelen D.G., Anderson F.C., Delp S.L. // *J. Biomech.* – 2003. – Vol. 36. – P. 321 – 328.
426. Tuijn C. The measurement of arrow velocities in the student” s laboratory / C. Tuijn, B. W. Kooi // *European Journal of Physics*. – 1992. – No 13. – P. 127 – 134.
427. Valero-Cuevas F.J. Predictive modulation of muscle coordination pattern magnitude scales fingertip force magnitude over the voluntary range / Valero-Cuevas F. J. // *J. Neurophysiol.* – 2000. – Vol. 83. – P. 1469 – 1479.
428. Valero-Cuevas F.J. Towards a realistic biomechanical model of the thumb : The choice of kinematic description may be more critical than the solution method or the variability uncertainty of musculoskeletal parameters

/ Valero-Cuevas F. J., Johanson M.E., Towles J.D. // J. Biomech. – 2003. – Vol.36. – P.1019 – 1030.

429. Valero-Cuevas F.J. An integrative approach to the biomechanical function and neuromuscular control of the fingers / Valero-Cuevas F. J. // J. Biomech. – 2005. – Vol. 38. – P. 673 – 684.

430. Valero-Cuevas F.J. Large index-fingertip forces are produced by subject-independent patterns of muscle excitation / Valero-Cuevas F. J., Zajac F.E., Burgar C.G. // J. Biomech. – 1998. – Vol. 31. – P. 693 – 703,

431. Van den Bogert A. Human muscle modeling from a user's perspective / Van den Bogert A., Gerritsena K., Cole G.J. // Electromyogr. Kinesiol. – 1998. – Vol. 8. – P.119 – 124.

432. Van den Bogert A.J. In vivo determination of the anatomical axes of the ankle joint complex : An optimization approach / Van den Bogert A.J., Smith G.D., Nigg B.M. // J. Biomech. – 1994. – Vol. 27. – P. 1477 – 1488.

433. Vinogradsky B. The Variants of the Model Operation of the Complex System in Shooting Kinds of Sport / Bohdan Vinogradsky // Management of Training Athletes of Diferent Age Croups and Skills and its Prospects : International Conference. – Kaunas, 2002. – P. 68.

434. Vynohradskiy B.A. Improvement of instrumental methods of control of oscillation processes of the “archer-bow” biomechanical system / B. A. Vynohradskiy, A. P. Vlasov // Rozprawy naukowe AWF we Wroclawiu. – Wroclaw, 2008. – V. 26. – P. 30 – 34.

435. Werner Beiter Zeigt [Videorecording]. – 1992. – 1 videocassetta.

436. Whole body dynamic behavior and control of human-like robots / Khatib O., Sentis L., Park J., Warren J. // Int J Humanoid Robot. – 2004. – Vol. 1, no. 1. – P.29 – 43.

437. Winohradski B.A. Pryba opracowania modelu matematycznego układu czhowiek – spret w sporcie / B.A. Winohradski // Wychowanie fizyczne i sport : kwartalnik. – Warszawa, 2002. – T. 46, supl.nr 1, cz. 1. – P. 256.

438. Wise L. Bow and Arrow : Comprehensive Guade to Equipment, Technique and competition / L. Wise, L. Wert. – Mechanisburg : Stackpole Book, 1992. – 288 p.

439. Zadeh L.A. From Computing with Numbers to Computing with Words from Manipulation of Measurements to Manipulation of Perceptions / L.A. Zadeh // Proceedings of the 16-th World IMEKO Congress, Sept. 25 – 28, 2000, Vienna, Austria. – Vienna, 2000. – Vol. 1. – P. 353 – 358.

440. Zajac F.E. Muscle and tendon : properties, models, scaling, and application to biomechanics and motor control / F.E. Zajac // *Critical Reviews in Biomedical Engineering* / ed. Bourne J.R. – Boca Raton : CRC Press, 1989. – P. 359 – 411.
441. Zajac F.E. Muscle coordination of movement : a perspective / F.E. Zajac // *J. Biomechanics*. – 1993 – Vol. 26, suppl. 1. – P. 109 – 124.
442. Zanevskyy I. A model of string-limbs stiffness in the lateral plane of the sport bow. / I. Zanevskyy // *The engineering of sport 4*, Ed. S. Ujihachi & S.J. Haake, Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2002. – P. 65 – 71.
443. Zanevskyy I. Dynamics of “arrow-bow” system / I. Zanevskyy // *Journal of Automation and Information Sciences*. – 1999. – No 31 (3). – P. 11 – 17.
444. Zanevskyy I. Lateral deflection of archery arrows / I. Zanevskyy // *Sports Engineering*. – 2001. – V. 4, No 1. – P. 23 – 42.
445. Zanevskyy I. Mechanical and mathematical modelling and computer simulation of vibration and impact processes in the “Man and Shooting Device” system / I. Zanevskyy // *Virtual Non-linear Multibody Systems*. – NATO Advance Study Institute, Vo 1, Prague, 2002. – P. 248 – 252.
446. Zanevskyy I. Mechanical and mathematical modelling of bow and arrow interaction / I. Zanevskyy, I. Ohirko // *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. – 2002. – Vol. 4, Suppl. 1. – P. 615 – 616.
447. Zanevskyy I. String materials regarding bow and arrow dynamics / I. Zanevskyy // *A collection of papers “Materials and Science in Sports”*. – Coronado, California, 2001. – P. 83 – 93.
448. Zervas Y. Vasomotor behaviour rehearsal in archery shooting performance / Y. Zervas, V. Kakkos // *Perceptual and Motor Skills*. – 1991. – Vol. 73. – P. 1183 – 1190.

Наукове видання

Виноградський Богдан Анатолійович

**СПОРТИВНА СТРІЛЬБА З ЛУКА:
ОСНОВИ Й УДОСКОНАЛЕННЯ
СПЕЦІАЛЬНОЇ ПІДГОТОВЛЕНOSTI**

Монографія

Редактори: **Оксана БОРИС, Єлизавета ЛУПИНІС**
Дизайн обкладинки та верстання – **Станіслав КУСТОВ**

Підписано до друку 29.10.2012. Формат 60x84/16.
Папір офсет. Гарнітура Minion. Друк різнограф.
Ум. друк. арк. 17,8.
Наклад 300 прим. Зам. № 76.



Львівський державний університет фізичної культури

Редакційно-видавничий відділ
79000, м. Львів, вул. Костюшка, 11
тел. +38 (032) 261-59-90
<http://www.ldufk.edu.ua/>
e-mail: redaktor@ldufk.edu.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників
та книгорозповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 3354 від 24.12.2008 р.

Друк
ТзОВ НВФ „Українські технології”
79035, м. Львів вул. Зелена, 251
тел./факс: +38 (032) 244-20-08

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників
та книгорозповсюджувачів видавничої продукції
ДК №789 від 29.01.2002 р.