

У 517.23
В 48

Д

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ УКРАЇНИ

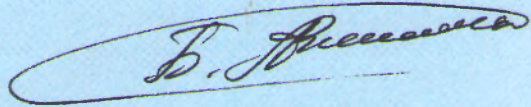
ВИНОГРАДСЬКИЙ БОГДАН АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 796.012.001.57 : 799.322

МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ БІОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ У СПОРТІ
(НА ПРИКЛАДІ СТРІЛЬБИ З ЛУКА)

24.00.01 – Олімпійський і професійний спорт

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора наук
з фізичного виховання і спорту



Київ – 2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті фізичного виховання і спорту України, Міністерство України у справах сім'ї, молоді та спорту

Науковий консультант: доктор біологічних наук, професор

ЛАПУТІН АНАТОЛІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

Офіційні опоненти:

доктор педагогічних наук, професор
БОЛОБАН ВІКТОР МИКОЛАЙОВИЧ

факультет фізичного виховання в м. Бяла Подляска
Академії фізичного виховання Юзефа Пілсудського у Варшаві, Польща,
професор кафедри індивідуальних видів спорту

доктор наук з фізичного виховання і спорту, професор
ДРЮКОВ ВОЛОДИМИР ОЛЕКСІЙОВИЧ,
Державний науково-дослідний інститут
фізичної культури і спорту, директор

доктор педагогічних наук, професор
ЗАПОРОЖАНОВ ВАДИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

Захист відбудеться 4 лютого 2010 р. о 12.30 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.829.01 у Національному університеті фізичного виховання і спорту України (03680, м. Київ-150, вул. Фізкультури, 1)

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного університету фізичного виховання і спорту України (03360, м. Київ-150, вул. Фізкультури, 1)

Автореферат розісланий 30 грудня 2009 р.



Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

A handwritten signature in black ink, appearing to be "V. I. Voronova".

В. І. Воронова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Соціальне значення спортивних досягнень у сучасному суспільстві обумовило загострення конкуренції, підвищення абсолютних показників і щільності результатів. Відтак, їх високий рівень супроводжується швидким зростанням спортивно-технічної майстерності. При цьому вирішального значення набуває раціоналізація рухів спортсмена, їх відповідність біомеханічним особливостям рухового апарату й удосконалення механізмів управління спортивним спорядженням, що проявляється у доцільності, ефективності й економності рухів (А.М. Лапутін, 1990–2005; В.М. Платонов, 1997–2006).

Найважливішими у системі технічного вдосконалення є різноманітні аспекти побудови відповідних моделей спортивної техніки, механізмів її становлення та покращення, розкриття алгоритму керування біомеханічними структурами, визначення основних параметрів, фаз й елементів координації специфічних технічних дій (Р.Ф. Ахметов, 2004–2006; В.М. Болобан, 1990, 2000). Виконання цих завдань доцільно здійснювати сьогодні орієнтуючись на структурно-функціональну єдність елементів цілісної системи спортивних рухових актів.

Водночас наукова концепція вдосконалення технічної майстерності спортсменів найвищої кваліфікації не задовольняє потреб сучасної спортивної практики. Невідповідність теоретичних знань і практичного досвіду проявляються у суперечливості поглядів на шляхи вдосконалення спортивно-технічної майстерності, застосування педагогічних кроків, які базуються на індивідуальному емпіричному досвіді (методі „проб і помилок”), фрагментарності спеціалізованої інформації, застосуванні необґрунтованих алгоритмів, засобів контролю й критеріїв оцінювання.

У процесі вдосконалення спортивної майстерності слід враховувати й інші сучасні тенденції розвитку спорту найвищих досягнень. Вони визначаються впровадженням нового спортивного обладнання та інвентаря, високоточної, компактної апаратури, застосуванням найсучасніших засобів і технологій керування, внесенням змін у регламент, правила та систему провдення змагань, зокрема у стрілецьких видах спорту (Г.І. Попов, 1992–2001; Б.Н. Шустін, 1995). Закономірно, що стрілецькі види спорту характеризуються високим рівнем технічної підготовленості, де визначальними критеріями досягнення високого спортивного результату є рівень керованості біомеханічної системи й відповідним чином підбраної та налаштованої для стрільця зброєю. Тому деякі фахівці зі стрілецького спорту розглядають становлення й удосконалення спортивно-технічної майстерності стрільців у контексті вивчення складної біомеханічної системи „стрілець – зброя” (Т.Д. Полякова, 2005, 2006). Складні біомеханічні системи у спорті – це сукупність компонентів різної природи, сумісне функціонування яких спрямоване на досягнення конкретного рухового завдання і які характеризуються кількісними параметрами їх механічного стану та поведінки. Однією з основних форм складної біомеханічної системи є антропотехнічна

система, яка складається з відносно незалежних одна від одної, біологічної (людина – спортсмен) і технічної (спортивне обладнання) підсистем, об'єднаних єдиним алгоритмом управління для досягнення визначеного спортивного результату (В.Г. Богіно, 2002-2006; В.М. Заціорський 1990). Зауважимо, що на сьогодні нема одностайності у тлумаченні узгодженості функціонування підсистем “стрілець – зброя” у стрілецькому спорті (А.О. Лопатєв, 2001-2009; В.Т. Пятков, 2000-2008). Згадані роботи лише частково торкаються проблеми вдосконалення системи управління підготовкою спортсменів на основі використання моделей системи „спортсмен – технічне обладнання – спортивний результат” і контролю параметрів стану даних підсистем. У них не повністю застосовується системний підхід щодо розгляду динамічних, детермінаційно-стохастичних взаємозв'язків при підготовці спортсменів високої кваліфікації.

Біомеханічні системи доцільно досліджувати за допомогою різноманітних моделей, які виконують роль дієвого інструмента управління ними. Аналіз наукових праць доводить, що традиційні – педагогічні та медико-біологічні методи дослідження, залишаючись одними з основних, не можуть повністю задовольнити потреби спорту на сучасному етапі його розвитку (І.П. Ратов. 1991-1995; В.М. Селуянов, 1998-2006). Усе частіше для дослідження педагогічного процесу рухового вдосконалення використовуються засоби автоматизованих та інших інформаційних підсистем зі зворотнім зв'язком, які функціонують на основі цільових програм контролю й регламенту біомеханічних та інших характеристик рухової діяльності спортсмена (І.П. Заневський, 1998-2009; Б.Н. Шестаков, 1998, 2004).

Зважаючи на складність удосконалення спортивно-технічної майстерності стрільців, багатопараметричність задач керування біомеханічними системами типу „стрілець – зброя – результат”, враховуючи тенденції розвитку науки, свої погляди фахівці спрямовують на моделювання – дієвий ефективний засіб наукового пізнання у стрілецькому спорті. Проте аналіз спеціальної літератури вказує на неоднозначність теоретичних основ та використання моделювання і моделей у практиці вдосконалення спортивно-технічної майстерності спортсменів (С.В. Дмитрієв, 2002; О.М. Худолій, 2002, 2005).

Орієнтуючись на сучасні теоретико-методичні положення з управління підготовкою спортсменів, враховуючи досягнення сучасної науки і техніки. зазначимо, що існує неузгодженість науково-методичних засад удосконалення спортивної майстерності висококваліфікованих спортсменів з ефективністю використання моделювання і контролю складних біомеханічних систем у спорті. Особливо гострою окреслена проблема є у тих видах спорту, в яких технічний компонент (спортивне обладнання) має суттєвий вплив на досягнення спортивного результату і який доцільно розглядати як окрему систему зі складними взаємозв'язками зі спортсменом.

Тому актуальність роботи полягає у важливості напрацювання концептуальних засад і практичних підходів до моделювання складних біомеханічних систем у стрілецькому спорті, прикладного застосування

відповідних моделей і сучасних засобів контролю, що є необхідними умовами підвищення рівня спортивно-технічної майстерності спортсменів високої кваліфікації.

Зв'язок роботи з науковими планами, темами. Дисертаційну роботу виконано згідно зі „Зведеним планом НДР у сфері фізичної культури і спорту на 2001-2005 рр.” Державного комітету молодіжної політики, спорту і туризму України за темами: „Теоретико-методичні основи моделювання складних систем (на прикладі стрілецького спорту та біатлону)”, шифр 1.2.14 (№ держреєстрації 0102U002650), „Математичне моделювання кінематики рухів спортсменів”, шифр 1.4.2 (№ держреєстрації 0102U002645); і „Зведеним планом НДР у сфері фізичної культури і спорту на 2006-2010 рр.” Міністерства України у справах сім'ї, молоді та спорту: „Вдосконалення засобів і методів технічної підготовки кваліфікованих спортсменів”, шифр 2.2.2 (№ держреєстрації 0104U003839), “Моделювання процесів взаємодії тіла людини зі спортивним приладдям”, шифр 2.2.5 (№ держреєстрації 0106U012619). Автором здійснені теоретичне обґрунтування й експериментальні дослідження і написано окремі розділи зазначених тем зведеного плану НДР.

Мета роботи – вдосконалення спортивно-технічної майстерності лучників високої кваліфікації на основі застосування засобів і методів моделювання та контролю складних біомеханічних систем у стрілецькому спорті.

Завдання дослідження.

1. Вивчити сучасний стан застосування засобів моделювання в процесі вдосконалення технічної майстерності спортсменів високої кваліфікації.

2. Обґрунтувати концепцію процесу вдосконалення спортивно-технічної майстерності лучників високої кваліфікації з використанням моделювання і контролю складної біомеханічної системи „стрілець – зброя – результат”.

3. Розробити моделі та розвинути напрями моделювання спортивної результативності найсильніших лучників.

4. Вивчити особливості побудови кінематичних моделей спортивної техніки у стрільбі з лука.

5. Розробити інструментальні засоби контролю та створити математичні моделі коливальних процесів й опорних взаємодій у складній біомеханічній системі лучного спорту.

6. Виявити взаємозалежність параметрів спеціальної підготовленості та спортивного результату лучників високої кваліфікації.

7. Визначити ефективність планування процесу підготовки лучників на основі розв'язання багатопараметричних завдань зі застосування графічних комп'ютерних моделей.

8. Обґрунтувати теоретико-методологічні засади та визначити ефективність методичних підходів до удосконалення спортивно-технічної майстерності лучників високої кваліфікації на основі використання умов “моделюючого зовнішнього середовища”.

Об'єкт дослідження – процес управління складними біомеханічними системами у стрілецькому спорті.

Предмет дослідження – ефективність моделювання та контролю складних біомеханічних систем у спорті (на прикладі спортивної стрільби з лука).

Методологічна основа та методи дослідження. Методологічною основою роботи є системний підхід, згідно з яким структура підготовки і стан підготовленості спортсменів розглядаються як комплекс взаємозв'язаних елементів, котрі впливають один на одного з певною детермінованістю.

Ефективне управління тренувальним процесом спортсменів неможливе без використання моделей. Вони суттєво впливають на застосування експериментальних даних у практичній сфері підготовки спортсменів. Моделювання слід розглядати як необхідний інструмент управління системою підготовки на сучасному етапі розвитку спорту (А. М. Лапутін 1990-2005; В. М. Платонов, 1997-2004). Підкреслюємо, що кінцевим результатом моделювання є розробка алгоритму управління, який забезпечує раціональніше досягнення поставленої мети. У нашому дослідженні спортсмен в умовах змагальної діяльності розглядається як складна біомеханічна система, що взаємодіє з оточуючим середовищем, спортивним знаряддям і низкою збиваючих факторів, котрі впливають на досягнення того чи іншого спортивного результату. Очевидно, що основною метою моделювання процесу змагальної діяльності в певних умовах зовнішнього середовища є пошук ефективних способів виконання рухових дій, спрямованих на досягнення найвищого спортивного результату.

Робота будується з використанням загальних принципів і підходів теорії штучного керуючого середовища (І. П. Ратов, 1971-1991), розмірності та схожості (В. А. Венніков, 1984), термінової зворотної інформації та побудови рухів (М. О. Бернштейн, 1991), функціональної системи (П. К. Анохін, 1975), спортивної підготовки (В. М. Платонов, 1997-2006). Дослідження базуються на основах кібернетики, штучного інтелекту і теорії систем.

Використовувався комплекс загальноприйнятих і спеціалізованих методів дослідження.

1. Загальнотеоретичні методи дослідження: аналіз і синтез, порівняння й аналогія.
2. Аналіз спеціальної літератури, WEB-сторінок мережі INTERNET і систематизація практичного досвіду.
3. Педагогічний контроль.
4. Педагогічний експеримент для апробації розроблених технологій.
5. Дослідження кінемагічних параметрів рухів стрільців за допомогою модернізованого нами оптико-електронного комп'ютерного комплексу Scatt.
6. Акселерометрія коливальних процесів у системі “спортсмен – обладнання”.
7. Комп'ютерна стабілографія.
8. Відеоаналіз спеціалізованих дій спортсменів.

9. Математико-статистичні методи обробки цифрових масивів.

Наукова новизна:

- розвинуто концепцію процесу вдосконалення спортивно-технічної майстерності лучників високої кваліфікації з використанням моделювання і контролю складної біомеханічної системи „стрілець – зброя – результат”;
- дано кількісну характеристику і запропоновано адекватні моделі спортивної результативності та спеціальної підготовленості спортсменів-лучників;
- вперше обґрунтовано і розроблено нові інструментальні засоби контролю коливальних процесів при взаємодії підсистем різної природи антропотехнічної системи "стрілець – зброя”;
- запропоновано алгоритм побудови тренувального процесу лучників високої кваліфікації у спеціальному підготовчому етапі річного циклу на основі застосування графічних тетроїдних моделей оптимального розподілу засобів спеціальної підготовки;
- вперше запропоновано алгоритм аналізу коливальних процесів при взаємодії підсистем різної природи антропотехнічної системи "стрілець – зброя”;
- уточнено особливості проявів координаційних компонентів у стрільців при використанні різних типів зброї;
- уточнено взаємозв'язки параметрів спеціальної підготовленості стрільців високої кваліфікації з їх спортивним результатом;
- обґрунтовано шляхи підвищення спортивного результату висококваліфікованих лучників на основі використання змодельованого середовища.

Практична значущість роботи полягає в розробці та практичній перевірці нових педагогічних методик підготовки спортсменів; створенні алгоритму оптимізації функціонування різноякісної біомеханічної системи; вдосконаленні технології контролю важливих, складноконтрольованих елементів спеціальної підготовленості спортсменів на основі їх математичних і комп'ютерних моделей, розроблених та адаптованих інструментально-вимірвальних комплексів. Запропоновані технології забезпечуватимуть ріст спортивної результативності, об'єктивність оцінки готовності спортсменів до відповідальних стартів, підвищення рівня педагогічного управління. Практичні результати роботи можуть використовуватися під час підготовки збірних команд України зі стрільби з лука до найважливіших змагань – чемпіонатів Світу, Європи, Олімпійських ігор; у системі підготовки груп спортивного вдосконалення і вищої спортивної майстерності дитячо-юнацьких спортивних шкіл, спеціалізованих дитячо-юнацьких шкіл олімпійського резерву, шкіл вищої спортивної майстерності зі стрільби з лука, що підтверджено відповідними актами впровадження.

Результати дисертаційного дослідження запроваджено у навчальний процес підготовки фахівців у Львівському державному університеті фізичної культури, зокрема у курс теорії та методики обраного виду спорту.

Особистий внесок здобувача виявляється у розробці теоретичних і методичних основ виконання дисертаційного дослідження, у проведенні експериментальної роботи, в розробці математико-статистичних моделей елементів складних біомеханічних систем у спорті, напрацюванні шляхів удосконалення процесу управління станом спеціальної підготовленості лучників, модернізації комп'ютерних та інструментальних технологій контролю параметрів підготовленості стрільців. У співавторстві розроблено:

- 1) пристрій для визначення часових рухових параметрів спортсменів-лучників (патент України на винахід № 26074, від 30.04.99, бюл. № 2);
- 2) пристрій для оцінки рухової активності (патент України на винахід № 39293А, від 15.06.2001, бюл. № 5);
- 3) тренажер для вдосконалення майстерності стрільців у швидкісних стрілецьких вправах (патент України на винахід № 2001010285, від 16.07.2001, бюл. № 6);
- 4) комп'ютерну програму "Діагностика" (свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 7095 від 10.02.2003);
- 5) комп'ютерну програму для відбору стріл "Стріла" (свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 18129 від 02.10.2006);
- 6) адекватні математичні процедури моделювання складних сигналів під час взаємодії підсистем "лучник" – "лук" (на основі методів Гільберта, Томсона, Проні, вейвлет-аналізу) та обчислення рейтингової оцінки спортивної майстерності лучників.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дослідження оприлюднено на міжнародних і всеукраїнських наукових та науково-практичних конференціях, а саме: на міжнародному конгресі "Человек в мире спорта. Новые идеи, технологии, перспективы", Москва, 1998; на XVI міжнародному науковому симпозиумі зі спортивної біомеханіки, Констанц, Німеччина, 1998; на V міжнародному науковому конгресі "Олимпийский спорт и спорт для всех", Мінськ, 2001; на III міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Системний аналіз та інформаційні технології", Київ, 2001; на міжрегіональній науково-практичній конференції "Кінезіологія в системі культури", Івано-Франківськ, 2001; на VI міжнародному науковому конгресі "Modern Olympic Sport and Sport for All", Варшава, 2002; на міжнародній конференції "Management of training athletes of different age group and skills and its prospects", Каунас, Литва, 2002; на міжнародній науково-методичній конференції "Научно-методические и практические аспекты подготовки специалистов в современном техническом вузе", Белгород, Росія, 2003; на науково-практичному семінарі з підвищення кваліфікації провідних тренерів України зі стрільби з лука, Конча-Заспа, Україна, 2003; на польсько-українській науковій конференції "Механіка середовища, методи комп'ютерних наук та моделювання", Львів, 2004; на науковій конференції "Актуальні проблеми фізичної культури і спорту", Київ, 2004; на I, II, III міжнародних науково-практичних конференціях з проблем розвитку стрільби з лука, Львів, 2000, 2001, 2005 рр.; на IX міжнародному науковому конгресі "Олимпийский спорт и спорт для всех", Київ, 2005; на III-

Х всеукраїнських наукових конференціях "Молода спортивна наука України", Львів, 1999-2007 рр.; на VIII міжнародному науковому конгресі "Biomechanics-2008", Вроцлав, Польща.

Положення та результати покладено в основу методичних рекомендацій з підготовки найсильніших спортсменів України (стрільців із лука) до Ігор XXVII, XXVIII та XXIX Олімпіад і розробки навчальних програм зі стрільби з лука для дитячо-юнацьких спортивних шкіл, спеціалізованих дитячо-юнацьких шкіл олімпійського резерву, шкіл вищої спортивної майстерності, університетів та вузів фізкультурного профілю України. Практичне застосування окремих розроблених педагогічних методів і засобів удосконалення системи підготовки національної збірної команди України зі стрільби з лука сприяло здобуттю 4 олімпійських нагород упродовж 1996-2008 рр.

Результати дисертаційного дослідження викладено у 57 публікаціях, серед яких монографія "Моделювання складних біомеханічних систем і його реалізація в спорті", два навчальних посібники "Професійно-стрілецька підготовка особистого складу органів внутрішніх справ України у швидкісних стрілецьких вправах" та "Основи влучної стрільби" (рекомендованого Міністерством освіти та науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів) у співавторстві, 4 збірки методичних матеріалів під загальною редакцією автора дисертації, 4 патенти України на винахід, 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір – комп'ютерні програми "Діагностика" і "Стріла", 31 статті у фахових виданнях України.

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, 10 основних розділів, висновків, додатків, списку літературних джерел. Обсяг основного тексту дисертації становить 411 сторінок, а також 47 таблиць і 143 рисунки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

Вступ розкриває суть наукової проблеми моделювання складних біомеханічних систем у стрілецькому спорті, її актуальність, практичну й теоретичну значущість, сформульовано мету, завдання, окреслено об'єкт і предмет дослідження, обрано методологію і методи дослідження, вказано зв'язок з науковими планами і темами, визначено особистий внесок здобувача у виконання дисертаційного дослідження та шляхи впровадження наукових результатів.

У першому розділі дисертаційного дослідження **„Проблеми та перспективи вдосконалення спортивно-технічної майстерності спортсменів високої кваліфікації з використанням моделювання і контролю складних біомеханічних систем”** розглядається роль і місце моделювання та контролю в системі вдосконалення спортивно-технічної майстерності спортсменів високої кваліфікації. Теоретичний аналіз дав підстави стверджувати: враховуючи специфічність спортивної діяльності, динамічність і неоднозначність ситуаційних обставин, неповноту характеристик, автоматизовані системи контролю і технології детермінаційного, зокрема математичного та комп'ютерного моделювання, ще

не знайшли широкого застосування при підготовці спортсменів навіть найвищої кваліфікації. У цьому розділі обґрунтовано, що подальші дослідження доцільно спрямовувати на створення системної моделі процесу підготовки стрільців; моделі спортивної результативності (змагальної діяльності), біомеханічних моделей спортивної техніки; моделей різних сторін підготовленості, поєднання результатів акселерометричних, тензометричних і відеографічних досліджень з педагогічними оцінками техніки виконання пострілу.

У другому розділі „**Методи та організація досліджень**” описано методи й організацію дослідження. Для досягнення мети та виконання завдань дисертаційного дослідження використовувалися загальнотеоретичні, педагогічні, математичні й інструментальні методи дослідження.

Методи обробки спеціальних даних, що застосовувалися в роботі: аналіз й узагальнення спеціальної науково-методичної літератури, документів планування та звітності тренерів і спортсменів, протоколів найважливіших міжнародних змагань зі стрільби з лука. В інструментальних методиках вимірювання кінематичних і динамічних параметрів застосовувалися: тензоплатформа Pedapa Lizard Blue, модернізований нами оптико-електронний комп'ютерний пристрій „Scatt”; спеціально розроблений акселерометричний інформаційно-вимірювальний комплекс контролю кінематичних параметрів системи “лучник – лук”; імпульсна електромагнітна система контролю якості спортивного лука. Щоб автоматизувати процес вводу й опрацювання великого обсягу даних, які оцінюють кількісні параметри влучень у мішень, застосовувалася розроблена нами комп'ютерна програма відбору стріл „Стріла-01”. Педагогічні методи дослідження полягали у використанні: педагогічних спостережень, аналізу відеоматеріалів техніки виконання змагальних вправ лучників високої кваліфікації різних країн (Австралії, Голландії, Італії, Кореї, Німеччини, США), педагогічного тестування та контролю спеціальної фізичної підготовленості лучників, педагогічного експерименту. Для автоматизації обробки цифрових даних застосовувалися методи математичної статистики з використанням прикладних комп'ютерних програм Excel 8, Statistica 6.

Наукові пошуки формувалися з чотирьох взаємопов'язаних етапів дослідження. На першому етапі (1999-2000 рр.) вивчався стан науково-методичного забезпечення системи підготовки висококваліфікованих лучників, визначалися дискусійні моменти управління складними біомеханічними системами „стрілець – зброя” та можливі шляхи вдосконалення спортивної майстерності стрільців; розроблялися теоретичні основи моделювання складних систем у стрілецькому спорті; вивчалася структура, підбиралися параметри та розроблялися відповідні моделі результативності провідних спортсменів світу. Проаналізовано дані більш як 1200 спортсменів. На другому етапі (2001-2003 рр.) створено та модернізовано необхідні інструментальні засоби контролю (акселерометричний комп'ютерний вимірювальний комплекс, імпульсна електромагнітна система контролю якості спортивного лука, оптико-електронний комплекс); визначено морфо-функціональну координаційну структуру змагальної вправи лучників; розроблено кінематичну схему виконання

змагальної вправи; досліджено акселерометричні параметри складної антропотехнічної системи “лучник – зброя – результат”, створено моделі спеціальної фізичної підготовленості. Під час третього етапу (2004-2006 рр.) створювалися й апробувалися: педагогічні технології змодельованого середовища; моделі спеціальної підготовленості та процесу підготовки лучників; формувалися висновки теоретичних й експериментальних досліджень. У педагогічних експериментах, що безпосередньо стосувалися визначення ефективності застосування змодельованого середовища та його варіантів зі застосуванням гіпергравітаційного костюма, „комбінованого маятника”, комп’ютерного пристрою для відтворення вітрової ситуації та нестійких платформ брали участь висококваліфіковані лучники (65 осіб).

Пролонговані наукові дослідження у 2007-2008 роках засвідчили ефективність наукових результатів, впроваджених у процес спеціальної підготовки стрільців збірних України до найважливіших змагань олімпійського циклу, зокрема до Ігор XXIX Олімпіади у Пекіні.

Спираючись на принципи й емпіричні знання з теорії та методики підготовки лучників, у третьому розділі „**Теоретичні основи моделювання складних систем у лучному спорті**” ми запропонували загальну структурну модель складної біомеханічної системи “стрілець – зброя – спортивний результат”, складовими частинами котрої є 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.1).

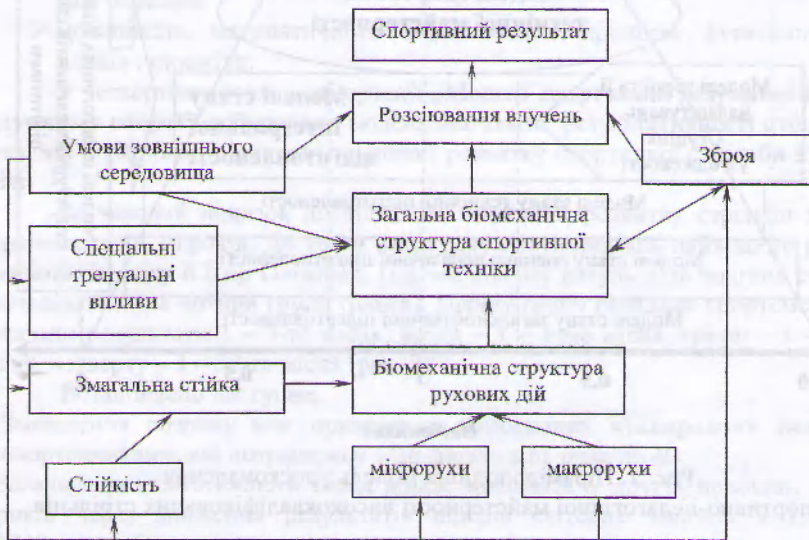


Рис.1. Загальна структурна модель складної біомеханічної системи “стрілець – зброя – спортивний результат”

В основі моделювання складної біомеханічної системи у спорті, зокрема типу "лучник – лук – результат", закладено відповідні принципи: інформаційної достатності, доцільності, здійсненності, агрегації, параметризації. Вони дозволяють гнучко, різнопланово, практично вивчати і застосовувати управлінські рішення, адекватні процесові вдосконалення спортивно-технічної майстерності стрільців.

Дослідження показали, що існують складні взаємозв'язки між якісними і кількісними параметрами всередині окремих блоків і між блоками в логічній схемі біомеханічної моделі "лучник – лук – результат". Вони полягають у нелінійності залежностей, детермінаційно-стохастичному впливові одних характеристик на інші, наявності нечітких межових моментів. Тому узгодженість блоків та їх керованість виражена у системній (загальній) пірамідоподібній моделі досягнення спортивного результату лучників (рис. 2).

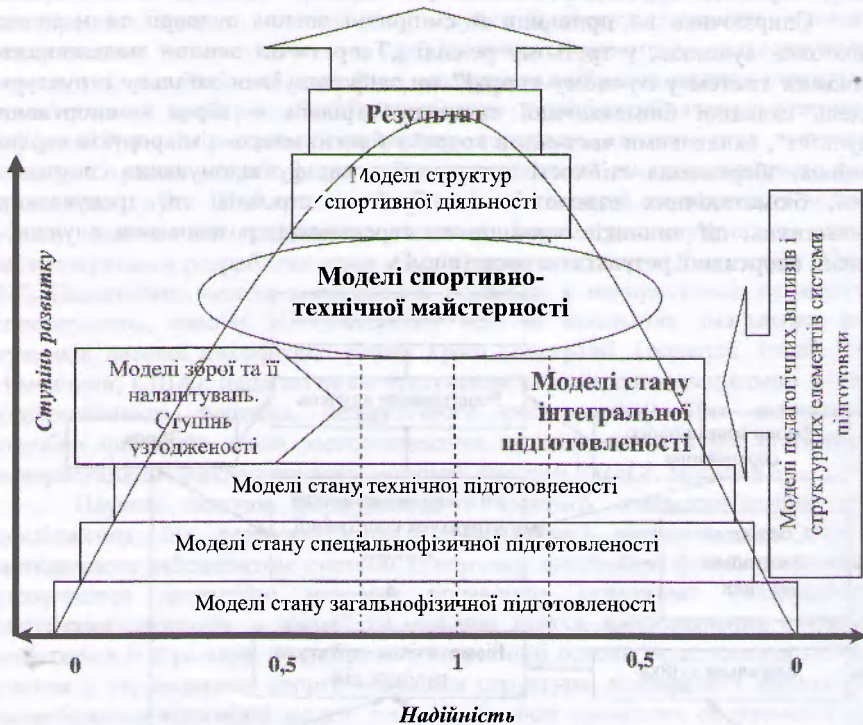


Рис. 2. Пірамідоподібна модель удосконалення спортивно-педагогічної майстерності висококваліфікованих стрільців

Пірамідоподібна модель складається з блоків, котрі є підсистемами різних рівнів та узагальнень. Кожна з підсистем характеризується станом параметрів

елементів, які її формують. Відповідні моделі описують параметри стану підсистем. На „фундамент піраміди” спираються інші системи досягнення спортивного результату. При цьому верхні блоки „піраміди” базуються на нижніх. Кожен з блоків піраміди характеризується надійністю та ступенем розвитку.

Визначено принципи побудови пірамідоподібної моделі досягнення спортивного результату:

- можливість модельного представлення процесу досягнення спортивного результату на основі побудови моделей підготовленості різної природи;
- використання показників надійності та ступеня розвитку для загальної ідентифікації пірамід;
- емерджентність процесів функціонування піраміди;
- поетапність трансформації біологічних блоків пірамідоподібної моделі у соціальні блоки за своїм наповненням;
- можливість прогнозування росту спортивного результату на основі змін стану підготовленості у кожному блоці піраміди;
- наявність детермінаційного зв'язку між блоками пірамідоподібної моделі;
- проєкційність укладення блоків піраміди зумовлена такою архітектонікою, коли межі блоку вищого рівня не можуть виходити за межі нижнього;
- індивідуальність і типовість профілів піраміди досягнення спортивного результату;
- динамічність процесів функціонування піраміди та гетерохронність змін між блоками;
- можливість математичного моделювання процесів функціонування блоків і піраміди.

У четвертому розділі дисертації „**Моделі спортивної результативності у лучному спорті**” побудовано моделі змагальної результативності стрільців з лука, які розкривають основні тенденції розвитку спортивної стрільби з лука у світі.

За часовий відрізок дослідження тенденцій розвитку стрільби з лука, обрано останні 16 років. До уваги взято результати змагань найвищого рівня – чемпіонатів світу й Ігор Олімпіад. Під час аналізу результатів змагань стрільців розподілялися на чотири групи (ранги). Першу групу складали спортсмени, що показали результати 1 – 3-тє місяця, другу – 1 – 8-ме місяця, третю – 1 – 16-тє місяця, четверту – 1 – 32-ге місяця (рис. 3).

Встановлено наступне.

1. Зменшення розриву між призерками найбільших міжнародних змагань і спортсменками, які потрапили у 1/16 фіналу з 61 очка до 40.
2. Загальна результативність серед жінок знизилася у другій половині 90-тих років через зниження результатів лідерів світових змагань з 1365 до 1319 очок. Зменшення результату в інших групах спортсменок не таке виразне.

3. Подальше зростання спортивного результату у жінок базувалося на підвищенні майстерності в усіх без винятку групах спортсменок. У чоловіків на початку 90-х років минулого століття розрив між трійкою лідерів і 32 кращими спортсменами становив у середньому 26 очок. Приблизно така ж різниця була і на чемпіонаті світу 2007 р. – 31 очко.
4. Падіння загального результату в 1999 р. відбулося в усіх групах (рангах) стрільців, а розрив між ними становив 44 очки, що значно більше, ніж у середньому на найбільших міжнародних змаганнях останнього десятиріччя.
5. Підтверджується факт збільшення конкуренції між провідними стрільцями світу у жінок і у чоловіків.
6. Прогнозується зростання спортивної майстерності та подальший ріст загальної результативності.

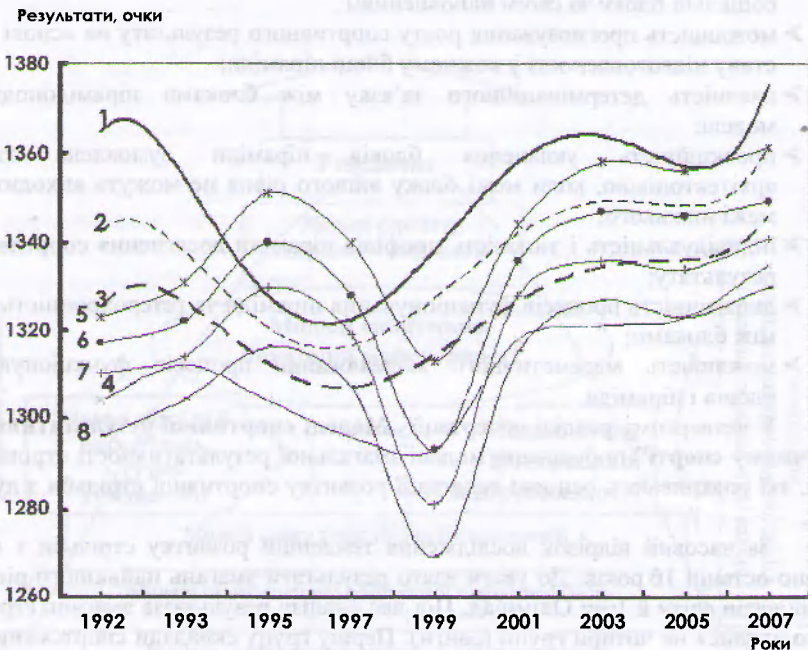


Рис. 3. Співвідношення сил між рангами у найсильніших лучників світу у вправі FITA – 1:

- 1 – середній результат у групі спортсменок, що посіли 1 – 3 місця;
- 2 – середній результат у групі жінок, що посіли 1 – 8 місця;
- 3 – середній результат у групі спортсменок, що посіли 1 – 16 місця;
- 4 – середній результат у групі жінок, що посіли 1 – 32 місця;
- 5 – середній результат у групі спортсменів, що посіли 1 – 3 місця;
- 6 – середній результат у групі чоловіків, що посіли 1 – 8 місця;
- 7 – середній результат у групі спортсменів, що посіли 1 – 16 місця;
- 8 – середній результат у групі чоловіків, що посіли 1 – 32 місця

Розроблено схему, в якій наводиться взаємозв'язок між результатом, показаним у FITA-1 раунді, і місцем (рис. 4). Основну лінію тренду можна описати за допомогою рівняння $y = 0,4083x^3 - 3,9607x^2 - 5,969x + 1361,7$.

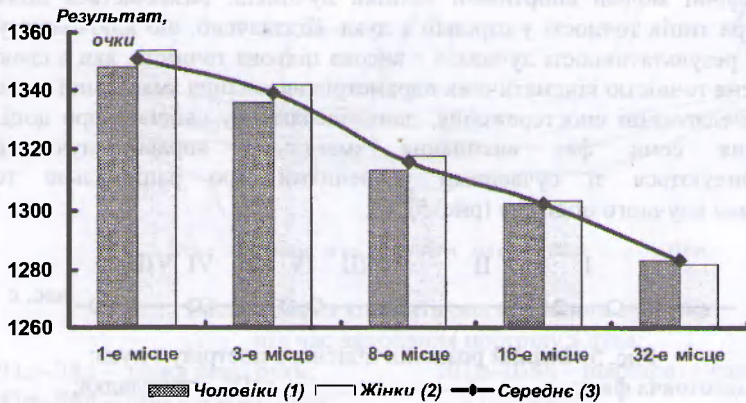


Рис. 4. Відповідність результату і займаного місця у вправі FITA-1:

- 1 – результати у чоловіків,
- 2 – результати у жінок,
- 3 – середні значення всіх стрільців

Якщо ж проаналізувати перспективу кращих українських стрільців – членів національної команди на найважливіших змаганнях, то, практично, всі вони можуть займати місця не нижче восьмого після виступу у кваліфікаційному раунді FITA – 1.

На основі статистичного аналізу результатів змагань розроблено таблиці ймовірності перемоги у фінальній частині змагань, що дозволяють зафіксувати контрольні точки абсолютного спортивного результату на найпрестижніших змаганнях світу (табл. 1, 2). Визначений очковий діапазон результативності є цільовим орієнтиром у системі підготовки найсильніших лучників.

Таблиця 1

Імовірність перемоги в олімпійському раунді (жінки), %

Раунд	Результат						
	85-89	90-95	96-100	101-105	106-110	111-115	116-120
1/32	3,2	13,2	29,3	62,3	87,3	98,5	100
1/16	2,8	8,1	25,1	61,4	85,2	97,4	99,8
1/8	1,7	5,1	21,4	58,7	84,4	95,3	99,8
1/4, 1/2 і фінал	-	0,8	7,5	35,0	81,3	99,6	100

Таблиця 2

Імовірність перемоги в олімпійському раунді (чоловіки), %

Раунд	Результат						
	85-89	90-95	96-100	101-105	106-110	111-115	116-120
1/32	0,4	3,9	11,3	49,3	81,9	97,3	100
1/16	-	3,1	9,1	48,0	81,8	97,2	99,1
1/8	-	2,2	6,2	46,7	84,0	95,4	99,7
1/4, 1/2 і фінал	-	-	0,7	8,8	51,3	99,5	100

У п'ятому розділі дисертаційного дослідження „Кінематика біомеханічної системи „лучник – лук” подаються кінематичні і морфотопографічні моделі спортивної техніки лучників, визначається поняття та структура типів точності у стрільбі з лука. Відзначено, що ключовою умовою високої результативності лучників є висока цільова точність, яка в свою чергу зумовлена точністю кінематичних параметрів виконання змагальної вправи.

Педагогічні спостереження, дані відеоаналізу свідчать про доцільність виділення семи фаз виконання змагальної вправи лучників, які кореспондуються зі сучасними уявленнями про раціональне технічне виконання влучного пострілу (рис. 5).

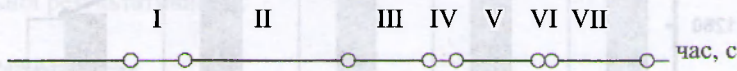


Рис. 5. Фазний розподіл цілісного пострілу з лука:

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

Для наочності та кращого розуміння моменту задіювання м'язів нами розроблено відповідну хроно-координатну схему, яка вказує на те, що найбільше фізичне навантаження припадає на такі м'язи: трапецієподібний, триголовий плеча, ромбовидний і найширший спини (права частина тіла), що виконують роботу динамічного характеру. Найбільше навантаженими м'язами лівої кінцівки є дельтовидний, надостний, плечопроменевий, великий грудний і квадратний пронатор, що виконують статичну роботу для утримання лівої кінцівки.

Опис кінематики пострілу ґрунтується на графічному аналізі переміщення окремих ланок шарнірного механізму, який моделює скелет верхніх кінцівок і верхню частину тулуба людини. Умовно можна уявити схему цього шарнірного механізму як це показано на рис. 6. Ланки тіла виконують роль важелів і відповідають певним елементам рухової системи спортсмена.

Спираючись на схеми (рис. 6), виявлено оптимальні варіанти переміщення ланок тіла для виконання пострілу з лука. Отримано теоретичне обґрунтування моделі сучасної техніки стрільби, яку використовують більшість висококваліфікованих лучників. Особливе значення відіграє дотяг тязиви під час стрільби, оскільки вимагає точного переміщення точки дотику пальців руки з тязивою в площині пострілу. Рух цієї точки в будь-якому іншому напрямку змінює початкове положення прямої прицілювання та призводить до неточного влучення у мішень.

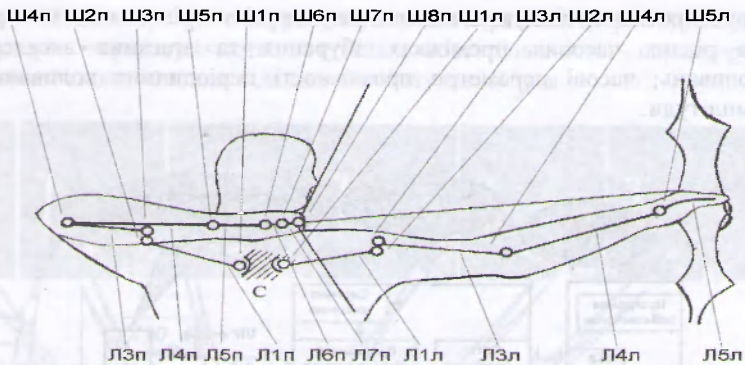


Рис. 6. Схема кінематичного ланцюга лучника під час виконання пострілу з лука:

Л1л–Л8л – ланки лівої руки;

Ш1п–Ш8л – шарнірні з'єднання ланок;

Л1п–Л8п – ланки правої руки;

С – грудина

У шостому розділі дисертаційного дослідження „Контроль параметрів стану складних біомеханічних систем у лучному спорті” описуються й аналізуються нові засоби контролю параметрів стану складних біомеханічних систем у лучному спорті. Розроблено низку інструментальних і комп'ютерних методик, що суттєво підвищує якість управління процесом підготовки кваліфікованих спортсменів.

Для кількісного кінематичного аналізу нами розроблено акселерометричний інформаційно-вимірювальний комплекс. На руківці лука встановлюються п'єзоелектричні акселерометричні давачі, які у комплекті з узгоджувальними пристроями (УП) забезпечують необхідний діапазон вимірювання прискорень і рівень вихідного електричного сигналу, пропорційний прискоренню руху руківки лука у напрямку основного компонента вектора швидкості польоту стріли, а також у вертикальній і поперечній площинах. Далі через багатоканальний мультиплексор МП сигнали передаються на вхід швидкодіючого паралельно-послідовного аналого-цифрового перетворювача АЦП, а тоді через спеціальний інтерфейс ІФ у цифровому вигляді – на персональний комп'ютер ПК, де проводиться збереження даних, їх аналіз, опрацювання та візуалізація у реальному часі (рис. 7).

Спеціально розроблена комп'ютерна програма дослідження цифрових масивів дозволяє отримувати дані амплітудного і частотного спектрального аналізу (рис. 8).

Для визначення загальних закономірностей оптимізації функціонування системи “лучник – лук” вивчався цифровий масив даних акселерометричних осциляцій. До уваги бралися максимальні та мінімальні значення (амплітуда) трьох компонентів вектора прискорення при перетворенні потенційної енергії

пружних елементів лука в кінематичну енергію стріли; частотні характеристики на різних часових проміжках збурення та згасання акселерометричних коливань; часові параметри протяжності періодичних коливань визначеної амплітуди.

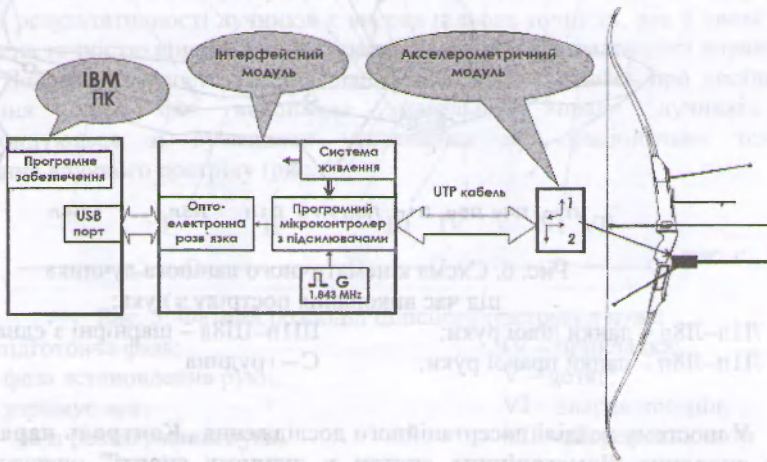


Рис. 7. Блок-схема комплексу акселерометричних вимірювань

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

Експериментальні дані засвідчили складність побудови групових моделей інтегральної підготовленості лучників високої кваліфікації при взаємодії виконання специфічних функцій підсистем “лучник” і “зброя”.

Продуктивним є варіант створення індивідуальних оптимізаційних моделей підготовленості. Механізм створення таких моделей полягає в практичному застосуванні варіаційних параметрів компонентів системи і підсистем (табл.3).

Таблиця 3

Дисперсія амплітуд акселерометричних коливань від пострілу до пострілу для одного з налаштувань лука, $n=20$

Номер пострілу	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

У табл. 3 наведено результати розрахунку дисперсії акселерометричних коливань, котрі характеризують ступінь повторюваності параметрів акселерометричних коливань для заданого налаштування лука.

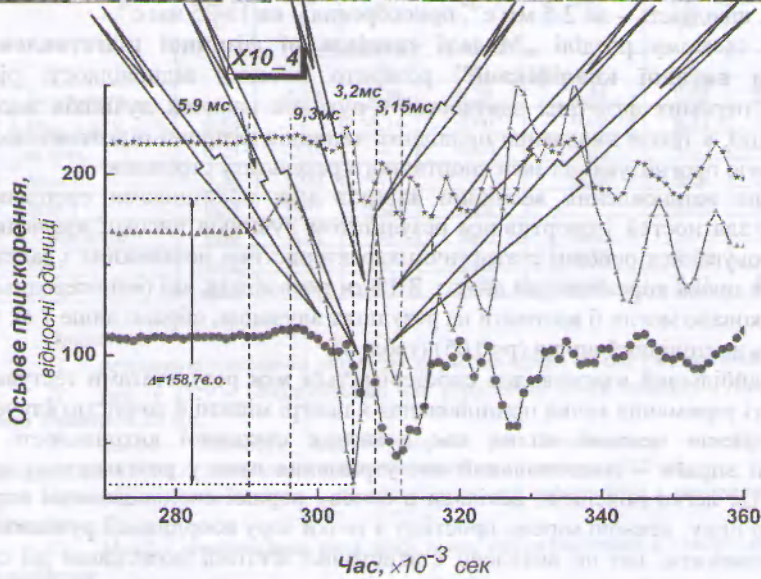


Рис. 8. Трикомпонентна акселерограма руківки лука

Експерименти показали, що максимальні величини повздовжних і вертикальних компонентів акселерометричних коливань у фазі внутрішньої балістики повторюються від пострілу до пострілу. Це свідчить про можливість використання їх для ідентифікації параметрів налаштування лука. Акселерограми за своїм характером є згасаючими коливальними процесами з наявністю шумів. Якщо абстрагуватися від згасаючого характеру коливань, то акселерометричний сигнал можна представити у вигляді суперпозиції вузькосмугових процесів.

На основі використання стабілографічних досліджень розроблено моделі опорної взаємодії тіла спортсмена з горизонтальною площиною під час утримання змагальної стійки. В результаті порівняння середніх значень розподілу сил опори між трьома контрольними точками стопи (передньою, боковою та задньою) визначено таке співвідношення під час тестування: 28,5 :

37,8 : 33,7 з відкритими очима та 29,3 : 38,6 : 32,1 із закритими очима, що не свідчить про істотні відмінності. Розподіл опорних взаємодій суттєво змінюється в умовах утримання змагальної стійки лучників під час стрільби з лука на ліву ногу – 59 % проти 41 %. Аналіз кінематичних параметрів стабілографії змагальної діяльності лучників вказує на наявність значущих взаємозв'язків між спортивним результатом і довжиною, швидкістю та прискоренням переміщення точки проекції сили. Коефіцієнти кореляції між вказаними показниками коливаються в межах 0,7-0,9. При цьому довжина кривої проекції ЗЦМ в умовах виконання змагальної вправи збільшується від 15 до 40 мм, швидкість – на 2-5 мм с⁻¹, прискорення – на 10-25 мм с⁻².

У сьомому розділі „**Моделі спеціальної фізичної підготовленості стрільців високої кваліфікації**” розкрито питання відповідності рівнів розвитку окремих фізичних здатностей і рухових навичок лучників високої кваліфікації, а також виявлення провідних чинників фізичної підготовленості з можливістю прогнозування змін спортивного результату стрільців.

Для встановлення величини зв'язків між показниками спеціальних фізичних здатностей і спортивним результатом лучників високої кваліфікації використовувалися основні статистичні характеристики незалежних і залежної вибірок, а також кореляційний аналіз. З 18-ти показників, які безпосередньо чи опосередковано могли б впливати на результат влучення, обрано лише 7 як такі, що мають достовірний вплив ($p < 0,05$) (табл. 4).

Найбільший взаємовплив спостерігається між результатами тестування тривалості утримання точки прицілювання в центрі мішені й точністю влучення ($r = 0,53$). Дещо менший вплив має показник статичної витривалості при виконанні вправи – максимальний час утримання лука у розтягнутому стані ($r = 0,48$). Це легко пояснити, оскільки в основу першої спеціалізованої вправи закладено іншу, певною мірою, простішу з точки зору координації рухових дій. Варто зауважити, що не виявлено статистично істотної позитивної дії суми абсолютних сил м'язів верхніх кінцівок на спортивний результат у стрільців високої кваліфікації. Водночас, їх м'язи правої та лівої рук проявили різну силову здатність при підніманні вгору ($r = 0,31$; $r = 0,35$).

Побудовано регресійну модель залежності спортивного результату лучників у вправі М-3 (18м) від рівня розвитку параметрів спеціальної фізичної підготовленості:

$$\text{Результат} = 9,09 + 0,036 (\text{упр. в } \emptyset 9) + 0,016 (\text{м.чум.}) - 0,008 (\text{Max } r) + 0,005 (\text{Max } l) + 0,016 (\text{Tame draw}) - 0,016 (\text{Up } r) + 0,051 (\text{Up } l)$$

Окрім того, щоб окреслити необхідний набір придикторів і визначити їх силу впливу на очковий результат стрільців з різних типів зброї, кореляційні та регресійні залежності відображено у вигляді порівняльної таблиці (табл. 5). Аналізувався та порівнювався ступінь впливу величин кінематичних показників мікрорухів стрільців з використанням оптико-електронного комплексу Scatt на дистанції 10-ти метрів.

**Кореляційна матриця показників рівня розвитку
спеціальної фізичної підготовленості
і спортивного результату у лучників, $n=52$, $p<0,05$**

Показники		Показники							
		Результат	Утр. в Ø 9	м.чут.	Max r	Max l	Tame draw	UP R	UP L
		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.чут.	0,23	-0,14	-	-0,11	-0,32	-0,17	-0,23	0,19
4	Max r	0,38	0,06	-0,11	-	0,92	0,32	0,84	0,88
5	Max l	0,34	0,09	-0,32	0,92	-	0,45	0,85	0,86
6	Tame draw	0,48	0,71	-0,17	0,32	0,45	-	0,19	0,31
7	Up r	0,31	-0,05	-0,23	0,84	0,85	0,19	-	0,96
8	Up l	0,35	0,01	-0,19	0,88	0,86	0,31	0,96	-

Примітки:

- 1) *результат* – середній результат влучення однієї стріли з відстані 18 м;
- 2) *утр. в Ø 9* – максимальний час утримання точки прицілу в жовтому крузі мішені діаметром 20 мм;
- 3) *м.чут.* – кількість вдалих спроб (з 10 можливих) відтворення сили індивідуального лука за допомогою лука-динамометра з точністю $\pm 0,5$ кг;
- 4) *Max r* – максимальна сила правої руки, яка зафіксована з використанням лука-динамометра;
- 5) *Max l* – максимальна сила лівої руки, яка зафіксована з використанням лука-динамометра;
- 6) *Tame draw* – тривалість утримання лука в розтягнутому стані;
- 7) *Up r* – сила м'язів правої руки, відведеної вбік з основної стійки, з прикладанням зусиль вгору;
- 8) *Up l* – сила м'язів лівої руки, відведеної вбік з основної стійки, з прикладанням зусиль вгору

Величини показників кореляції у вибірках в багатьох випадках відрізняються одні від інших. Показники кореляції спрощено показують вплив тої чи іншої незалежної змінної на залежну змінну. Оскільки нами досліджувалися кілька предикторів, то залежності суттєво трансформуються, набуваючи нових особливостей. Під час обчислення величин кореляційних залежностей поза увагою залишаються складніші взаємовпливи, присутні в процесах функціонування біомеханічних систем. У цьому випадку істотні показники кореляції (підкреслені у табл. 5, при $\alpha=0,05$) є базою при побудові об'єктивніших статистичних моделей.

**Кореляційна матриця впливів кінематичних показників мікрорухів
на спортивний результат у стрільців високої кваліфікації
з різних типів зброї, $n=52$, $p<0,05$**

Кінематичні показники мікрорухів стрільців	Типи зброї			
	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>	-0,92	-0,44	-0,94
Середня стійкість у „10”, с	0,70	<u>0,71</u>	0,78	0,75
Загальна довжина траєкторії, мм	-0,52	-0,66	-0,65	0,34
Еліптичність влучання, коеф.	-0,15	-0,76	-0,40	0,05
Еліптичність траєкторії, коеф.	0,12	-0,36	-0,63	0,12

У восьмому розділі „**Моделювання процесу підготовки лучників**” теоретично й експериментально перевірено можливості використання математичного планування багатофакторних експериментів у процесі підготовки висококваліфікованих лучників. Виявлено, що одним із ефективних підходів до моделювання цього процесу є побудова системи, яка базується на новому алгоритмі з урахуванням розподілу обсягів фізичного навантаження за спеціалізованістю та спрямованістю і визначенням відповідних меж його реалізації. Такі моделі планування реалізовано у формі зонних карт і тернарних графіків. Однією з умов є те, що часовими рамками запровадження алгоритму розподілу навантаження є спеціальні підготовчі періоди річного циклу, де паралельно вирішувалися кілька педагогічних завдань із розвитку статистично істотних фізичних здатностей лучників: спеціальної координації, спеціальної сили м'язів плечового пояса, силової витривалості м'язів верхніх кінцівок; а також з удосконалення технічної майстерності та росту спортивної результативності. Основним експериментальним чинником планування стали варіанти розподілу обсягів фізичного навантаження за спрямованістю та спеціалізованістю при дотриманні таких умов: тривалість тренувальних занять і тренувального навантаження залишалася приблизно однаковою; загальна кількість змагальних пострілів не зростала; обсяг та інтенсивність

навантаження на м'язи плечового пояса залишалися сталими; спеціалізованість педагогічних засобів тренування не змінювалася.

Відповідно до поставлених педагогічних завдань переважна більшість засобів тренування, які використовувалися упродовж спеціального підготовчого періоду, розподілено на чотири групи згідно з характером їх використання і спеціалізованістю. У результаті реалізації симплексно-центроїдного плану побудовано графічні моделі у формі тернарних графіків, які дозволяють адекватно досліджувати складні зв'язки між динамікою значень компонентів спеціальної фізичної підготовленості лучників високої кваліфікації та розподілом педагогічних засобів тренування (рис. 9).

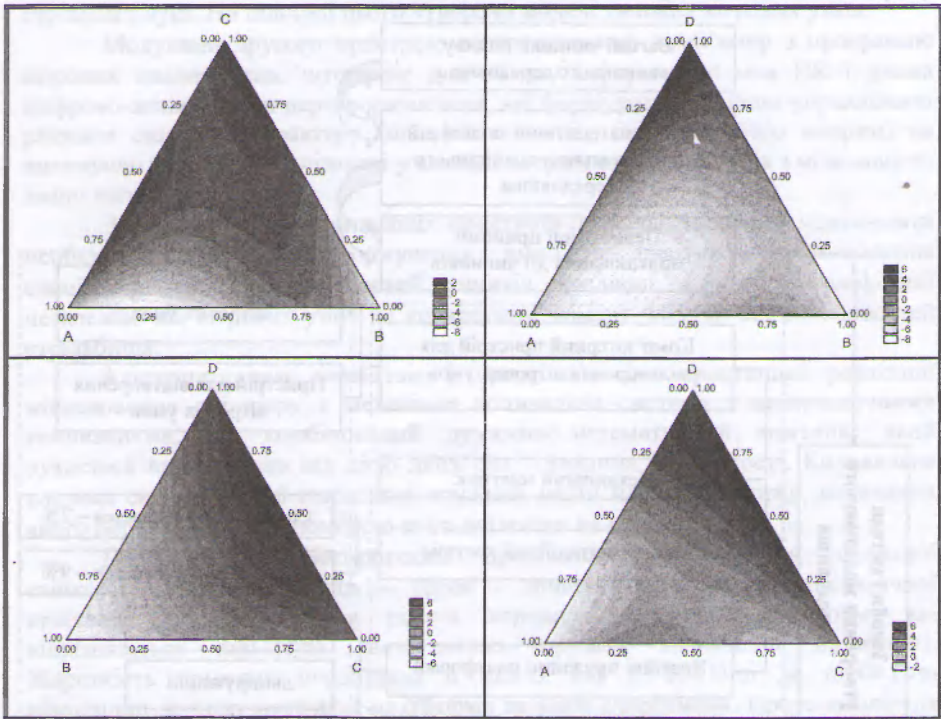


Рис. 9. Зонні карти впливів різних варіантів розподілу спеціалізованих навантажень на показники силової витривалості лучників:

A – стрільба з бойового лука;

B – стрільба з лука зі змінними динамічними параметрами;

C – використання спеціалізованих тренажерів;

D – використання неспеціалізованих тренажерів;

8, 6, 4, 2, 0, -2, -4 – величини приросту або зменшення сили, в Ньютонах

У дев'ятому розділі дисертаційного дослідження „Удосконалення технічної майстерності лучників на основі моделювання умов зовнішнього середовища” викладено авторський підхід до вдосконалення технічної майстерності лучників на основі моделювання умов зовнішнього середовища. Наукові пошуки здійснювалися у такій послідовності: виявлялися вагомі чинники впливу (негативні чи позитивні) на кінцевий спортивний результат, які практично неможливо відтворити на тренуваннях; будувалися моделі системи збиваючих чинників; розроблялися педагогічні прийоми та технічні засоби для відтворення максимально наближених дій збиваючих чинників на організм спортсмена під час тренувальних занять; визначалася ефективність розроблених методик (рис. 10).

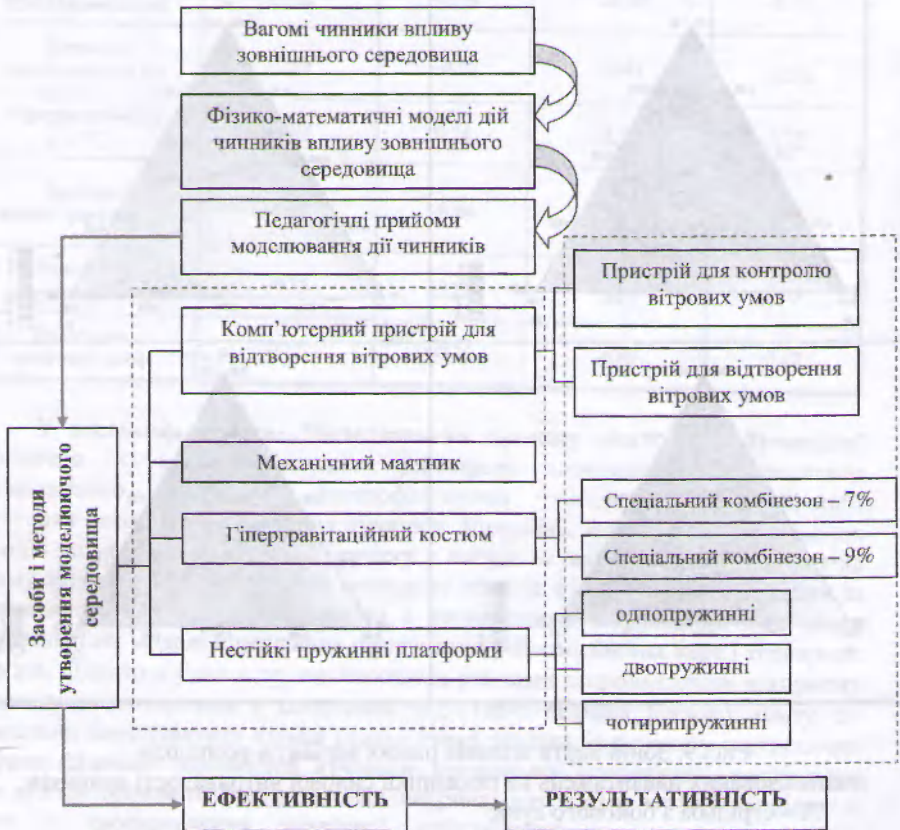


Рис. 10. Схема вдосконалення технічної майстерності лучників на основі моделювання умов зовнішнього середовища

Розроблено низку педагогічних методик удосконалення спортивної майстерності висококваліфікованих лучників на основі використання: 1–

хвильових тренажерів; 2 – гіпергравітаційних костюмів; 3 – нестійких платформ.

В основу роботи хвильових тренажерів закладено відтворення дії вітру на біомеханічну систему „стрілець – зброя”. Тому розроблено два взаємопов’язаних прилади для контролю вітрових умов біля поверхні землі та її відтворення на тренуваннях. Перший прилад складається з двох датчиків безпосереднього контролю швидкості та напрямку (азимуту) вітру – електричного анемометра і флюгера, мультиплексора сигналів, аналогово-цифрового перетворювача, інтерфейсу персонального комп’ютера і персонального комп’ютера. На основі численних спостережень вдалося зафіксувати характерну поведінку вітру на основних стрільбищах України для стрільби з лука. На підставі цього утворено моделі типових вітрових умов.

Модулями другого пристрою є персональний комп’ютер з програмою вітрових навантажень, інтерфейс для обміну інформацією між ПК і двома цифро-аналоговими перетворювачами, які формують відповідні управлінські рішення силового характеру (швидкість потоку повітря і його напрям) на виконуючі пристрої, реалізовані у вигляді потужних вентиляторів з можливістю зміни напрямку головок.

Застосування обох описаних пристроїв дозволяє тренерам моделювати необхідні умови для формування вмій і навичок, удосконалення спеціалізованих фізичних якостей лучників середньої та високої кваліфікації незалежно від вітрових умов на конкретний момент часу чи від особливостей стрільбища.

Альтернативним варіантом і простішим для практичної реалізації моделювання дій вітру є механічна коливальна система з неперіодичними коливаннями. Це комбінований пружинно-математичний маятник, який рухається вертикально під дією двох сил – тяжіння і пружності. Коливальна система складається зі спіральної пружини малої маси та вантажу, коливання якого передається за допомогою сталльної нитки на руківку лука.

Перспективним методичним прийомом удосконалення загальної стійкості системи „стрілець – зброя – мішень” зокрема позово-статичної стійкості, є використання різних варіантів нестійких платформ, які відрізняються кількістю застосованих пружин визначеної пружності. Жорсткість пружин перебувала 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. Задані вихідні дані дозволили моделювати умови, наближені до стрільби у вітряну погоду просто неба і водночас, без надмірних збиваючих чинників раціональної спортивної техніки стрільби з лука.

Окрім того, перевірено ефективність застосування гіпергравітаційних умов у системі підготовки висококваліфікованих лучників. Необхідною умовою гіпергравітаційного тренування у стрільбі з лука є використання спеціального комбінезону, який дозволяє моделювати умови підвищеної гравітації (+ 7 і 9 %).

Запропоновані 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 передумовою змін спортивного результату. Зазначимо також, що системна реакція організму на застосування комплексу інструментальних засобів запропонованої методики є специфічною, причому неспецифічна ланка адаптації, що є невід'ємним компонентом будь-якої функціональної системи, також визначає характер його реагування.

Серед 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 \varnothing 20 мм, (с); час утримання лука в розтягнутому стані, (с); сила м'язів лівої руки при спрямуванні зусиль вгору, (Н). Порівнювалися зафіксовані дані зазначених параметрів до та після проведення педагогічних експериментів. Встановлювалися абсолютні значення різниць середніх показників кожного параметру та розраховувався t-критерій Стьюдента, як один із показників статистичної істотності змін (табл. 6).

Встановлено, що зміни величин спеціальної підготовленості відбулися в усіх експериментальних і контрольних групах. 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 \varnothing 20 мм у середньому на 5,9 с, також зросли точність прицілювання на 4,6 мм і середня стійкість у „10” на 0,4 с. Спортсмени групи Е-2, які використовували комп'ютерний пристрій для відтворення вітрової ситуації, суттєво покращили 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 спеціальному підготовчому періоді річного циклу, мали незначний приріст величин параметрів спеціальної підготовленості, які аналізуються.

**Зміна показників спеціальної підготовленості
у лучників експериментальних груп, n=65, p<0,05**

Інструментальні засоби моделювання зовнішніх умов		Показники спеціальної підготовленості				
		точність прицілювання, мм	середня стійкість в „10”, с	час утримання точки прицілювання в крузі мішені Ø20мм, с	час утримання лука в розтягнутому стані, с	сила м'язів лівої руки при спрямуванні зусиль вгору, Н
механічний коливальний маятник (Е-1)	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)	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)	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
нестійкі пружинні платформи (Е-4)	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)	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

Статистичний аналіз із використанням t-критерію Стьюдента показав однак, що тільки окремі показники підготовленості мали істотний приріст при достовірності 95 %. Визначено, що статистично істотними виявилися зміни у показниках: точності прицілювання для експериментальних груп Е-2 ($t_{\text{розра.}} 2,19 > t_{\text{табл.}} 2,18$) і Е-4 ($t_{\text{розра.}} 2,24 > t_{\text{табл.}} 2,18$); середньої стійкості в „10” також у групах Е-2 ($t_{\text{розра.}} 2,57 > t_{\text{табл.}} 2,18$) і Е-4 ($t_{\text{розра.}} 2,68 > t_{\text{табл.}} 2,18$); тривалості утримання точки прицілювання в крузі Ø 20 мм в експериментальній групі Е-1 ($t_{\text{розра.}} 2,20 >$

табл.2,18); тривалості утримання лука в розтягнутому стані у групі Е-3 ($t_{розр. 2,21} > t_{табл. 2,18}$); сили м'язів лівої руки при спрямуванні зусилля вгору у групі Е-3 ($t_{розр. 2,23} > t_{табл. 2,18}$). У контрольній групі, незважаючи на певний приріст показників спеціальної підготовленості, в усіх випадках $t_{розр}$ -критерій Стюдента виявився меншим за $t_{табл.}$ при достовірності 95 %.

Найвжливішим було те, що застосування інструментальних засобів моделювання зовнішнього середовища виявило свою ефективність у вигляді статистично істотного рівня підвищення спортивної результативності, – після закінчення експерименту в усіх експериментальних групах Е-1 – Е-4 ($t_{розр}$ -критерій Стюдента знаходився в межах 2,49 – 3,94, що набагато більше за $t_{табл. 2,18}$). В абсолютних значеннях ріст результативності виражався у підвищенні вартості влучення стріли в середньому на 0,07-0,08 очка (дистанція 70 м) у групах Е1–Е3 і 0,02 очка у групі Е-2. У контрольній групі аналогічний приріст становив 0,01 очка (рис. 11).

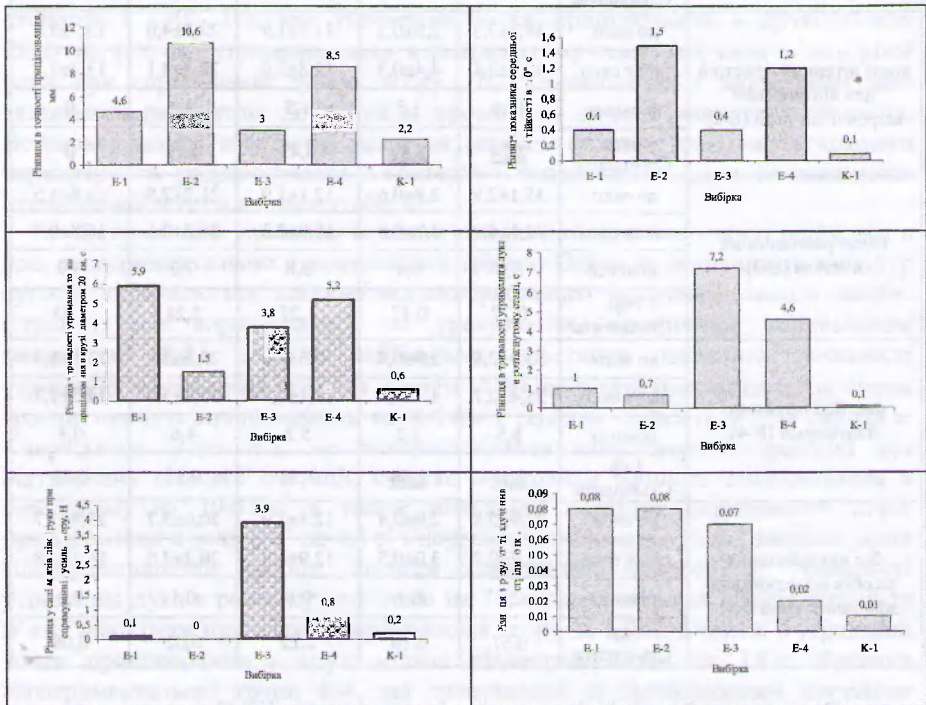


Рис. 11. Зміна величин параметрів спеціальної підготовленості та результативності до і після педагогічного експерименту в різних вибірках

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 їх використання позитивно вплинули на зростання результативності, хоча характер їх впливу є різним (рис. 12). Зокрема спостерігається стрімкий ріст результативності після використання комп'ютерного пристрою відтворення вітрової ситуації (Е-2) та механічного комбінованого маятника (Е-1). Проте у групах спортсменів, що використовували комп'ютерний пристрій (Е-2) зростання відбувається не тільки на першому змаганні, але і на другому, і третьому при незначному зменшенні результату на четвертому. Умови, створені при застосуванні механічного пристрою (Е-1), не дають стійкого позитивного ефекту росту, хоча зміни є статистично суттєвими у порівнянні з початковим рівнем ($\alpha=0,95$). Незначне, але стійке і статистично суттєве зростання відбувається в умовах використання гіпергравітаційного костюма (Е-3). При цьому паралельно підвищувався рівень силової витривалості лучників.

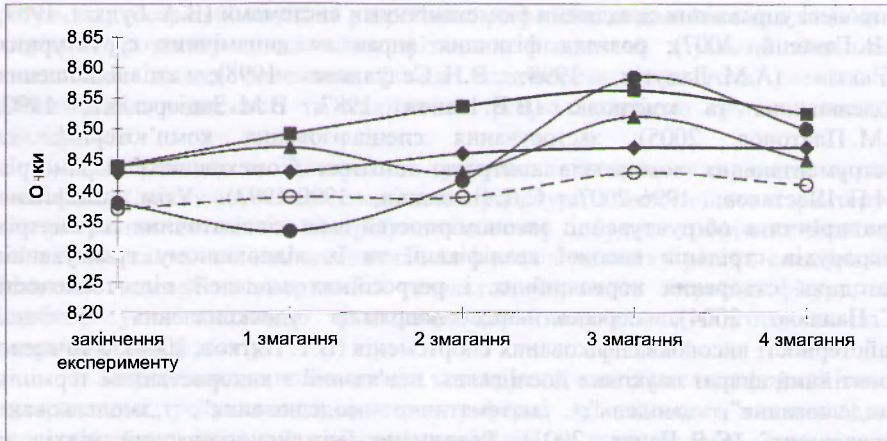


Рис. 12. Динаміка спортивної результативності лучників під час використання різних умов моделювання зовнішнього середовища:

- ▲ – використання механічного комбінованого маятника;
- – використання пристрою для відтворення вітрових ситуацій;
- ◆ – використання гіпергравітаційного костюма;
- – використання нестійких пружинних платформ;
- – без використання спеціальних пристроїв

Застосування нестійких пружинних платформ має помітний позитивний ефект при їх цільовому використанні упродовж не менш як двох мікроциклів. Менший період використання розробленої методики може спричинити незначне погіршення спортивної результативності лучників високої кваліфікації.

У заключному десятому розділі „Аналіз і узагальнення результатів досліджень” обстоюється необхідність застосування системного підходу до раціоналізації механізмів удосконалення технічної майстерності спортсменів. Відзначено, що біомеханічний аналіз спортивної техніки повинен містити дослідження підсистем рухових дій спортсмена; функціонування об’єктів (зброї тощо) в умовах їх механічної взаємодії зі спортсменом; результати виконання рухового завдання; умови здійснення рухових дій; розвиток рухової функції спортсменів у результаті цілеспрямованих педагогічних дій. Вказується на доцільність використання моделювання як ефективного засобу пізнання складних дидактичних процесів у спорті із застосуванням модульного принципу.

В аналізі дискусійних положень, закономірностей і конкретних результатів дослідження вказуються моменти, що знайшли підтвердження в роботі і ті, які суперечать попереднім науковим роботам. Зокрема, **подальшого розвитку** набули положення про: перспективність використання моделювання в процесі управління складними біомеханічними системами (В.А. Булкін, 1987; В.В. Гамалій, 2007); розгляд фізичних вправ як динамічних структурних об’єктів (А.М. Лапутін, 1998; В.Н. Селуянова 1998); співвідношення моделювання та контролю (В.В. Іванов, 1987; В.М. Заціорський, 1990, В.М. Платонов, 2005); застосування спеціалізованих комп’ютерних та інструментальних комплексів контролю істотних біомеханічних параметрів (М.П. Шестаков, 1996-2007; С.Д. Волжанін, 1990-1993). Утім, **виявлено протиріччя** в обґрунтуванні: закономірностей змін кінематичних параметрів мікрорухів стрільців високої кваліфікації та їх відповідному трактуванні; методики створення кореляційних і регресійних моделей підготовленості (Є. Павлюк, 2004); перспективних напрямків удосконалення технічної майстерності висококваліфікованих спортсменів (В.Т. Пятков, 2004). **Уточнено** понятійний апарат наукових досліджень, пов’язаний з використанням термінів „моделювання”, „модель”, „математичне моделювання”, „змодельоване середовище” (Є.Я. Чапля, 2001). **Розвинено**: міждисциплінарний підхід зі застосуванням методу моделювання за аналогією в стрілецьких видах спорту (А.О. Лопатєв, М.І. Дзюбачик, 2004-2008), шляхи побудови моделей процесу пострілу з лука (І.П. Заневський, 2004-2008, Г.Г. Пулая, Г.А. Мелія 1982). **Підтверджено** дані про доцільність використання: гіпегравітаційних костюмів у тренуванні стрільців (В.О. Кашуба, 2007); сучасних засобів інструментального контролю складних процесів пострілу з лука (В.В. Сидорук, 1980, 2007; О.М. Калініченко, 1996, 2007; Б.І. Струк, 1978); зовнішнього моделюючого керованого середовища для вдосконалення спеціальної підготовленості та спортивної майстерності лучників (І.П. Ратова, 1991, 1996; Ф.К. Агашин, 1983, 1987; Г.І. Попов, 1992, 2006).

Під час виконання дисертаційної роботи отримано низку **цілковито нових наукових результатів**.

1. Уперше в науковій літературі, в якій вирішуються складні педагогічні завдання лучного спорту, розглядаються компоненти складної системи „лучник – лук – мішень”, де провідну роль відіграє людина, котра взаємодіє певним

чином зі зброєю і кількісним наслідком такої взаємодії постає спортивний результат, що представлений у формі геометричних і статистичних моделей. Запропоновано „пірамідоподібну” модель становлення спортивного результату у лучному спорті.

2. Розроблено нові й удосконалено існуючі інструментальні комплекси, обладнання та спеціальне програмне забезпечення для наукового супроводу підготовки стрільців високої кваліфікації. П'ять технічних рішень отримали відповідні документи у вигляді патентів та авторських свідоцтв, які підтверджують їх наукову пріоритетність.

3. Уперше запропоновано систему контролю та діагностики перебігу біомеханічних взаємодій стрільця зі зброєю на основі аналізу коливальних і вібраційних процесів руківки лука. Ідентифіковано фазову структуру та критерії оптимізації перебігу взаємодій у біомеханічній підсистемі „лучник – лук”.

4. Виявлено інформативні критерії досягнення визначеного спортивного результату в стрільбі з лука та розроблено регресійні моделі його взаємозв'язку з рівнем розвитку спеціальних фізичних здатностей стрільця. Отримано статистичні моделі залежностей між величинами показників спеціальної фізичної підготовленості та спортивною результативністю лучників високої кваліфікації.

5. Уперше під час планування тренувального процесу стрільців високої кваліфікації застосовувалися спеціальні процедури статистичного характеру з використанням сиплексно-центроїдного способу побудови графічних моделей, які відображають складні взаємовпливи методів розвитку різних спеціальних фізичних якостей на спортивний результат. Отримано тетроїдні фігури, які характеризують взаємодію трьох параметрів спеціальної підготовленості і спортивного результату.

6. Запропоновано нові варіанти конструкцій нестійких платформ, а також використання тренувального пристрою у формі „коливального маятника” для вдосконалення статичної стійкості стрільців з лука високої кваліфікації. Отримано нові експериментальні дані впливу змодельованого середовища на спортивний результат у стрільбі з лука. Експериментально аргументовано аналогію між дією вітрового навантаження і дією сил пружності на стійкість біомеханічної системи „лучник – лук”.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізувавши наукову літературу й узагальнивши практичний досвід, констатуємо, що моделювання складних біомеханічних систем у стрілецькому спорті є одним із найважливіших інструментів удосконалення спортивно-технічної майстерності спортсменів високої кваліфікації. Встановлено, що моделювання доцільно використовувати як універсальний підхід до підвищення ефективності управління підготовкою спортсменів в умовах невизначеності, враховуючи у моделях велику кількість факторів та спираючись на системний підхід. Однак, значна частина фахівців, розв'язуючи складні багатопараметричні завдання під час удосконалення спортивно-

технічної майстерності стрільців, не зважають на комплексність зазначеної проблематики, що суттєво знижує рівень ефективності управлінських рішень. Тому ми пропонуємо новий науковий напрямок дослідження, який зводиться до того, що різноякісні об'єкти „стрілець – зброя – мішень” уперше розглянуто як складну біомеханічну систему, підсистеми й елементи якої перебувають у складному динамічному детермінаційному та стохастичному взаємозв'язку і взаємообумовленості.

На підставі сучасних теоретико-методичних положень з управління підготовкою спортсменів, з урахуванням досягнень сучасної науки і техніки, визначено, що існує виразна суперечність між ступенем напрацювань науково-методичних положень теорії, методики спортивного тренування та рівнем контролю і моделювання складних біомеханічних систем стрілецького спорту.

2. Обґрунтовано новий науковий напрямок процесу вдосконалення спортивно-технічної майстерності лучників високої кваліфікації з використанням моделювання і контролю складної біомеханічної системи „стрілець – зброя – результат”, які базуються на принципах інформаційної достатності, доцільності, здійсненості, агрегації, параметризації. Основними структурними компонентами біомеханічної системи є 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. Для функціональної узгодженості перелічених блоків запропоновано ієрархічну системну пірамідоподібну модель досягнення спортивного результату стрільцями високої кваліфікації.

Характерні ознаки цієї моделі: емерджентність процесів функціонування пірамідоподібної моделі; поетапність трансформації її компонентів і спрямованість на спортивний результат; наявність детермінаційного зв'язку між блоками пірамідоподібної моделі; проекційність укладення її блоків; індивідуальність і типовість профілів піраміди; динамічність процесів її функціонування та гетерохронність змін між компонентами.

Використання такої пірамідоподібної моделі дає можливість: пізнати й удосконалити процес досягнення спортивного результату на основі побудови моделі спеціальної підготовленості; застосовувати показники надійності та ступеня розвитку для загальної ідентифікації моделі; прогнозувати ріст спортивного результату на основі змін стану підготовленості у кожному компоненті моделі; математично моделювати процеси функціонування блоків і піраміди.

Під час досліджень виявлено, що досягнення певного рівня спортивної результативності можливе шляхом використання схем розвитку рівнів підготовленостей: симетричної, лівоскошеної, правоскошеної, проміжної. Критерієм диференціації таких схем є надійність (стійкість, індивідуалізація) супроти збиваючих факторів.

3. Визначено динаміку розвитку спортивної результативності найсильніших лучників світу на основі розробки статистичних і регресійних

моделей абсолютних та відносних характеристик елементів змагальної діяльності спортсменів, що є неодмінним чинником ефективного управління складними біомеханічними системами.

Розвинуто різновид моделювання спортивної результативності, що ґрунтується на комплексному врахуванні та всебічному аналізі: величини площі багатокутника розташування точок влучення; величини відхилення центру ваги утвореного багатокутника від центру мішені; величини середнього модуля радіусів відхилень; координат середньої точки влучення кожної контрольованої вибірки послідовності точок влучення; відстані від кожної середньої точки влучення контрольованих вибірок послідовності пострілів до центру 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; середньої очкової результативності пострілу у вправі; розсіювання відхилень вартості влучень від середнього значення.

4. Розроблено кінематичні моделі спортивної техніки стрільців з лука на основі використання шістнадцятиланкової схеми скелета поясу верхніх кінцівок і тулуба, що з'єднані між собою суглобами у формі шарнірів обертання. Моделі побудовані на основі наближення кута між лініями прицілювання лучника й відрізком між точками опори руки з луком і утримання тятиви. Моделі дозволяють запропонувати раціональні шляхи переміщення ланок тіла під час виконання змагальної вправи.

5. Представлено нові засоби та методи контролю стану складної біомеханічної системи „стрілець – зброя – мішень”, котра базується на використанні розробленого акселерометричного комп'ютерного вимірювального комплексу та відповідних математичних інструментів аналізу цифрових масивів. Блокми такого комплексу є: три взаємоперпендикулярно розташовані п'єзоелектричні акселерометричні давачі, які у комплекті з узгоджувальними пристроями забезпечують необхідний діапазон вимірювання прискорень і рівень вихідного електричного сигналу, пропорційний прискоренню руху руківки лука у напрямку основного компонента вектора швидкості польоту стріли, а також у вертикальній і поперечній площинах; багатоканальний мультиплексор; паралельно-послідовний аналого-цифровий перетворювач; спеціальний інтерфейс; комп'ютер. Під час досліджень виявлено, що акселерограми за своїм характером є згасаючими коливальними процесами з наявністю шумів, що можуть проявлятися у вигляді суперпозиції вузькосмугових процесів. Визначено тісний зв'язок між величиною параметрів „інформаційних синусоїд” і спортивним результатом, які характеризуються малим коефіцієнтом згасання та “гострим екстремумом” на амплітудно-частотній характеристиці в діапазоні відповідного значення основної частоти. Збільшення амплітуди основної „інформаційної синусоїди” свідчить про неефективне використання потенційної енергії лука в процесі стрільби, що спричиняє втрату стабільності та абсолютної швидкості вильоту стріли.

6. Розроблено низку інструментальних комплексів і спеціалізованих прикладних комп'ютерних програм для оперативного контролю параметрів

стану складної біомеханічної системи „лучник – лук – мішень”, а саме: імпульсну електромагнітну систему контролю якості спортивного лука; комп'ютерну програму оптимального відбору стріл „Стріла – 01”. Імпульсна електромагнітна система контролю якості спортивного лука, що складається з генератора, збуджуючого та вимірювального контурів, схеми компенсації гармонійних завад, пристрою відносних вимірювань, аналого-цифрового перетворювача, інтерфейсу, схеми формування керуючих сигналів і персонального комп'ютера дозволяє фіксувати кінематичні параметри переміщення стріли в межах періоду внутрішньої балістики, що безпосередньо впливає на результат влучення. Комп'ютерна програма підбору стріл „Стріла – 01”, що базується на розрахунку параметрів розподілу влучень у можливих комбінаціях, дозволяє автоматизувати процес оптимального відбору комплекту стріл і підвищувати спортивний результат.

7. На основі аналізу тензометричних даних під час збереження стійкості тіла лучника у вертикальній площині нами встановлено закономірності змін компонентів опорних взаємодій залежно від дистанції стрільби й індивідуальних особливостей стрільця, які полягають у перерозподілі величин зон тиску у фронтальній і сагітальній площинах. Виявлено, що довжина, швидкість і прискорення руху точки проекції ЗЦМ тіла мають значущий кореляційний зв'язок ($r=0,7-0,9$, при $\alpha=0,05$) із показниками спортивної результативності лучників високої кваліфікації. Спеціальні стрілецькі навантаження практично не змінюють показників амплітуди коливання ЗЦМ тіла лучника високої кваліфікації у фронтальній площині і суттєво збільшують її у сагітальній площині. Встановлені закономірності є критеріями діагностики та предметом вдосконалення технічної майстерності лучників високої кваліфікації при збереженні позової стійкості.

8. Напрацьовано ряд регресійних моделей залежності спортивного результату стрільців від показників рівня розвитку спеціальних фізичних здатностей. На основі використання коефіцієнтів детермінації виявлено доцільність використання різних предикторів у математико-статистичних моделях для жінок і чоловіків (R в межах $0,612-0,713$). На основі використання аналізу чутливості виділено три блоки спеціальних фізичних здатностей лучників за вагомістю їх ролі у досягненні кращого спортивного результату. До першого найважливішого блоку віднесено спроможність тривалого утримання точки прицілу в жовтому крузі мішені та рівень розвитку силової диференціації. До другого блоку потрапили вияви максимальних силових можливостей м'язів плечового поясу правої та лівої руки (що утримує лук) у змагальній стійці в напрямку спрямованому вертикально вгору і спеціалізованих силових статичних можливостей. До третього – демонстрація максимальних силових показників правої та лівої руки при натягуванні лука-динамометра.

9. На основі порівняльного аналізу обґрунтовано коректність діагностики рівня розвитку спеціальної координації на основі врахування кінематичних параметрів мікрорухів стрільців. Розроблено моделі структурних утворень спеціальної координації лучників і стрільців високої кваліфікації з

пневматичної зброї у формі простих і множинних регресій. Дослідження чинників формування ступеня розвитку спеціальної координації у стрільців з різної зброї засвідчили різницю у їх складі.

10. Виявлено закономірності динаміки значень компонентів спеціальної фізичної підготовленості лучників високої кваліфікації та спортивної результативності залежно від особливостей планування спортивних навантажень на основі застосування графічних комп'ютерних моделей підігнаних поверхонь. Побудовано графічні моделі різних варіантів розподілу спеціалізованих навантажень у формі тернарних графіків, які дозволяють адекватно досліджувати складні зв'язки між динамікою значень компонентів спеціальної фізичної підготовленості лучників високої кваліфікації та розподілом педагогічних засобів тренування, їх інтенсивністю та інтегральністю.

11. Обґрунтовано теоретико-методологічні засади використання „змодельованого зовнішнього середовища” у процесі підготовки лучників високої кваліфікації, яке характеризується максимальним наближенням тренувальних умов до змагальних. Розроблено алгоритм створення „змодельованого зовнішнього середовища”: а) виявлення вагомих чинників впливу (негативного чи позитивного характеру) на кінцевий спортивний результат, які практично неможливо відтворити на тренуваннях; б) побудова (при можливості математичної) моделі системи збиваючих факторів; в) розробка педагогічних прийомів і технічних засобів, які відтворюють наближені до змагальних дій збиваючі фактори в умовах тренування; г) визначення ефективності запровадженої методики.

12. Для реалізації умов „змодельованого зовнішнього середовища” розроблено та модернізовано низку технічних пристроїв та відповідні методичні прийоми їх використання, а саме: 1) механічний коливальний маятник; 2) пристрій для відтворення вітрової ситуації; 3) гіпергравітаційний костюм; 4) нестійкі пружинні платформи. Запропоновано структуру та зміст відповідних мезоциклів у спеціально-підготовчому періоді річного циклу з можливістю використання технічних пристроїв реалізації умов „змодельованого зовнішнього середовища”.

13. Доведено ефективність застосування „змодельованого зовнішнього середовища” як дієвого механізму підвищення технічної майстерності та спортивної результативності лучників високої кваліфікації. Встановлено факт статистично значущої ($t_{\text{роз.}} > t_{\text{абл.}}$, $\alpha=0,05$) позитивної післядії запропонованих методик на зростання результативності висококваліфікованих лучників протягом послідовних відповідальних змагань у межах 0,06 – 0,08 очка середнього влучення стріли в основній олімпійській виправі.

14. Обґрунтовано новий науковий напрямок вдосконалення спортивно-технічної майстерності висококваліфікованих стрільців, який полягає у використанні прикладного моделювання складної відкритої динамічної біомеханічної системи типу „стрілець – зброя – мішень”. З'ясовано, що використання статистичних, функціональних і фізичних моделей, а також технології моделювання умов штучного середовища дозволяє суттєво

покращити керованість процесом підготовки спортсменів та збільшити їх спортивний результат.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

Монографії і брошури

1. Виноградський Б. А. Моделювання складних біомеханічних систем і його реалізація в спорті / Б. А. Виноградський. – Л. : ЗУКЦ, 2007. – 284 с.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Методичні рекомендації з підготовки найсильніших спортсменів України (стрільців з лука) до Ігор XXVII Олімпіади / Киселевич А. Г., Заневський І. П., Виноградський Б. А., Сярчинський І. І.– К. : Наук. світ, 1999.– 18 с.
6. Моделювання та технічні засоби в стрілецьких видах спорту : метод. рек. для аспірантів та студ. ін-тів фіз. культури / А. О. Лопатьєв, Є. Я. Чапля, М. І. Дзюбачик, Б. А. Виноградський. – Л., 2002. – 24 с.

Статті у наукових фахових виданнях

7. Виноградський 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.

12. 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.

13. Виноградський Б. А. Моделювання параметрів специфічних координаційних якостей лучників / Богдан Виноградський // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2005. – № 4. – С. 66–71.

14. 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.

15. Виноградський Б. А. Планування експерименту як різновид моделювання тренувального процесу 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., 2006. – № 1. – С. 19–24.

16. Виноградський Б. А. Системна модель процесу підготовки спортсменів у стрільцюму спорті / Богдан Виноградський // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2004. – № 1. – С. 57–60.

17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

22. Виноградський Б. А. Теоретико-методичні основи моделювання біомеханічної системи „лучник – лук” / Виноградський Б. А. // Теорія та методика фізичного виховання. – 2007. – № 8. – С. 11–16.

23. 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.

24. 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.

25. Виноградський Б. А. Теоретико-методичний аспект моделювання спеціальної підготовленості лучників / Б. А. Виноградський, М. В. Івашко // 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.

26. Виноградський Б. А. Комп'ютерно-вимірjuвальний комплекс хронометрування техніко-тактичних дій стрільців у швидкісних стрілецьких вправах / Виноградський Б. А., Ковальчук А. М. // 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. 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.

31. 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.

32. Лопатьев А. А. О возможных подходах моделирования сложных систем применительно к стрелковым видам спорта / Анатолий Лопатьев, Николай Дзюбачек, Богдан Виноградский // Наука в олимпийском спорте. – 2004. – № 2. – С. 101–107.

33. 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.

34. Виноградський Б. А. Порівняння ефективності інструментальних засобів при моделюванні впливу зовнішнього середовища у стрільбі з лука / Виноградський Б. А. // Теорія та методика фізичного виховання. – 2009. – № 06. – С. 3–8.

35. Виноградський Б. А. Перспективи розвитку біомеханіки спорту у світлі ідей професора Лапутіна А. М. / Виноградський Б. А., Лопатьєв А. О. // Вісник Чернігівського державного університету. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання і спорт. – Чернігів, 2008. – Вип. 54. – С. 29–33.

Авторські свідоцтва та патенти:

36. Пат. 26074 Україна, МПК5 F 41 В 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.

37. Пат. 39293А Україна. Пристрій для оцінки рухової активності / Б. А. Виноградський, В. І. Матвійів, Є. Н. Приступа, І. М. Ріпак, В. М. Соколовський (Україна). – Опубл. 15.06.2001, Бюл. № 5.

38. 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.

39. А. с. 7095 Україна. Комп'ютерна програма „Діагностика” / А. О. Бубела, О. Ю. Бубела, Б. А. Виноградський, Є. Н. Приступа, В. М. Афонін. – Зареєстр. 10.02.2003.

40. А. с. 18129 Україна. Комп'ютерна програма „Стріла” / І. П. Заневський, О. О. Куртяк, Б. А. Виноградський. – Зареєстр. 02.10.2006.

41. Пат. 39171 Україна, МПК А 63В 69/18. Тренажер для сноубордингу / О. В. Зінків, О. О. Кушнір, Б. А. Виноградський, Г. М. Виноградська, Я. В. Тимчак. – № U200810652 ; заявл. 26.08.2008 ; опубл. 10.02.2009, Бюл. № 3.

Інші статті та тези доповідей:

42. Виноградський Б. А. Анализ акселерометрических данных в информационно-измерительной системе контроля настройки лука / Виноградський Б. А., Михайлинин В. Ю., Романишин І. М. // Искусственный интеллект : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Таганрог ; Донецк, 2002. – Т. 2. – С. 140–147.

43. Виноградський Б. А. Анализ акселерометрических данных при оптимизации системы “лук-стрелок” / Б. А. Виноградський, В. Ю. Михайлишин, І. Н. Романишин // Труды ОПУ : науч. и производств. сб. по техн. и естеств. наукам. – Одесса, 2001. – Вып. 3. – С. 221–226.

44. Виноградський Б. А. К построению информационно-измерительной системы контроля качества настройки лука / Виноградський Б. А., Романишин І. 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.

45. 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.

46. 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.

47. 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.

48. 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.

49. 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.

50. Виноградський Б. А. Удосконалення інформаційного забезпечення системи підготовки у лучному спорті / Богдан Виноградський // Олімпійський спорт і спорт для всіх : тези доп. IX Міжнар. наук. конгр. – К., 2005. – С. 228.

51. 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.

52. 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.

53. Vynohradskyi B. A. Improvement of instrumental methods of control of oscillation processes of the “archer-bow” biomechanical system / B. A. Vynohradskyi, A. P. Vlasov // Rozprawy naukowe AWF we Wroclawiu. – Wroclaw, 2008. – V. 26. – P. 30–34.

54. Winohradski B. A. Proba opracowania modelu matematycznego układu człowiek – sprzęt w sporcie / B. A. Winohradski // Wychowanie fizyczne i sport : kwartalnik. – Warszawa, 2002. – T. 46, supl.nr 1, cz. 1. – P. 256.

55. Vynohradskyi B. A. Improvement of instrumental methods of control of oscillation processes of the “archer-bow” biomechanical system / B. A. Vynohradskyi, A. P. Vlasov // Rozprawy naukowe AWF we Wroclawiu. – Wroclaw, 2008. – V. 26. – P. 30–34.

56. Виноградський Б. А. Порівняння ефективності інструментальних засобів при моделюванні впливу зовнішнього середовища у стрільбі з лука /

Виноградський Б. А. // Моделювання складних систем в області механіки людини, фізичного виховання і спорту : Мат. V електронної всеукр. наук. конф. – Х. : ОВС, 2009. – С. 6-8.

АНОТАЦІЇ

Виноградський Богдан Анатолійович. Моделювання складних біомеханічних систем в спорті (на прикладі стрільби з лука). – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора наук з фізичного виховання і спорту за спеціальністю 24.00.01. – Олімпійський і професійний спорт. – Національний університет фізичного виховання і спорту України, м.Київ, 2009.

Дисертація висвітлює проблеми вдосконалення технічної майстерності та підвищення спортивного результату лучників високої кваліфікації на основі використання сучасних методів моделювання та нових засобів контролю. Запропоновано розглядати процес дидактичного управління процесом спортивної підготовки стрільців, розробляючи та застосовуючи різнотипні моделі складної біомеханічної системи „стрілець-зброя-мішень”. Визначено принципи побудови пірамідоподібної моделі досягнення спортивного результату лучників високої кваліфікації. Розроблено та модифіковано низку вимірвальних інструментальних та комп’ютерних комплексів з контролю та діагностики значущих параметрів спеціальної підготовленості лучників. Теоретично обґрунтовано та експериментально перевірено моделі складних акселерометричних сигналів під час взаємодії систем „лучник” – „лук”. Представлено шляхи вдосконалення технічної майстерності лучників у разі використання штучного моделюючого середовища змагальних умов.

Ключові слова: система підготовки, моделювання, контроль, стрільба з лука, параметри підготовленості, біомеханічна система.

Виноградский Богдан Анатоліевич. Моделирование сложных биомеханических систем в спорте (на примере стрельбы из лука). – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени доктора наук из физического воспитания и спорта за специальностью 24.00.01. – Олимпийский и профессиональный спорт. – Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, г. Киев, 2009.

Диссертация освещает проблемы совершенствования технического мастерства и повышения спортивного результата лучников высокой квалификации на основе использования современных методов моделирования и новых средств контроля. Предложено рассматривать процесс дидактического управления процессом спортивной подготовки стрелков, разрабатывая и применяя разнотипные модели сложной биомеханической системы „стрелко-оружие-мишень”. Определены принципы построения пирамидоподобной модели формирования спортивного результата лучников высокой квалификации.

Разработаны и модифицированы ряд измерительных инструментальных и компьютерных комплексов для контроля и диагностики значимых параметров

специальной подготовленности лучников, а именно: акселерометрический компьютерный комплекс, компьютерные программы „Мишень”, „Стрела-1”, тренажер для совершенствования технического мастерства спортсменов в скоростных стрелковых упражнениях, устройство для оценки двигательной активности.

Теоретически обоснованы и экспериментально проверены модели сложных акселерометрических сигналов во время взаимодействия подсистем „лучник” – „лук”. Адекватными математическими процедурами моделирования сложных сигналов во время взаимодействия подсистем „лучник” – „лук” выявились измененные варианты методов Гильберта, Томсона, Прони, вейвлет-анализа.

На основе проведенных исследований определены уровни значимых влияний отдельных компонентов специальной физической подготовленности на спортивную результативность лучников высокой квалификации. Предложены уравнения множественной регрессии, которые способны описать, интерполировать и экстраполировать величину попаданий в мишень с точностью, в пределах показателей коэффициентов детерминации от 0,6 до 0,7. Подтверждена корректность диагностики уровня развития специальной координации на основе учета кинематических параметров микродвижений стрелков. Сравнительный анализ факторов формирования степени развития специальной координации у стрелков из различного оружия засвидетельствовал разницу в их составе. Предложены математические модели предвидения спортивного результата стрелков на основе учета значимых факторов из континуума проявлений специальной координации его формирования.

Представлены пути совершенствования технического мастерства лучников используя искусственную моделирующую среду соревновательных условий. Так обосновано, что влияние силы ветра на систему “стрелок-оружие-мишень” можно описать с помощью физико-математической модели, которая дает возможность получить количественные результаты. Экспериментально доказано аналогию между воздействием ветровой нагрузки и действием сил упругости на устойчивость биомеханической системы “стрелок-оружие-мишень”.

Ключевые слова: система подготовки, моделирование, контроль, стрельба из лука, параметры подготовленности, биомеханическая система.

Vynohradskyi Bohdan Anatoliyovych. Modelling of complex biomechanical system in sport (on the example of archery). – Manuscript.

Thesis for the Doctor's degree in Physical Education and Sport in speciality 24.00.01: Olympic and professional sport. – National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Kyiv, 2009.

The dissertation deals with the problems of technical skill perfection and sporting result increase of high qualified archers on the basis of use of modern modelling methods and new control means. The author considered the didactic control of sport shooting preparation by applying different models of the complex biomechanics system "shooter-target". Construction principles of pyramid models of

reaching the sport high qualification archer's result were outlined. A number of measuring instrumental and computer complexes for the control and diagnostics of significant parameters of the special archer's preparedness were developed and modified. Accelerogram models during interaction of the systems "archer" – "bow" were proved theoretically and tested experimentally. The ways of archer's technical skill perfection in the case of artificial modeling environment use were presented.

Key words: preparation system, modelling, control, archery, preparedness parameters, biomechanic system.

Підписано до друку 25.12.2009 р.

Формат 60×90 1/16. Папір офсетний.

Друк на різнографі. Умовн. друк. арк. 2,2. Обл.-видав. арк. 1,7.

Тираж 100 прим. Зам. 90965.

Поліграфічний центр

Видавництва Національного університету "Львівська політехніка"

вул. Ф.Колесси, 2, 79000, Львів