

УДК 796.433.2.012: [796.015.134+796.071.2]

## ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ КІНЕМАТИЧНОЇ СТРУКТУРИ РУХІВ У ПРОЦЕСІ ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ КВАЛІФІКОВАНИХ МЕТАЛЬНИКІВ СПИСА

Олександр Клімашевський<sup>1</sup>, Олена Козлова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна, o.klimashevskiy@gmail.com

<https://doi.org/10.29038/2220-7481-2018-01-74-81>

### Анотація

**Актуальність.** Розробка й використання моделей пов'язані з моделюванням – процесом побудови, вивчення та використання моделей для визначення й уточнення характеристик та оптимізації процесу спортивної підготовки й участі в змаганнях. Тому розробка технології моделювання кінематичної структури рухів у процесі технічної підготовки кваліфікованих метальників списа є актуальним науковим напрямом, що потребує детального вивчення й обґрунтування. **Мета та методи дослідження.** Розробити технологію моделювання кінематичної структури рухів у процесі технічної підготовки кваліфікованих метальників списа. Для досягнення мети використовували такі *методи дослідження*: аналіз науково-методичної літератури та інформації світової мережі Інтернет; відеозйомка; відеокомп'ютерний аналіз; моделювання; методи математичної статистики. **Результати роботи.** Розроблено середньогрупові моделі біомеханічної структури рухових дій метальників списа, регресійні моделі техніки метання списа, прогностичні модельні характеристики техніки метання списа й на цій основі обґрунтовано технологію моделювання кінематичної структури рухів у процесі технічної підготовки кваліфікованих метальників списа. **Висновки.** Розроблено й обґрунтовано технологію моделювання кінематичної та динамічної структури рухів у процесі технічної підготовки кваліфікованих метальників списа. Технологія спрямована на досягнення заданих спортивних результатів на основі розроблених середньогрупових, регресійних моделей і прогностичних модельних характеристик, які є основою для вибору засобів спеціальної підготовки, максимально наближених за формою й структурою до змагальної діяльності, що сприяє вдосконаленню технічної майстерності спортсменів, котрі спеціалізуються в метанні списа.

**Ключові слова:** середньогрупові моделі, регресійні моделі, прогностичні модельні характеристики.

**Александр Климашевский, Елена Козлова. Технология моделирования кинематической структуры движений в процессе технической подготовки квалифицированных метателей копья. Актуальность темы исследования.** Разработка и использование моделей связаны с моделированием – процессом построения, изучения и использования моделей для определения и уточнения характеристик и оптимизации процесса спортивной подготовки и участия в соревнованиях. Поэтому разработка технологии моделирования кинематической структуры движений в процессе технической подготовки квалифицированных метателей копья является актуальным научным направлением и требует детального изучения и обоснования. **Цель и методы исследования** – разработать технологию моделирования кинематической структуры движений в процессе технической подготовки квалифицированных метателей копья. Для достижения цели использовали следующие *методы исследования*: анализ научно-методической литературы и информации мировой сети Интернет; видеосъемка; видеокомпьютерный анализ; моделирование; методы математической статистики. **Результаты работы.** Разработаны среднegrupповые модели биомеханической структуры двигательных действий метателей копья, регрессионные модели техники метания копья, прогностические модельные характеристики техники метания копья, и на этой основе обоснована технология моделирования кинематической структуры движений в процессе технической подготовки квалифицированных метателей копья. **Выводы.** Разработана и обоснована технология моделирования кинематической и динамической структуры движений в процессе технической подготовки квалифицированных метателей копья. Технология направлена на достижение заданных спортивных результатов на основе разработанных среднegrupповых, регрессионных моделей и прогностических модельных характеристик, которые являются основанием для выбора средств специальной подготовки, максимально приближенных по форме и структуре к соревновательной деятельности, что способствует совершенствованию технического мастерства спортсменов, специализирующихся в метании копья.

**Ключевые слова:** среднegrupповые модели, регрессионные модели, прогностические модельные характеристики.

**Aleksandr Klimashevsky, Elena Kozlova. Technology of Modelling the Motion Kinematic Structure During Technical Preparation of Skilled Javelin Throwers. The Urgency of the Research Problem.** The development and usage of models are connected with modelling – the process of designing, studying and using models for determination and specification of characteristics and optimization of the process of athletic preparation and participation in competitions.

Therefore, elaboration of the technology for modelling the motion kinematic structure within the process of skilled javelin throwers' preparation is a hot scientific topic requiring detailed studying and substantiating. **Objective and Methods of Study.** To develop the technology of modelling the motion kinematic structure in the process of technical preparation of skilled javelin throwers. The following methods of study were used in the furtherance of the objective: analysis of scientific and methodical literature and Internet information; video recording; video computer analysis; modelling; methods of mathematical statistics. **Results.** Mean group models of biomechanical structure of javelin thrower motor actions, regression models of javelin throwing techniques, prognostic model characteristics of javelin throwing techniques have been developed, and on this basis, the technology of modelling the motion kinematic structure in the process of technical preparation of skilled javelin throwers has been elaborated. **Conclusions.** The technology of modelling kinematic and dynamic motion structure in the process of technical preparation of skilled javelin throwers has been elaborated and substantiated. It is focused on the achievement of target sports results on the basis of the developed mean group, regression models and prognostic model characteristics being the foundation for selecting special preparation means maximally close to the competitive activity in form and structure, which contributes to the improvement of technical skills of athletes specialized in javelin throwing.

**Key words:** mean group models, regression models, prognostic model characteristics.

**Вступ.** Ефективне управління тренувальним процесом пов'язане з використанням різних моделей, під якими розуміємо зразок (стандарт, еталон), у ширшому сенсі – будь-який зразок (уявний або умовний) того або іншого об'єкта, процесу або явища [4]. Розробка й використання моделей пов'язані з моделюванням – процесом їх побудови, вивчення та використання для визначення й уточнення характеристик й оптимізації процесу спортивної підготовки та участі у змаганнях [4]. Темпи зростання спортивної майстерності й спортивні результати підвищуються переважно там, де пошук методів моделювання ведеться на об'єктивній кількісній основі [6].

Метання списа – це швидко-силово, ациклічна вправа, основна мета якої полягає в досягненні максимального результату в межах установлених правил. Наукові дослідження сформуливали конкретні технічні вимоги, що визначають виконання окремих рухових дій у метанні списа [1]. Нині зарубіжними фахівцями, федераціями країни співдружності зі спортивними організаціями ведеться активна робота з біомеханічного аналізу техніки метання списа [3, 7–9], проте досвід спортивної практикисвідчить, що вдосконалення технічної майстерності спортсменів в Україні відбувається на основі знань та уявлення тренера, відчуття самого спортсмена, які не завжди збігаються, що ускладнює процес спортивної підготовки. Тому для покращення їхньої роботи потрібна розробка технології моделювання кінематичної структури рухів, що дає змогу орієнтуватися на кількісні критерії в процесі технічної підготовки металників списа і являє собою систему знань про способи (набір і послідовність операцій, їхні режими), забезпечення потреб технічної підготовки атлетів за допомогою моделювання, використання технічних засобів, що визначає актуальність дослідження.

Можна припустити, що вдосконалення технічної майстерності кваліфікованих спортсменів може бути успішно здійснене широким використанням теоретичних основ і засобів біомеханічного моделювання рухів на основі розроблених моделей різних типів (середньогрупових і регресійних) та прогностичних модельних характеристик техніки метання списа, що дають змогу орієнтуватися на досягнення запланованих спортивних результатів.

Дослідження проводили згідно зі Зведеним планом НДР у сфері фізичної культури й спорту на 2016–2020 рр. Міністерства освіти і науки України за темою «Теоретико-методичні основи підвищення технічної майстерності кваліфікованих спортсменів у змагальних вправах (на прикладі легкої атлетики, зимових видів та велосипедного спорту)», відповідно до Зведеного плану науково-дослідної роботи в сфері фізичної культури і спорту на 2016–2020 рр. Міністерства освіти і науки України за темою 2.26 «Удосконалення системи спортивної підготовки і змагальної діяльності кваліфікованих спортсменів в сучасних умовах інтенсифікації змагальної діяльності».

**Мета дослідження** – розробити технологію моделювання кінематичної структури рухів у процесі технічної підготовки кваліфікованих металників списа.

**Матеріал та методи дослідження.** Для досягнення мети використовували такі методи дослідження, як аналіз науково-методичної літератури та інформації світової мережі Інтернет, відеозйомка, відеокомп'ютерний аналіз, моделювання; методи математичної статистики.

**Організація дослідження.** На першому етапі дослідження здійснювали аналіз науково-методичної літератури, аналіз й узагальнення досвіду практичної діяльності з технічної підготовки спортсменів. Вивчали кінематичні та динамічні показники техніки метання списа, що впливають на досягнення високих спортивних результатів.

На другому етапі проводили пошуковий експеримент. Для отримання повної інформації про біомеханічну структуру техніки метання списа досліджено кінематичні (часові, просторові й просторово-часові) та розраховано динамічні характеристики техніки метання списа кваліфікованими спортсменами. Для отримання біомеханічних характеристик проводили відеозйомку в умовах навчально-тренувального збору, за допомогою цифрової відеокамери SONY Digital 8, що була закріплена, а оптична вісь об'єктива залишалася перпендикулярною до вектора переміщення спортсмена. Ураховували всі метрологічні вимоги, що дають змогу звести до мінімуму систематичні й випадкові огріхи, котрі виникають унаслідок специфічних властивостей оптики; правильного масштабування площини зйомки для подальшого визначення реальних координат потрібних точок; правильним орієнтуванням камери в просторі відносно площини руху. Камери закріплювалися від випробовуваних на відстані 20 м. Частота зйомки – 50 кадрів за секунду. Імовірність похибки при відео зйомці становила 5 %, тобто рівень значущості –  $\alpha = 0,05$ .

Усього проаналізовано 60 спроб 20 кваліфікованих спортсменів, які мають спортивне звання «кандидату майстри спорту». Кожен зі спортсменів виконував по 15–20 спроб, але нами відібрано по три найкращі спроби кожного атлета. Результати спроб становили в середньому 64,2 м,  $S=1,2$  м, максимальне значення – 66,4 м, а мінімальне – 59,8 м. Проаналізувавши отримані результати, можемо зробити висновок, що група є однорідною, про що свідчить низьке значення коефіцієнта варіації ( $V=1,8\%$ ), а також близькі одне до одного значення середнього, моди та медіани ( $x=64,2$ ;  $M_o=64,2$ ;  $M_e=63,8$ ).

Дальність польоту списа була використана нами як основний та систематичний показник, що організує інші елементи техніки метання в єдину систему.

Для виявлення еталонних показників техніки метання списа нами проаналізовано 20 спроб чотирьох висококваліфікованих спортсменів, які мають спортивне звання «майстер спорту міжнародного класу». Фіксували всі їхні спроби, виконані під час тренувань, але відібрано п'ять найкращих спроб кожного атлета.

Результати спроб метання списа спортсменами високої кваліфікації становили в середньому 73,8 м,  $S=2,4$  м, максимальне значення – 76,8 м, а мінімальне – 72,4 м. Проаналізувавши отримані результати, можемо констатувати, що група є однорідною, про що свідчить низьке значення коефіцієнта варіації ( $V=3,2\%$ ), а також близькі одне до одного значення середнього, моди та медіани ( $x=73,8$ ;  $M_o=73,4$ ;  $M_e=73,6$ ).

Від усіх учасників отримано інформовану згоду на участь в експерименті.

Відеокомп'ютерний аналіз біомеханічної структури рухових дій проводили за допомогою програмного забезпечення (ПО) «БіоВідео», розробленого І. В. Хмельницькою [5] на кафедрі кінезіології Національного університету фізичного виховання і спорту України, що дає змогу отримувати кінематичні й енергетичні характеристики рухових дій людини за відеограмою. Ця технологія комп'ютерного моніторингу моторики людини включає пакети прикладних програм «БіоВідео». Вихідними даними для програми «БіоВідео» є файли кадрів одноплосинної відеозйомки рухової дії людини у форматах .BMP, .DIB, .WMF, .EMF, .GIF, .JPG, .JPEG. Операційне середовище Windows XP, у якому працюють програми, дає змогу отримати ці файли безпосередньо з накопичувачів пам'яті локального комп'ютера чи з периферійного пристрою або за допомогою віддаленого доступу, використовуючи комп'ютерну мережу або електронну пошту Інтернет. «БіоВідео» уможливує отримання біомеханічних характеристик як окремих біоланок, так і всього тіла людини в кожному кадрі й в окремих фазах рухової дії. Прикладне програмне забезпечення (ППО) «БіоВідео» включає чотири модулі:

- конструювання моделей опорно-рухового апарату (ОРА) людини (використовували 14-сегментну модель ОРА, координати ланок якої за геометричними характеристиками відповідають координатам положення в просторі біоланок тіла людини, а точки відліку – координатам центрів основних суглобів); модуль дає змогу створювати багатоланкові моделі ОДА людини;
- визначення координат точок відносно соматичної системи відліку;
- розрахунок біомеханічних характеристик рухової дії за координатами моделі ОРА людини; програмні можливості модуля уможливають розрахунок локалізації центрів мас (ЦМ) біоланок і загального центра мас (ЗЦМ) тіла людини;
- модуль побудови біокінематичні схеми (БКС) тіла людини за відеограмою рухових дій із визначенням траєкторій центрів суглобів, ЦМ біоланок та ЗЦМ тіла людини.

*Статистичний аналіз.* Для вивчення значущості окремих показників техніки метання списа спортсменами різної кваліфікації нами проведено кореляційний аналіз, на підставі даних якого встановлено тісні

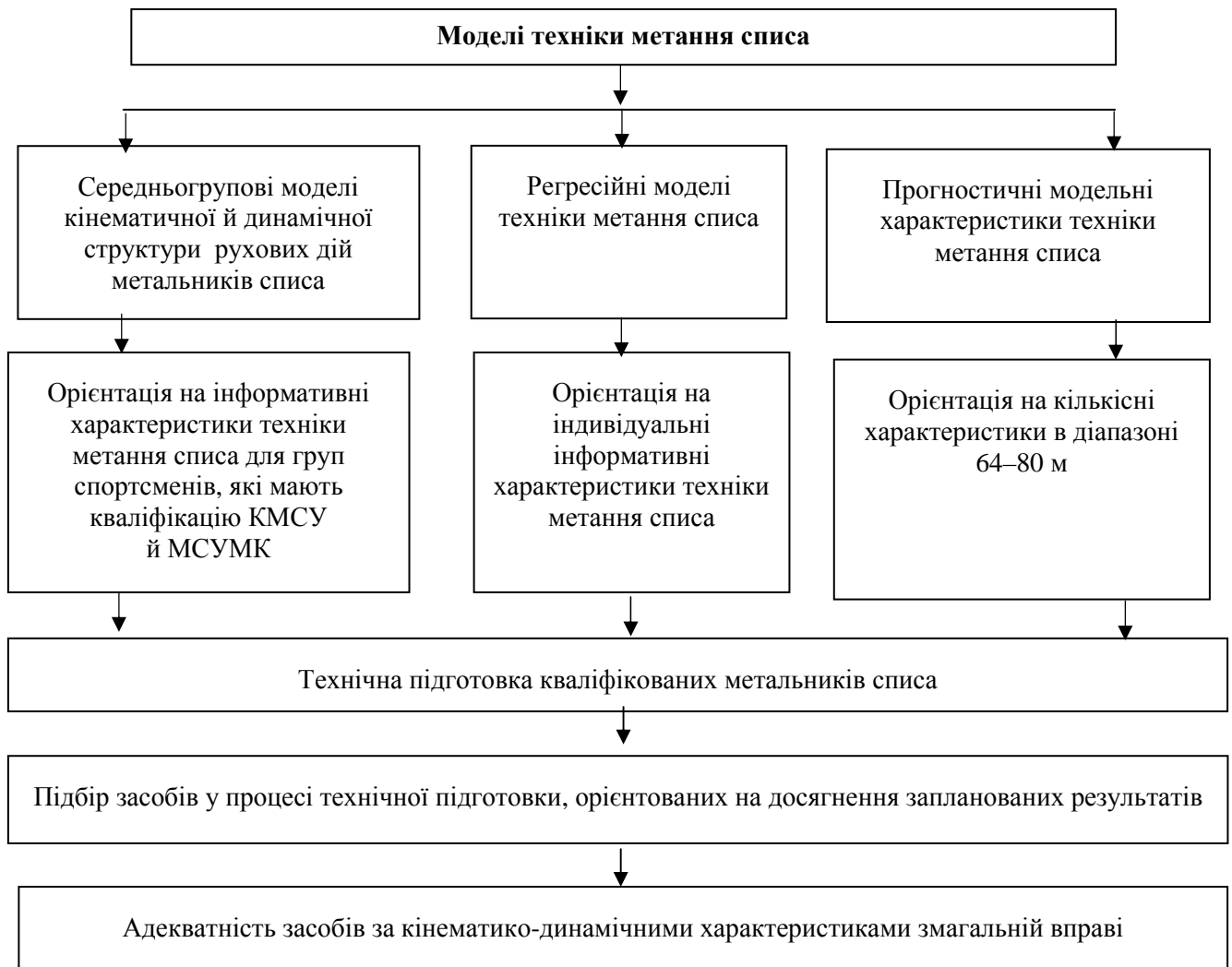
взаємозв'язки між досліджуваними показниками й виявлено найбільш інформативні. Інформативність показників технічної підготовленості визначали за допомогою усереднення абсолютних значень коефіцієнтів парної кореляції в обох групах спортсменів. Визначено сім найбільш інформативних показників технічної підготовленості, що мали найбільший кореляційний взаємозв'язок із дальністю польоту списа.

Ці показники використано нами для побудови статистичної середньогрупової моделі кінематичної структури техніки метання списа. Побудовані графічні середньогрупові моделі дають змогу визначити основні напрями вдосконалення технічної підготовки, установити оптимальні рівні розвитку різних її сторін, а також зв'язки та взаємини між ними в спортсменів різної кваліфікації.

Розроблено регресійні моделі техніки метання списа, до яких уключено залежну пояснювану змінну (Y) – дальність польоту списа, незалежні пояснювальні змінні (x<sub>n</sub>): швидкість вильоту, довжину шляху завершального прискорення снаряда, кут тулуб-вертикаль у момент вильоту, кут вильоту списа, швидкість ЗЦМ тіла спортсмена в момент закінчення завершальної частини розбігу, швидкість ЗЦМ тіла спортсмена в момент попередньої завершальної частини розбігу, тривалість опорної фази першого кидкового кроку в завершальній частині розбігу, градієнт сили в опорній фазі першого кидкового кроку в завершальній частині розбігу.

На третьому етапі дослідження здійснювали розробку технології моделювання техніки метання списа в процесі технічної підготовки спортсменів на основі розроблених типів моделей.

**Результати дослідження.** У результаті проведених досліджень розроблено технологію моделювання техніки метання списа (рис. 1), що дає змогу:



**Рис. 1.** Технологія моделювання техніки метання списа в процесі технічної підготовки спортсменів

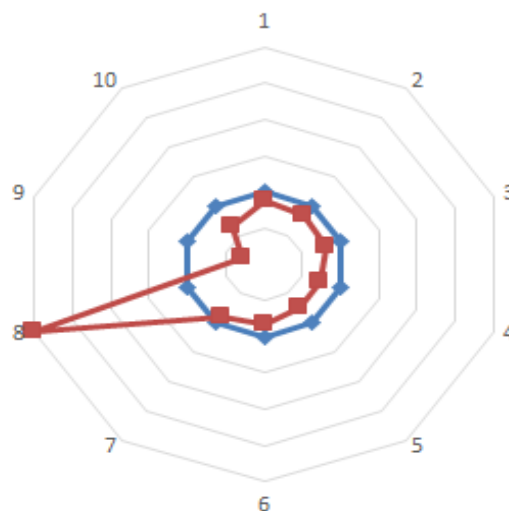
- прогнозувати спортивні результати, необхідні для успіху на різних етапах підготовки з урахуванням об'єктивних, отриманих у ході дослідження, критеріїв техніки метання списа; створити банк даних змагальної діяльності й спеціальної підготовленості спортсменів;
- аналізувати й моделювати характеристики технічної підготовленості метальників списа, що впливають на досягнення високих спортивних результатів;
- планувати тренувальні програми з урахуванням виявлених закономірностей раціональної побудови рухів у метанні списа, спрямованих на досягнення високих спортивних результатів, кваліфікації та рівня спеціальної підготовленості;
- індивідуалізувати процес технічної підготовки метальників списа.

У кожному з цих розділів робота повинна включати контроль технічної підготовленості спортсменів на основі автоматизованої обробки результатів.

*Графічні середньогрупові моделі техніки метання списа.* Орієнтація на них дає змогу визначити основні напрями вдосконалення технічної підготовки, установити оптимальні рівні розвитку різних її сторін у спортсменів, а також зв'язки й співвідношення між ними у спортсменів різної кваліфікації. Моделі цього типу наведено на рис. 2.

*Регресійні моделі техніки метання списа.* У ході дослідження нами розроблено регресійні моделі техніки метання списа, наведені в табл. 1.

Сформовані регресійні моделі спрямовані на прогнозування заданої дальності польоту списа й орієнтують тренера та спортсмена на індивідуалізацію технічної підготовки. Використання тренером цих моделей істотно полегшує процес проведення поточної оперативного контролю, а також диференційовано оцінювати технічну підготовленість легкоатлетів, які спеціалізуються в метанні списа.



**Рис. 2.** Середньогрупова модель найбільш значущих біомеханічних характеристик техніки метання списа спортсменів різної кваліфікації:

— висококваліфіковані спортсмени;

— кваліфіковані спортсмени;

1 – дальність польоту списа, м;

2 – швидкість вильоту списа,  $m \cdot s^{-1}$ ;

3 – довжина шляху заключного прискорення списа, м;

4 – кут тулуб-вертикаль у момент вильоту, град.;

5 – кут вильоту списа, град.;

6 – швидкість ЗЦМ тіла спортсмена в момент закінчення завершальної частини розбігу,  $m \cdot s^{-1}$ ;

7 – швидкість ЗЦМ тіла спортсмена в момент попередньої завершальної частини розбігу,  $m \cdot s^{-1}$ ;

8 – тривалість опорної фази першого кидкового кроку в завершальній частині розбігу, с;

9 – градієнт сили в опорній фазі першого кидкового кроку в завершальній частині розбігу,  $N \cdot s^{-1}$ ;

10 – кут стійкості в момент випуску снаряда, град.

Таблиця 1

## Регресійні моделі оцінки техніки кваліфікованих метальників списа

№ з/п	Рівняння множинної регресії	Коефіцієнт множинної регресії	Похибка моделі
1	$Y = 1,96 + 1,141x_1 + 3,172x_2 + 0,029x_3 + 0,079x_4 + 0,0028x_5 + 0,2979x_6 + 7,23x_7 + 0,00016x_8$	0,846	1,52
2	$Y = 4,12 + 1,023x_1 + 4,141x_2 + 0,298x_3 + 0,135x_4$	0,809	1,07

Примітки.

Y – дальність польоту списа, м;

$x_1$  – швидкість вильоту списа,  $m \cdot c^{-1}$ ;

$x_2$  – довжина шляху заключного прискорення снаряда, м;

$x_3$  – кут тулуб-вертикаль у момент вильоту, град.;

$x_4$  – кут вильоту списа, град.;

$x_5$  – швидкість ЗЦМ тіла спортсмена в момент закінчення завершальної частини розбігу,  $m \cdot c^{-1}$ ;

$x_6$  – швидкість ЗЦМ тіла спортсмена в момент закінчення попередньої частини розбігу,  $m \cdot c^{-1}$ ;

$x_7$  – тривалість опорної фази першого кидкового кроку в завершальній частині розбігу,  $c^{-1}$ ;

$x_8$  – градієнт сили в опорній фазі першого кидкового кроку в завершальній частині розбігу  $H \cdot c^{-1}$ ;

1 – розгорнуте регресійні рівняння;

2 – регресійне рівняння для оперативного контролю.

*Прогностичні модельні характеристики техніки метання списа.* Для полегшення практичної діяльності тренерів розроблено оцінні таблиці, що включають діапазон прогностичних модельних характеристик техніки метання списа для досягнення заданих спортивних результатів у межах 64–80 м через 10 см. Їх наведено у табл. 2, де вибіркові дані подано через 50 см.

**Дискусія.** Біомеханічні дослідження метання списа в основному були спрямовані на вивчення біомеханічних характеристик випуску снаряда, уключаючи початкову швидкість його вильоту, кут вильоту, кут атаки й висоту випуску [1; 3]. Нами розширено уявлення про техніку метання списа на основі виявлення інформативних біомеханічних характеристик, що впливають на результативність змагальної діяльності, а саме: визначено, що дальність польоту снаряда залежить від його швидкості вильоту, довжини шляху завершального прискорення; кут тулуб-вертикаль у момент вильоту; кут вильоту списа, швидкість ЗЦМ тіла спортсмена в момент закінчення завершальної частини розбігу; швидкість ЗЦМ тіла спортсмена в момент попередньої завершальної частини розбігу; тривалість опорної фази першого кидкового кроку в завершальній частині розбігу; градієнт сили в опорній фазі першого кидкового кроку в завершальній частині розбігу; кут стійкості в момент випуску снаряда, що визначає динамічну рівновагу і є важливим показником для вдосконалення технічної майстерності кваліфікованих метальників [2]. Ці характеристики покладено в основу побудови різних видів моделей, що стало основоположним розробці технології моделювання в процесі технічної підготовки кваліфікованих спортсменів.

Таблиця 2

## Прогностичні модельні біомеханічні характеристики техніки метання списа для досягнення заданих спортивних результатів

Дальність польоту списа	Швидкість вильоту списа	Довжина шляху завершального прискорення снаряда	Кут тулуб-вертикаль у момент вильоту	Кут вильоту списа	Швидкість ЗЦМ тіла спортсмена в момент закінчення завершальної частини розбігу	Швидкість ЗЦМ тіла спортсмена в момент закінчення попередньої частини розбігу	Тривалість опорної фази першого кидкового кроку в завершальній частині розбігу	Градієнт сили в опорній фазі першого кидкового кроку в завершальній частині розбігу	Кут стійкості в момент випуску снаряда, град
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
64	22,7	1,513	25,813	26,813	7,429	6,844	0,060	25512,9	15,631
64,5	22,95	1,531	26,281	27,281	7,507	7,334	0,059	29063,2	16,057

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
65	23,2	1,550	26,750	27,750	7,585	7,823	0,058	32613,6	16,484
65,5	23,45	1,569	27,219	28,219	7,663	8,313	0,057	36163,9	16,912
66	23,7	1,588	27,688	28,688	7,741	8,803	0,056	39714,3	17,339
66,5	23,95	1,606	28,156	29,156	7,819	9,292	0,055	43264,6	17,767
67	24,2	1,625	28,625	29,625	7,898	9,782	0,054	46815,0	18,194
67,5	24,45	1,644	29,094	30,094	7,976	10,271	0,053	50365,3	18,622
68	24,7	1,663	29,563	30,563	8,054	10,761	0,052	53915,7	19,049
68,5	24,95	1,681	30,031	31,031	8,132	11,251	0,051	57466,0	19,477
69	25,2	1,700	30,500	31,500	8,210	11,740	0,049	61016,4	19,904
69,5	25,45	1,719	30,969	31,969	8,288	12,230	0,048	64566,7	20,332
70	25,7	1,738	31,438	32,438	8,366	12,719	0,047	68117,1	20,759
70,5	25,95	1,756	31,906	32,906	8,444	13,209	0,046	71667,4	21,187
71	26,2	1,775	32,375	33,375	8,523	13,699	0,045	75217,8	21,614
71,5	26,45	1,794	32,844	33,844	8,601	14,188	0,044	78768,1	22,042
72	26,7	1,812	33,313	34,313	8,679	14,678	0,043	82318,5	22,469
72,5	26,95	1,831	33,781	34,781	8,757	15,167	0,042	85868,8	22,897
73	27,2	1,850	34,250	35,250	8,835	15,657	0,041	89419,2	23,324
73,5	27,45	1,869	34,719	35,719	8,913	16,147	0,040	92969,5	23,752
74	27,7	1,887	35,188	36,188	8,991	16,636	0,038	96519,9	24,179
74,5	27,95	1,906	35,656	36,656	9,069	17,126	0,037	100070,2	24,607
75	28,2	1,925	36,125	37,125	9,148	17,615	0,036	103620,6	25,034
75,5	28,45	1,944	36,594	37,594	9,226	18,105	0,035	107170,9	25,462
76	28,7	1,962	37,063	38,063	9,304	18,595	0,034	110721,3	25,889
76,5	28,95	1,981	37,531	38,531	9,382	19,084	0,033	114271,6	26,317
77	29,2	2,000	38,000	39,000	9,460	19,574	0,032	117822,0	26,744
77,5	29,45	2,019	38,469	39,469	9,538	20,063	0,031	121372,3	27,172
78	29,7	2,037	38,938	39,938	9,616	20,553	0,030	124922,7	27,599
78,5	29,95	2,056	39,406	40,406	9,694	21,043	0,029	128473,0	28,027
79	30,2	2,075	39,875	40,875	9,773	21,532	0,027	132023,4	28,454
79,5	30,45	2,094	40,344	41,344	9,851	22,022	0,026	135573,7	28,882
80	30,7	2,112	40,813	41,813	9,929	22,511	0,025	139124,1	29,309

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Розроблені регресійні моделі техніки метання списа. Під час розв'язання проблем теорії й методики підготовки регресійні біомеханічні моделі рухових дій є системотвірним чинником, що визначає структуру й зміст процесу вдосконалення технічної майстерності кваліфікованих спортсменів. Вони дають змогу прогнозувати індивідуальні варіанти техніки, орієнтовані на досягнення запланованої результативності, істотно полегшують процес проведення етапного, поточного та оперативного контролю, уможливають диференційоване оцінювання технічної підготовленості кваліфікованих металників списа.

Розроблено прогностичні модельні характеристики техніки метання списа, що орієнтують вихід спортсменів на рівень заданих спортивних результатів у діапазоні 64–80 м і визначають основний вектор формування технічної майстерності в системі спортивної підготовки, дають змогу розробити способи практичної реалізації завдань педагогічного управління технічними характеристиками спортсмена, прогнозувати зростання спортивних результатів, оцінювати індивідуальні резерви досягнення запланованих біомеханічних показників техніки кваліфікованих легкоатлетів.

Розроблено й обґрунтовано технологію моделювання кінематичної та динамічної структури рухів у процесі технічної підготовки кваліфікованих металників списа. Технологія спрямована на досягнення заданих спортивних результатів на основі розроблених середньогрупових, регресійних моделей і прогностичних модельних характеристик, які є основою для вибору засобів спеціальної підготовки, максимально наближених за формою і структурою до змагальної вправи з інтенсивністю, що стимулює удосконалення технічної майстерності.

**Перспективи подальших досліджень** слід пов'язувати з розробкою методики застосування тренувальних засобів у поєднанні з використанням розробленої технології.

Автори висловлюють вдячність за допомогу в проведенні відеокomp'ютерного аналізу техніки метання списа Олександрю Валерійовичу Жирнову – кандидату наук з фізичного виховання та спорту, старшому викладачу кафедри біомеханіки та спортивної метрології Національного університету фізичного виховання і спорту України.

#### *Джерела та література*

1. Адашевский В. М., Єрмаков С. С., Дуевски М. Моделирование и определение основных биомеханических характеристик в метании копья. *Информационно-аналит. бюл. по актуальным проблемам физической культуры и спорта. Легкая атлетика*. Минск: БГУФК, 2013. С. 330–339.
2. Козлова Е., Климашевский А. Динамическое равновесие как фактор повышения эффективности двигательных действий в спорте (на материале метания копья). *Наука в олимпийском спорте*. 2017. № 3. С. 29–39.
3. Лехман Ф. Биомеханический анализ метания копья на чемпионате мира ИААФ по легкой атлетике 2009 года. *Легкоатлетический вестник ИААФ*. 2010. № 3–4. С. 61–77.
4. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения: учебник [для тренеров]: в 2 кн. Киев: Олимп. лит., 2015. Кн. 2. 752 с.
5. Хмельницкая И. В. Системы видеоанализа в практике спорта. *Теория и практика физической культуры*. 2000. № 3. С. 28–37.
6. Шестаков М.П. Управление технической подготовкой в легкой атлетике на основе компьютерного моделирования. *Наука в олимпийском спорте*. 2005. № 2. С. 187–196.
7. Campos J., Brizuela G., Ramon V. Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers at the 1999 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*. 2000. Vol. 14. P. 31–41.
8. Lehmann F. Biomechanical Analysis of the javelin throw at the WAF- Final in Stuttgart 2008; unpublished manuscript. 2008.
9. Wang Y. A., Zhou J. Biomechanical Comparison and Analysis on Throwing Step of Chinese Top Javelin Throwers Lv huihui. *Olympic sport and sport for all: proceedings of 17th International scientific congress* (Beijing, China, 2nd-6th, June, 2013)/International Association of Universities of Physical Culture and Sport, Capital University of Physical Education and Sports. Beijing, 2013. P. 378–379

#### *References*

1. Adashevskii, V. M., Yermakov, S. S. & Duevski, M. (2013). Modelirovanie i opredelenie osnovnykh biomekhanicheskikh kharakteristik v metanii kopia [Modeling and rational determination of the main biomechanical characteristics in javelin throwing]. *Informatsionno-analit. biul. po aktualnym problemam fizicheskoi kultury i sporta*. Lehkaia atletika. Minsk: BHUFK, 330–339.
2. Kozlova, E. & Klimashevskii, A. (2017). Dinamicheskoe ravnovesie kak faktor povysheniia effektivnosti dvihatelnykh deistvii v sporte (na materiale metaniia kopia) [Dynamic equilibrium as a factor of increasing the effectiveness of motor actions in sports (on the material of javelin throwing)]. *Nauka v olimp. sporte*, no. 3, 29–39.
3. Lekhman, F. (2010). Biomekhanicheskii analiz metaniia kopia na chempionate mira IAAF po lehkoii atletike 2009 hoda [Biomechanical analysis of javelin throwing at the IAAF World Athletics Championships 2009]. *Lehkoatlet. vestnik IAAF*, no. 3–4, 61–77.
4. Platonov, V. N. (2015). Sistema podhotovki sportsmenov v olimpiiskom sporte. Obshchaia teoriia i ee prakticheskie prilozheniia: uchebnik [dlia trenerov]: v 2 kn. [The system of training athletes in the Olympic sport. General theory and its practical applications: a textbook]. K.: Olimp. lit., kn. 2, 752.
5. Khmel'nitskaia, I. V. (2000). Sistemy videoanaliza v praktike sporta [Systems of video analysis in sport practice]. *Teoriia i praktika fizicheskoi kultury*, no. 3, 28–37.
6. Shestakov, M. P. (2005). Upravlenie tekhnicheskoi podhotovkoi v lehkoii atletike na osnove kompiuternoho modelirovaniia [Management of technical training in track and field athletics based on computer modeling]. *Nauka v olimpiiskom sporte*, no. 2, 187–196.
7. Campos, J., Brizuela, G. & Ramon, V. (2000). Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers at the 1999 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, vol. 14, 31–41.
8. Lehmann, F. (2008). Biomechanical Analysis of the javelin throw at the WAF- Final in Stuttgart 2008; unpublished manuscript.
9. Wang Y. & Jihe. Zhou (2013). A Biomechanical Comparison and Analysis on Throwing Step of Chinese Top Javelin Throwers Lv huihui. *Olympic sport and sport for all : proceedings of 17th International scientific congress* (Beijing, China, 2nd-6th, June, 2013). International Association of Universities of Physical Culture and Sport, Capital University of Physical Education and Sports. Beijing, 378–379.

Стаття надійшла до редакції 12.03.2018 р.