УДК 796.431.2 DOI: 10.20998/2413-3000.2025.10.4

*А. С. ГОРЛОВ, С. Є. ГАРДЕР, В. П. БОНДАРЕНКО, В. О. БУБНОВ, В. О. КОЛБАСІН, І. В. СЕРДЮК*

# МОДЕЛЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ЕФЕКТИВНОГО ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВІДШТОВХУВАННЯ КВАЛІФІКОВАНИХ ЛЕГКОАТЛЕТІВ-СТРИБУНІВ У ДОВЖИНУ

Мета роботи – дослідження і обгрунтування найважливіших критеріїв оцінки індивідуальної техніко-фізичної підготовленості кваліфікованих чоловіків-стрибунів у довжину. У дослідженнях брали участь 19 легкоатлетів-стрибунів у довжину високої кваліфікації, які в 2018 і 2019 тренувальних роках брали участь в змаганнях чемпіонатів України з легкої атлетики серед дорослих спортсменів. Реєстрація біомеханічних характеристик техніки стрибків в довжину проводилася за допомогою швидкісної відеозйомки, обробленої в комп'ютерній програмі відеоаналізу «Kinovea», а також комп'ютерної біомеханічно-технологічної системи «OptoJump» і показників електронно-оптичної системи «Старт-фініш». Результати досліджень – складені моделі множинної лінійної регресії між спортивним результатом кваліфікованих спортсменів і кінематичними параметрами індивідуальної техніки стрибунів у довжину. Для оцінки статистичної достовірності моделі використаний коефіцієнт детерміації (R2). Оцінка статистичної значущості коефіцієнтів моделі показала, що два з шести коефіцієнтів можуть вважатися відмінними від нуля (значимі). Це коефіцієнти при чинниках «швидкість спортсмена перед відштовхуванням» і «довжина шляху проходження загального центру маси тіла (ЗЦМТ) в момент здійснення відштовхування».

**Ключові слова:** діагностика, кінематичні характеристики, індивідуальні показники, техніко-фізична ефективність, критерій раціональної організації рухів.

*A. HORLOV, S. HARDER, V. BONDARENKO, V. BUBNOV, V. KOLBASIN, I. SERDIUK*

# MODELING OF INDIVIDUALTECHNIQUES FOR EFFECTIVE AND RATIONAL PUSHING OF QUALIFIED LONG JUMPERS

The aim of the study was to investigate and substantiate the most important criteria for assessing the individual technical and physical fitness of skilled male long jumpers. The study involved 19 highly skilled long jumpers who participated in the Ukrainian Athletics Championships for adult athletes in 2018 and 2019. The biomechanical characteristics of the long jump technique were recorded using high-speed video recording, processed in the Kinovea video analysis computer program, as well as the OptoJump computer biomechanical and technological system and the Start-Finish electronic-optical system. The results of the research are composite models of multiple linear regressions between the athletic performance of qualified athletes and the kinematic parameters of individual long jump techniques. The coefficient of determination (R2) was used to assess the statistical reliability of the model. Assessment of the statistical significance of the model coefficients showed that two of the six coefficients can be considered non-zero (significant). These are the coefficients for the factors 'athlete's speed before push-off' and «pathlength of passing (GCMB) in the moment of realization of pushing away».

**Keywords:** diagnostics, kinematics descriptions, individual indexes, technical and physical efficiency; criterion of rational organization of motions.

**Вступ.** Позитивна динаміка світових рекордів до 1991 року в стрибках в довжину у чоловіків, коли на Чемпіонаті світу в Токіо був зафіксований результат Майкла Пауэла (США) 8,95 м, зупинилася і ось вже більше 34 років не покращується. Ще довше зберігається 37-річний рекорд України, встановлений в 1988 році Сергієм Лаевским – 8,35 м. Сучасний світовий рекорд серед юнаків кубінського стрибуна в довжину Майкла Мейсо (8,28 м) з одного боку захоплює, а з іншого насторожує і ставить під сумнів планомірність і спадкоємність якісної перспективної підготовки молодих спортсменів на різних етапах багаторічного удосконалення [1, 2]. Не достатньо ефективна індивідуальна підготовка легкоатлетів-чоловіків високої кваліфікації України в горизонтальних стрибках згубно відбивається на можливості формування національної збірної команди на різних міжнародних змаганнях. Представлені дослідження критерія щодо раціональної організації рухів (КРОР) стрибуна у довжину в фазі відштовхування та його використання при для індивідуальної техніко-фізичної підготовленості кваліфікованих спортсменів-чоловіків.

В спорті вищих досягнень практично вичерпаний ресурс підвищення дальності стрибків за рахунок збільшення швидкості розгону. Причому, швидкість, що демонструється спортсменами в «гладкому» бігу наблизилася до межі людських можливостей. Це обумовлено тим, що темпи приросту спортивних досягнень поступово убувають по експоненті. А це, у свою чергу, означає, що в спорті вищих досягнень практично вичерпаний ресурс підвищення дальності стрибків за рахунок збільшення швидкості розгону. Отже, подальший прогрес слід зв'язувати з вдосконаленням техніки виконання спортсменами завершальної частини розгону та фази відштовхування [1, 4, 5 ].

Безспорно, висока швидкість бігу спортсмена є необхідною умовою успішного виконання горизонтальних стрибків, бо вона створює передумови для більш високої швидкості вильоту. Проте, практика показує, що чинник досягнення стрибуном критерія оптимально-максимальної швидкості (КОМШ) розбігу перед відштовхуванням є первинним, але все-таки недостатнім. Вирішальне значення грає вже не лише сама швидкість розбігу, але також і уміння спортсмена виконувати стрибок при мінімальній її втраті у фазі відштовхування.

Виникає необхідність додаткового переосмислення ефективності контролю за техніко-фізичною майстерністю з урахуванням акцентування уваги не на одному, а хоча б двох точних біомеханічних критеріях, які зможуть визначати цю ефективність. На жаль, в практиці спортивної підготовки формування

© А. С. Горлов, С. Є. Гардер, В. П. Бондаренко, В. О. Бубнов, В. О. Колбасін, І. В. Сердюк, 2025

техніко-фізичної майстерності нерідко здійснюється без урахування індивідуальних особливостей біомеханічної структури рухових дій та визначається розрахунковим коефіцієнтом із показників оптимальної швидкості розбігу перед відштовхуванням і довжини стрибка [4, 6, 8]. Нерідко в практиці змагальної діяльності кваліфікованих стрибунів з'являються питання – «Кому віддати перевагу з двох спортсменів, що показали однаковий результат змагань і приблизно рівну швидкість перед відштовхуванням»? Відповідь криється в обґрунтуванні оптимізації поєднання швидкості стрибуна перед відштовхуванням з раціональною для цієї швидкості організацією рухів у процесі відштовхування. Це створює стратегічну перспективу вдосконалення і діагностики багаторічної підготовки кваліфікованих спортсменів [3, 7, 9]. Відсутність в науково-методичній літературі переконливого обґрунтування такої оптимізації посприяла проведенню цих досліджень у стрибунів у довжину високої кваліфікації.

**Мета роботи.** Дослідження і математичне обґрунтування найважливіших критеріїв оцінки індивідуальної техніко-фізичної підготовленості кваліфікованих легкоатлетів-стрибунів у довжину чоловіків.

**Матеріали і методи.**

*Учасники.* У дослідженнях брали участь 19 стрибунів в довжину фіналістів національних змагань зимового та літнього чемпіонатів України 2018 і 2019 року. Кваліфікаційний рівень учасників дослідження за результатами цих фінальних змагань досяг: майстер спорту України і міжнародного класу – 2, майстер спорту України – 6, кандидат у майстри спорту України – 6, перший розряд дорослих спортсменів – 5 стрибунів.

*Методи дослідження.* Реєстрація часових кінематичних характеристик техніки стрибків в умовах змагання проводилася за допомогою електронно-оптичної системи «Старт-фініш»: фіксувався час подолання останніх двох 5-метрових ділянок перед відштовхуванням (10-5 м і 5-0 м). Результати вимірів за допомогою радіоканального зв'язку поступали і архівувалися в електрохронометрі (рис. 1). Ці результати потім уточнювались стосовно розрахункових показників, отриманих комп'ютерною біомеханічно-технологічною системою «OptoJump» [5, 10]. Кутові просторові і просторово-часові кінематичні показники змагальної діяльності кваліфікованих стрибунів, такі як довжина горизонтальної проєкції переміщення ЗЦМТ стрибуна в процесі відштовхування, кут вильоту, початкова швидкість вильоту і максимальна висота підйому центру мас спортсмена в польотній фазі були отримані за допомогою швидкісної цифрової відеозйомки (фотокамера «FinePix HS20EXR») і оброблені в комп'ютерній програмі відеоаналізу «Kinovea» та графічного редактора «Corel-DRAW» (див. рис. 1).

Рис. 1. Електронно-оптична система «старт-фініш» (час затримки виходного сигналу від моменту перетинання проміню – менш ніж 0,001с); цифрова фотокамера FinePix HS20EXR

Такі показники як, коефіцієнт реалізації швидкості в розбігу, коефіцієнт техніко-фізичної майстерності стрибунів та інші були отримані розрахунковим шляхом.

*Хід дослідження.* На першому етапі досліджень були проаналізовані карти педагогічного контролю та самоконтролю щодо тестування абсолютної швидкості у кваліфікованих стрибунів на передодні зимових чемпіонатів України 2018 та 2019 року – це години бігу на відрізку дистанції 20 м з ходу (20-10 м і 10-0 м). Виконувався порівняльний аналіз оптимально-максимальної швидкісті перед відштовхуванням з абсолютною швидкістю спортсменів, а також проводився математичний розрахунок коефіцієнта реалізації швидкості (Кр.) у стрибунів-фіналістів у розбігу за допомогою показників швидкості на ділянках 10-5м і 5-0м під час проведення зимових змагань чемпіонатів України по легкій атлетиці за формулою 1:

$$K_p = V_{(10\text{-}0\ м)} \ / \ V_{10\ м\ з/х} \qquad (1)$$

де $V_{(10\text{-}0м)}$ – швидкість стрибунів на відрізку дистанції 10 м перед відштовхуванням; $V_{10\ м\ з/х}$ – абсолютна швидкість спортсменів, відповідно тестування 10 м з ходу.

Власні інструментальні дослідження проводились у складі комплексної наукової групи (КНГ) Федерації легкої атлетики України. Показники часу і швидкості розбігу стрибунів перед відштовхуванням на ділянках 10-5м і 5-0м були продубльовані науковцями КНГ сучасною комп'ютерною біомеханічно-технологічною системою «OptoJump», які були надруковані у звітному виданні (рис. 2) [10]. За формулою 2 для кожного стрибуна-фіналіста двох зимових чемпіонатів України були підраховані коефіцієнти техніко-фізичної майстерності (КТФМ). Усі показники щодо тесту максимальної швидкості стрибунів, їх оптимально-максимальної швидкості і часу розбігу на відрізках 10-5 м і 5-0 м, а також коефіцієнту реалізації абсолютної швидкості і коефіцієнту техніко-фізичної майстерності спортсменів були зведені в таблицю 1.

$$КТФМ = R \ / \ V_{(10\text{-}0\ м)} \qquad (2)$$

де: R – результат дальності стрибка в довжину з розгону (*м*); $V_{(10\text{-}0\ м)}$ – оптимально-максимальна швидкість стрибуна поперед відштовхування (*м/с*).

| № | Показник | 7,96 | заступ | 7,61 | середні значення |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Спроба | 4 | 5 | 6 | |
| 2 | Час виконання останніх 4 кроків (с.) | 0,908 | 0,942 | 0,962 | 0,937 |
| 3 | Час на відрізку 10-5м (с.) | 0,475 | 0,488 | 0,492 | 0,485 |
| 4 | Час на відрізку 5-0м (с.) | 0,475 | 0,475 | 0,471 | 0,474 |
| 5 | Час на відрізку 10-0м (с.) | 0,950 | 0,963 | 0,963 | 0,959 |
| 6 | Швидкість на відрізку 10-5м (м/с) | 10,526 | 10,246 | 10,163 | 10,312 |
| 7 | Швидкість на відрізку 5-0м (м/с) | 10,526 | 10,526 | 10,616 | 10,556 |
| 8 | Швидкість на відрізку 10-0м (м/с) | 10,526 | 10,384 | 10,384 | 10,432 |
| 9 | Час виконання 4 кроку (с.) | 0,246 | 0,246 | 0,262 | 0,251 |
| 10 | Час виконання 3 кроку (с.) | 0,233 | 0,238 | 0,238 | 0,236 |
| 11 | Час виконання 2 кроку (с.) | 0,225 | 0,212 | 0,254 | 0,230 |
| 12 | Час виконання останнього кроку (с.) | 0,204 | ? | 0,208 | 0,206 |
| 13 | Темп виконання 4 кроку (крок/сек.) | 4,065 | 4,065 | 3,817 | 3,982 |
| 14 | Темп виконання 3 кроку (крок/сек.) | 4,292 | 4,202 | 4,202 | 4,232 |
| 15 | Темп виконання 2 кроку (крок/сек.) | 4,444 | 4,717 | 3,937 | 4,366 |

Рис. 2. Індивідуальні показники (кращі спроби) фіналіста зимового чемпіонату України з стрибків у довжину, які зафіксовані за допомогою сучасної комп'ютерної біомеханічно-технологічної системи «OptoJump».

Таблиця 1 – Біомеханічні показники змагальної діяльності провідних стрибунів у довжину України у 2018 та 2019 рр.

| Результати стрибків, м | Час на останніх відрізках розбігу, *с* | | | Швидкість на останніх відрізках розбігу, *м/с* | | | Тест бігу10 м з/х, с ($V_{mas.}$) | Реалізація швидкості в розбігу, *у.о.* | КТФМ, *у.о.* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10-5м | 5-0 м | 10-0м | 10-5 м | 5-0 м | 10-0 м $V_{(10-0м)}$ | | | |
| 7,60 | 0,520 | 0,519 | 1,039 | 9,615 | 9,634 | 9,620 | 10,583 | 9,909 | 0,790 |
| 7,45 | 0,521 | 0,530 | 1,051 | 9,597 | 9,434 | 9,514 | 10,512 | 0,905 | 0,783 |
| 7,41 | 0,517 | 0,543 | 1,060 | 9,671 | 9,208 | 9,431 | 10,420 | 0,905 | 0,786 |
| 7,31 | 0,548 | 0,523 | 1,071 | 9,124 | 9,560 | 9,330 | 10,332 | 0,903 | 0,784 |
| 7,32 | 0,532 | 0,533 | 1,065 | 9,398 | 9,380 | 9,389 | 10,409 | 0,902 | 0,780 |
| 7,13 | 0,543 | 0,543 | 1,086 | 9,208 | 9,208 | 9,208 | 10,322 | 0,892 | 0,774 |
| 7,56 | 0,528 | 0,517 | 1,045 | 9,469 | 9,671 | 9,570 | 10,562 | 0,906 | 0,790 |
| 7,03 | 0,548 | 0,565 | 1,113 | 9,124 | 8,850 | 8,983 | 10,115 | 0,888 | 0,782 |
| 7,05 | 0,555 | 0,555 | 1,110 | 9,009 | 9,009 | 9,009 | 10,122 | 0,890 | 0,782 |
| 7,36 | 0,527 | 0,537 | 1,064 | 9,487 | 9,311 | 9,395 | 10,404 | 0,903 | 0,783 |
| 7,67 | 0,534 | 0,499 | 1,033 | 9,363 | 10,020 | 9,680 | 10,638 | 0,910 | 0,792 |
| 6,79 | 0,559 | 0,581 | 1,140 | 8,944 | 8,605 | 8,765 | 9,948 | 0,881 | 0,775 |
| 7,22 | 0,540 | 0,540 | 1,080 | 9,259 | 9,259 | 9,259 | 10,276 | 0,901 | 0,780 |
| 7,00 | 0,535 | 0,571 | 1,106 | 9,345 | 8,755 | 9,050 | 10,168 | 0,890 | 0,773 |
| 8,06 | 0,493 | 0,493 | 0,986 | 10,141 | 10,141 | 10,141 | 10,834 | 0,936 | 0,795 |
| 7,88 | 0,507 | 0,508 | 1,015 | 9,861 | 9,842 | 9,848 | 10,810 | 0,911 | 0,800 |
| 8,13 | 0,500 | 0,478 | 0,978 | 10,000 | 10,460 | 10,230 | 10,850 | 0,942 | 0,795 |
| 8,23 | 0,485 | 0,483 | 0,968 | 10,309 | 10,352 | 10,326 | 10,892 | 0,948 | 0,797 |
| 6,84 | 0,566 | 0,568 | 1,134 | 8,834 | 8,803 | 8,818 | 9,986 | 0,883 | 0,776 |

На другому етапі досліджень із протоколів фінальних змагань були вибрані кращі спроби у спортсменів, на підставі яких були зроблені скріншоти стрибків у фазі відштовхування і польоту. В комп'ютерній програмі відеоаналізу «Kinovea» та графічного редактора «Corel-DRAW» були розраховані та отримані для кожного стрибуна фінальних змагань наступні результати: швидкість поперед відштовхування (*м/с*), початкова швидкість вильоту (*м/с*), кут вильоту (град.), горизонтальна проекція просування ЗЦМТ на опорі при відштовхуванні (*см*), максимальна висота взльоту стрибуна в фазі польоту (*см*). Цифрові дані були занесені у таблицю 2.

Заздалегідь до проведення числових розрахунків, стосовно використання методу найменших квадратів, усі дані наводилися до загальної розмірності м (метр), *м/с* (метр за секунду), град. (градус): а) досягнута швидкість стрибуна перед відштовхуванням (**Vot**) – *м/с*; б) початкова швидкість вильоту (**Vn**) – м/с; в) кут вильоту (**Alfa**) – град; г) горизонтальне просування ЗЦМТ на опорі при відштовхуванні (**Gp**) – см; д) висота взльоту (**Hp**) – м; е) результат стрибка (**Rez**) – *м*.

**Результати дослідження та їх обговорення.**

На основі вивчення інформаційних джерел встановлено, що питання організації спортивних рухів все частіше і частіше почали розглядатись не лише в зарубіжній але й вітчизняній науковій літературі. Відкриття і визнання нами для спортивної науки і практики критерію раціональної організації рухів (КРОР) стрибуна в довжину в процесі відштовхування спирається на глибокий науковий розгляд біомеханіки спортивних рухів в одній із статей Я. Ланко і В. Гамалія [11]. У статті проаналізовані і узагальнені теоретичні дані про реалізацію біомеханічних принципів організації переміщаючих рухів у спорті с метою їх практичного використання в повсякденній тренерській

практиці. Біомеханічні принципи – загальні умови організації координаційної структури рухів – базуються на закономірностях фізики і біології. У кожній окремій групі рухів (переміщаючі, локомоторні, обертальні та ін.) існують свої, тільки для цієї групи характерні принципи їх організації, від реалізації яких залежить ефективність виконання усієї дії. Відносно переміщаючих рухових дій актуальними є принципи генерування імпульсу механічної енергії, використання енергії пружної деформації м'язово-сухожильних структур, передачі імпульсу, збільшення шляху додатка сили, збереження стійкості, зниження лінійного і обертального імпульсу [11, 12, 13].

Таблиця 2 – Основні біомеханічні показники змагальної діяльності кваліфікованих стрибунів у довжину України в 2019 та 2020 рр. (n=19)

| *№ п/ч* | Результат стрибка, **Rez** *м* | Швидкість перед відштовхуванням, **Vot** *м/с* | Початкова швидкість вильоту, **Vn** *м/с* | Кут вильоту, **Alfa** *град.* | Горизонтальна проекція просування ЗЦМТ на опорі при відштовхуванні, **Gp** *см* | Висота взльоту, **Hp** *см* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Y** | **$X_1$** | **$X_2$** | **$X_3$** | **$X_4$** | **$X_5$** |
| 1 | 7,60 | 9,620 | 8,980 | 18,0 | 79,9 | 39,7 |
| 2 | 7,45 | 9,514 | 8,834 | 19,0 | 68,7 | 43,9 |
| 3 | 7,41 | 9,431 | 8,781 | 25,0 | 74,6 | 44,3 |
| 4 | 7,31 | 9,330 | 8,620 | 18,5 | 83,9 | 32,0 |
| 5 | 7,32 | 9,389 | 8,699 | 22,0 | 69,0 | 39,4 |
| 6 | 7,13 | 9,202 | 8,472 | 20,0 | 69,5 | 35,4 |
| 7 | 7,56 | 9,570 | 8,900 | 19,5 | 75,8 | 48,1 |
| 8 | 7,03 | 8,983 | 8,253 | 20,0 | 90,8 | 40,2 |
| 9 | 7,05 | 9,004 | 8,374 | 18,7 | 87,3 | 40,4 |
| 10 | 7,36 | 9,395 | 8,805 | 20,2 | 73,7 | 42,6 |
| 11 | 7,67 | 9,681 | 8,981 | 18,3 | 71,8 | 48,7 |
| 12 | 6,79 | 8,860 | 7,730 | 20,4 | 80,0 | 19,6 |
| 13 | 7,22 | 9,251 | 8,551 | 18,0 | 83,0 | 33,7 |
| 14 | 7,00 | 9,040 | 8,340 | 13,5 | 82,5 | 41,0 |
| 15 | 8,06 | 10,133 | 9,503 | 19,9 | 70,0 | 43 ,8 |
| 16 | 7,88 | 9,848 | 9,198 | 21,8 | 87,3 | 48,5 |
| 17 | 8,13 | 10,221 | 9,641 | 18,8 | 67,0 | 44,0 |
| 18 | 8,23 | 10,326 | 9,766 | 18,3 | 67,4 | 43,2 |
| 19 | 6,84 | 8,818 | 7,818 | 17,8 | 78,9 | 42,0 |

Наприклад, в основі принципу збільшення шляху додатка сили лежить співвідношення між механічною роботою і енергією ($\Delta E=F\cdot s$): щоб змінити механічну енергію тіла ($\Delta E$), необхідно збільшити або прикладену силу ( F ), або шлях ( s ), на якому сила діє на тіло. Матеріали статті спираються на наукові дослідження цього питання на прикладі легкоатлетичних метань, але актуальність розглядання проблеми існування раціональної організації рухів спортсменів криється не тільки в легкоатлетичних метаннях, але й легкоатлетичних стрибках. У стрибках сила F, що поступається і долає режими при відштовхуванні, також генерує роботу та енергію, як і при виконанні легкоатлетичних метань. Зміна механічної енергії $\Delta E$ тут діє по тих же принципах, як при метанні гранати або спису. У стрибках у довжину раціональні переміщаючі технічні рухи починаються і продовжуються з моменту постановки ноги на брусок відштовхування до моменту останньої миті тримання ноги на опорі. Критерієм раціональної організації рухів стрибунів являється довжина горизонтальної проєкції шляху переміщення ЗЦМТ стрибуна на опорі. Згідно принципу збереження стійкості рівноваги для ефективного виконання рухів, які пов'язані з різкою зміною напряму або швидкості, потрібна велика площа опори, хороше зчеплення з поверхнею опори і стійке положення тіла (статична і динамічна рівновага) [5, 11].

В роботі представлені дані теоретичних досліджень біомеханічних принципів організації переміщаючих рухів в легкоатлетичних стрибках в довжину чоловіків-стрибунів високої кваліфікації. Мета досліджень полягає в тому, щоб тренери і спортсмени почали частіше звертати увагу не тільки на досягнення оптимально-максимальної швидкості перед відштовхуванням, але й на раціональний і ефективний процес організації рухів в процесі відштовхування. Щоб, при однакових умовах, рівень майстерності стрибунів у довжину високої кваліфікації розглядався з позиції кращої досяжності спортсменом обох критеріїв майстерності – КОМШ і КРОР [1, 5, 7, 8].

Розглядаючи і розраховуючи біомеханічні показники та деякі коефіцієнти змагальної діяльності провідних стрибунів у довжину України 2018 та 2019 років, а також ті показники фінальної частини розбігу, які визначають якість процесу відштовхування, можно вже і без додаткових досліджень зрозуміти про недостатній рівень підготовленості українських стрибунів. Так наприклад, з 19 спортсменів фіналістів двох чемпіонатів України завершили змагання в стрибках у довжину з наступним кваліфікаційним рівнем: звання майстра спорту міжнародного класу (МСМК) – 3 стрибуна (15,8%), майстра спорту України (МСУ) – 3 стрибуна (15,8%), кандидата в майстри

спорту України (КМСУ) – 7 стрибунів (36,8%), першого спортивного розряду – 6 стрибунів (31,6%). Таким чином, якість виконання стрибків міжнародного рівня разом з двох чемпіонатів України 2018 і 2019 рр. склала всього 15,8%.

Якщо розглянути біомеханічні показники оптимально-максимальної швидкості стрибунів перед відштовхуванням на цих двох чемпіонатах України стосовно ділянок розбігу 10-5 м і 5-0 м, то кращі результати (швидкість зростає або залишається оптимально високою до початку відштовхування) зафіксовані у 10 спортсменів. Якість виконання фінальної частини розбігу стрибунів складає 52,6%. А якщо проаналізувати коефіцієнти реалізації максимальної бігової швидкості стрибунів-фіналістів змагань до оптимально-максимальної швидкості їх власного розбігу перед відштовхуванням, то у 64,8% стрибунів коефіцієнти відповідають значенням, що належать спортсменам високої кваліфікації, але для багатьох з них ще має місце резерв покращення. Більш вагомим показником щодо рівня підготовленості українських стрибунів-чоловіків у довжину можуть бути і показники оцінки їх техніко-фізичної майстерності: з оцінкою «відмінно» – відсутность стрибунів; з оцінкою «добре» – 8 стрибунів (42%); з оцінкою «задовільно» – 11 стрибунів (58%); з оцінкою «не задовільно» – відсутность стрибунів (див. табл. 1).

В роботі проведена математико-статистична обробка цифрового матеріалу таблиці 2 з метою – визначення залежності результату стрибка у кваліфікованих спортсменів від змінних показників: швидкості стрибуна перед відштовхуванням (**Vot**), початкової швидкості вильоту (**Vn**), кута вильоту (**Alfa**), горизонтального просування ЗЦМТ на опорі при відштовхуванні (**Gp**), висоти взльоту стрибуна (**Hp**), результату стрибка (**Rez**), а також визначині ті змінні, які мають найбільший вплив на результат.

**1. Чисельні розрахунки**

Чисельні розрахунки проведено серед програмування MathCad. Застосовано метод множинної лінійної регресії з *покроковим включенням факторів в модель регресії* [12,17]. Це дозволяє відібрати з набору змінних найбільш суттєві, які найбільш впливають на якість моделі.

На першому етапі методом найменших квадратів послідовно будувалися всі можливі лінійні регресійні залежності результату від двох факторів таблиці 2. Так як факторів 5, то число таких регресій дорівнювалось $C_5^2 = 10$: використовувався метод найменших квадратів для побудови залежностей

$Y(X_1, X_2)$; $Y(X_1,X_3)$: $Y(X_1, X_4)$; $Y(X_1, X_5)$; $Y(X_2, X_3)$; $Y(X_2, X_3)$; $Y(X_2, X_3)$; $Y(X_2, X_3)$; $Y(X_2, X_3)$; $Y(X_2, X_3)$;

Для кожної регресії оцінювалися:

- коефіцієнт детермінації $\hat{R}^2 = 1 - \dfrac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}$,

- дисперсія адекватністі $\sigma^2 = \dfrac{1}{n-2}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \tilde{y})^2$,

де $y_i$ – результат з таблиці 2, $\tilde{y}_i$ – результат згідно рівняння регресії

Відбиралася та двох факторна регресія для якої $\hat{R}^2$ найбільший.

У таблиці 3 наведено результати розрахунку $\hat{R}^2$ та $\sigma^2$ регресійної залежності результату від двох факторів виду

$$Rez = \Theta_0 + \Theta_1 \times \Phi_i + \Theta_2 \times \Phi_j,$$

де $\Theta_0$, $\Theta_1$, $\Theta_2$ – коефіцієнти моделі, $\Phi_i$, $\Phi_j$ – фактори (змінні )

На перетині рядків та стовпців з назвами факторів цієї таблиці 3 наведено розрахункові значення для відповідної пари факторів, жирним шрифтом виділено найбільше значення.

Таблиця 3 – Дослідження двохфакторних залежностейю Перше число– коефіцієнт детермінації $\hat{R}^2$, друге число – дисперсія адекватності $\sigma^2$

| Регресійні фактори | Vot | | Vn | | Alfa | | Gp | | Hp | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\hat{R}^2$ | σ2 | $\hat{R}^2$ | σ2 | $\hat{R}^2$ | σ2 | $\hat{R}^2$ | σ2 | $\hat{R}^2$ | σ2 |
| Vot | — | — | 0,941 | 0,115 | 0,941 | 0,115 | 0,946 | 0,110 | **0,947** | **0,109** |
| Vn | 0,941 | 0,115 | — | — | 0,886 | 0,160 | 0,886 | 0,160 | 0,908 | 0,144 |
| Alfa | 0,941 | 0,115 | 0,886 | 0,160 | — | — | 0,447 | 0,352 | 0,429 | 0,368 |
| Gp | 0,946 | 0,110 | 0,880 | 0,160 | 0,447 | 0,352 | — | — | 0,575 | 0,309 |
| Hp | **0,947** | **0,109** | 0,908 | 0,144 | 0,429 | 0,368 | 0,575 | 0,309 | — | — |

Найкраща регресійна залежність $Rez = \Theta_1 \times Vot + \Theta_2 \times Hp$ ($R^2$=0,947; $\sigma^2$=0,109) – помічена жирним шрифтом. фактори Vot та Hp забезпечують найбільший коефіцієнт детермінації та найменше значення дисперсії адекватності, тобто найкращий регресійний опис.

На другому етапі до двох найбільш інформативних факторів (Vot и Hp) додається *по черзі* третій фактор [16]. Можна побудувати, очевидно, три регрессии: (Vot + Hp+ Vn), (Vot + Hp+ Alfa), (Vot + Hp+ Gp).

Результати розрахунків навеведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Дослідження трьохфакторних залежностей. Перше число – коефіцієнт детермінації $\hat{R}^2$, друге число – дисперсія адекватності $\sigma^2$

| Регресійні фактори | Vot + Hp+ Vn | | Vot + Hp+ Alfa | | Vot + Hp+ Gp | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\hat{R}^2$ | $\sigma^2$ | $\hat{R}^2$ | $\sigma^2$ | $\hat{R}^2$ | $\sigma^2$ |
| | 0,944 | 0,109 | 0,944 | 0,109 | **0,947** | **0,109** |

На третьому етапі до трьох найбільш інформативних факторів (Vot+ Hp+Gp) додається *по черзі* четвертий фактор. Можна побудувати, очевидно, дві регресії: (Vot+Hp+Gp+Vn) і (Vot + Hp+ Gp+Alfa). Результати розрахунків приведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Дослідження чотирьохфакторних залежностей

| Регресійні фактори | Vot + Hp+ Gp+Vn | | Vot + Hp+ Gp+Alfa | |
|---|---|---|---|---|
| | $\hat{R}^2$ | $\sigma^2$ | $\hat{R}^2$ | $\sigma^2$ |
| | **0,944** | 0,113 | 0,943 | **0,112** |

Регресія для п'яти факторів: Vot+Hp+Gp+Alfa+Vn, $\hat{R}^2$ =0,940, $\sigma^2$=0,116. Додавання четвертого, а потім і п'ятого факторів-чинників знижують точність розрахунків.

**Висновок.** Найбільший вплив на результат стрибка оказують три фактори:

- швидкість перед відштовхуваням (Vot);
- горизонтальна проекція пересування ЗЦМТ на опорі при відштовхуванні (Gp);
- висота взльоту стрибуна (Hp);

Регресія по цих змінних дає найбільше значення коефіцієнта детерміації і найменшу залишкову дисперсію (дисперсію адекватності): $\hat{R}^2$ =0,947; $\sigma^2$=0,109.

***Статистичний аналіз трьохфакторної моделі*** (Vot + Gp +Hp)

Рівняння лінійної регрессії:

$$Rez= – 2.12 + 0,954•Vot + 0,474•Gp + 0,415•Hp \quad (1)$$

Коефіцієнт детермінації $\hat{R}^2$ =0,953.

Коефіцієнт детермінації *скоректований на число ступенів свободи*:

$$R^2_{kor} = 1-\left(1-R^2\right)\frac{n-1}{n-k} = 0,947 .$$

Залишкова дисперсія (дисперсія адекватності) $\sigma^2$ =0,109.

Коефіцієнти регресії та коефіцієнт детермінації значущі на рівні значущості α=0,05.

Кореляційна матриця змінних з таблиці 2:

| | Vot | Gp | Hp |
|---|---|---|---|
| Vot | 1 | 0,658 | 0,638 |
| Gp | 0,658 | 1 | 0,559 |
| Hp | 0,638 | 0,559 | 1 |

Рис.3 – Кореляційна матриця змінних, що входять до моделі

Видно, що змінні від яких залежить дальність стрибка, показують помірні парні коефіцієнти кореляції. можна припустити,

Порівняння розрахунків за регресійною моделлю (1) з найкращим та найгіршим результатами змагань (табл.2) наведено в таблиці 6.

Таблиця 6 – Порівняння результатів змагань з розрахунками по регресійній моделі

| | *Vot* | *Gp* | *Hp* | Результат на змаганнях $Rez_{зм}$ | За моделлю $Rez_м$= – 2.12 + 0,954•Vot + 0,474•Gp + 0,415•Hp | похибка $\delta = \frac{Rez_{зм} - Rez_м}{Rez_{зм}} \cdot 100\%$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| найкращий | 10,04 | 0,939 | 0,470 | 8,23 | 8,1313 | 0,012 |
| найгірший | 8,63 | 0,773 | 0,204 | 6,54 | 6,793 | 0,235 |

**Дискусія.** У проведених дослідженнях аналіз техніко-фізичної майстерності у кваліфікованих стрибунів в довжину, фіналістів двох чемпіонатів України 2018 і 2019 рр. виявив, що середнє статистичний показник КТФМ на групу з 19 спортсменів складає 0,785±0,029. Він відповідає верхній межі задовільної оцінки (див. табл. 1). Про ефективність техніко-фізичної майстерності стрибунів в довжину тренери і фахівці судять по-різному. Одні покладають надію на посилення критерію оптимально-максимальної швидкості (КОМШ) розбігу стрибуна перед відштовхуванням, інші на посилення у спортсмена силового компонента, треті на посилення і того, та іншого разом узятих. Довгі роки основна стратегія в підготовці стрибунів в довжину будувалася виходячи з аксіоми «кращий спринтер – кращий стрибун». Таке твердження безспірно є справедливим, оскільки висока швидкість розбігу створює умови досягнення у стрибуна і оптимально високої швидкості вильоту. Проте стрибуни будь-якої кваліфікації, що мають приблизно однаковий рівень підготовленості, досягають успіху в змаганнях не лише за рахунок швидкості розбігу, але і високого рівня спеціальної технічної підготовки. Це дає можливість стрибунам міцно відштовхуватись і при цьому більше зберігати горизонтальної швидкості для почакової швидкості вильоту [8, 9, 14, 15].

З метою дослідження і обґрунтування найважливіших критеріїв оцінки індивідуальної техніко-фізичної підготовленості кваліфікованих стрибунів в довжину України в цій роботі математично була доведена кількісна міра, раніше нами запропонованого для розгляду, критерію раціональної

організації рухів (КРОР) стрибуна в процесі відштовхування.

У цих дослідженнях при рішенні головної статистичної задачі міри впливу окремих кінематичних показників індивідуальної техніки рухів у кваліфікованих стрибунів у довжину на спортивний результат, була побудована математична модель. Для оцінки статистичної достовірності моделі використаний коефіцієнт детерміації. Встановлено, що найбільший вплив на результат роблять три чинника: швидкість стрибуна перед відштовхуванням, горизонтальна проекція пересування ЗЦМТ на опорі у фазі відштовхування та висота взльоту стрибуна у фазі польоту. Формула регресії, по якої можно моделювати результати змагальної діяльності у кваліфікованих спортсменів стосовно їх індивідуальної підготовленості: Rez= –2.12 + 0,954•Vot + 0,474•Gp + 0,415•Hp, з похибками, що дорівнюють $\delta$ =0,012% – для трьох кращих результатів; $\delta$ =0,235% – для трьох гірших результатів (табл. 3-5).

**Висновки.**

1. На підставі узагальнення результатів змагальної діяльності, власних карт самоконтролю спортсменів, а також п'ятьох головних кінематичних показників у фіналістів стрибунів в довжину двох (зимового і літнього) чемпіонатів України 2018 і 2019 рр. виникли питання, рішення яких дозволило організувати подальші дослідження в напрямах: вектору вдосконалення індивідуальної техніко-фізичної підготовленості кваліфікованих стрибунів в довжину чоловіків; теоретико-практических обґрунтувань найважливіших критеріїв раціональної і ефективної підготовленості провідних стрибунів України, а також пошуку біомеханічного моделювання, як засобу ефективнішого і раціональнішого управління індивідуальною підготовкою висококваліфікованих легкоатлетів-стрибунів в довжину.

2. Аналіз показників змагальної діяльності у стрибунів в довжину з розбігу високої кваліфікації, фіналістів двох українських чемпіонатів відмітив наступні слабкі місця: 1) із загальної кількості 19 спортсменів досягли виконання якісного результату на рівні майстрів спорту міжнародного класу (МСМК) і майстрів спорту України (МСУ) тільки 31,6% стрибунів; 2) оптимально-максимальна швидкість на останніх 10 м розбігу зростає чі залишається досяжною тільки у 52,6% стрибунів; 3) коефіцієнти реалізації максимальної швидкості у розбігу, які характеризують рівень високої кваліфікації спортсменів, були розраховані тільки для 64,8% стрибунів; 4) коефіцієнти техніко-фізичної майстерності (КТФМ) розраховані були для фіналістів двох чемпіонатів України тільки на оцінки «добре» і «задовільно» відповідно, як 42% і 58%; на оцінку «відмінно» і «незадовільно» результати були відсутні.

3. Проведена статистична оцінка параметрів діагностики 5-ти найважливіших кінематичних, а також протокольних результатів змагальної діяльності кваліфікованих українських стрибунів в довжину з оцінкою їх точності. Математико-статистичний аналіз міри впливу кінематичних показників у спортсменів-стрибунів в довжину показав достатньо високий коефіцієнт кореляції між швидкістю стрибуна перед відштовхуванням і максимальною висотою взльоту ЦМ стрибуна в фазі польоту (0,658). Коефіцієнт детермінації $\hat{R}^2 = 0{,}947$ засвідчує про задовільну якість моделі, яка складається з трьох факторів: швидкості стрибуна перед відштовхуванням, проекції горизонтального переміщення ЗЦМТ спортсмена при відштовхуванні в опорному періоді та висоти взльоту стрибуна в польотній фазі: Rez= –2.12+0,954•Vot+ 0,474•Gp+0,415•Hp. (оцінка статистичної значущості коефіцієнтів на рівні α=0,05).

4. Запропонована математична модель, яка має найбільший вплив на спортивний результат спортсменів, та за допомогою якої можна визначати раціональність і ефективність процесу відштовхування у висококваліфікованих дегкоатлетів-стрибунів. В теорії легкоатлетичного спорту повторно виконана спроба математичного обґрунтування критерію раціональної організації рухів (КРОР) стрибуна в довжину в процесі відштовхування. Актуальність цього критерію дуже вагома при оцінки техніко-фізичної майстерності стрибунів високої кваліфікації. Оцінка ефективності КРОР стрибуна достовірно підтверджується довжиною шляху проекції горизонтального переміщення ЗЦМТ спортсмена на опорі в процесі відштовхування.

**Список літератури**


1. Horlov A.S., Garder S.E., Horlov O.A., Bleschunova E.N. Influence of kinematics parameters of individual technique of motions for youths-jumpers in length on a sporting result: *Health, sport, rehabilitation.* 2019 (5)3. №3. С. 25. Фахове видання «Б». Індексація в базах : Index Coperni cus, (ICV2018= 100), PBN, Google Акаде- мія, NBUV.
2. *World Athletics. All-time top lists: long jump, men.* URL: https://www.iaaf.org/records/all-time-toplists/jumps/long-jump/outdoor/men
3. Golubtsov A. *The preparation of high class sportsmen in horizontal jumps*. Kyiv: Printed "PRINTXPRESS", 2000. 116 p.
4. Горлов А.С., Гращенкова Ж.В. Вплив індивідуальної техніки відштовхування на ефективність спортивного результату юнаків-стрибунів у довжину: *Abstracts of the 5th International scientific and practical conference The world of science and innovation (December 9-11. 2020). Cognum pablishing house* / London: United Kingdom. 2020. Pp. 363-372.
5. Горлов А.С. *Теоретико-методичні основи вдосконалення діагностики і управління індивідуальної підготовленості юних легкоатлетів-спринтерів і стрибунів у довжину: монографія.* Харків: ФОП Бровін О. В., 2020. С. 71; 97-106; 258.
6. Ward-Smith A. J. *Calculation a long jump performance by numerical integration of the equations of motion*. J. Biomech. Eng. 1106: 1984. Pp. 244-248.
7. Горлов А., Гардер С., Бубнов В. Ефективність моделювання раціональної техніки відштовхування у кваліфікованих легкоатлетів-стрибунів у довжину. *Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти: Матер. V Міжн. наук. - практ. конф., 16-17 квітня 2025 р.* / ред. кол. А. В. Кіпенський, [та інші]. Харків: 2025. С. 203-207: укр. та англ. мовами.
8. Горлов А.С., Гращенкова Ж.В. Модель раціональної організації рухів стрибуна в довжину в процесі відштовхування: / *Зб. тез наук. доп. XX Міжн. науково-практ. конф. «Фізична культура, спорт і здоров'я: Стан, проблеми та перспективи», 17-18 грудня 2020 р.* Харків: ХДАФК, 2020. С. 49-50.
9. Колот А.В., Коробенко В.А. Динаміка показників структури технічної підготовленості стрибунів в довжину із зростанням спортивної кваліфікації // *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання та спорту: наукова монографія* за ред. проф. С.С. Єрмакова. Харків: ХДАДМ, 2002. С. 70-74.

10. *Результати біомеханічного аналізу змагальної діяльності у стрибкових дисциплінах на основних національних змаганнях з легкої атлетики 2018-2019 років: Ел. публікація ФЛАУ* (КНГ). Харків: Громадська спілка «Легка атлетика України» (департамент збірних команд), 2020. С. 13-18; 61-60.
11. Лагунін О. Є., Білоусова С. В. *Статистика: підручник*.- К.: Центр навчальної літератури, 2005. - 608 с.
12. Ланко Я., Гамалій В. Теоретичні і практичні аспекти реалізації біомеханічних принципів в організації переміщаючих рухів в спорті. *Наука в олімпійському спорті.* К.: 2017. №2. С. 56-58.
13. Lanka J. *Shot putting. In: Zatsiorsky VM, editor. Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention*. Oxford: Blackwell Science, LTD; 2000; p. 435-457.
14. Lanka J, Konrads A, Shalmanov A. *Evaluation methodology for assessing the eff ectiveness of sports techniques. In: Proceedings of XXIII International Symposium on Biomechanics inSports*. Beijin, China; 2006. p. 202-206.
15. Polocin A. Speed of running approach or technician of jump. *Track – and – field*. 2000. № 4. Pp. 27-28; 32.
16. Yang Jin Tian, Sutula W.A. Long jump Technology Tends to Be of Patterns. *Unity. Friendship and Progress of Humanity through University Short*. Beijing. 2001. Pp. 227.
17. Бабак В.П. і др *Статистична обробка даних*. МІВВЦ, Київ, 2001. – 388 с


**References (transliterated)**


1. Horlov A. S., Garder S. E., Horlov O. A., Bleschunova E. N. Influence of kinematics parameters of individual technique of motions for youths-jumpers in length on a sporting result. *Health, sport, rehabilitation*. 2019, vol. 5, no. 3, p. 25.
2. *World Athletics. All-time top lists: long jump, men.* Available at: https://www.iaaf.org/records/all-time-toplists/jumps/long-jump/outdoor/men (accessed 11.10.2025).
3. Golubtsov A. *The preparation of high class sportsmen in horizontal jumps*. Kyiv, PRINTXPRESS Publ., 2000. 116 p.
4. Horlov A. S., Hrashchenkova Zh. V. Vplyv indvidualʹnoyi tekhniky vidshtovkhuvannya na efektyvnistʹ sportyvnoho rezultatu yunakiv-strybuniv u dovzhynu [Influence of individual take-off technique on sports performance efficiency of male long jumpers]. *Abstracts of the 5th Int. Sci. and Pract. Conf. The World of Science and Innovation (Dec 9–11, 2020).* London, Cognum Publishing House, 2020, pp. 363–372.
5. Horlov A. S. *Teoretyko-metodychni osnovy vdoskonalennya diahnostyky i upravlinnya indvidual'noyi pidhotovlenosti yunykh lehoatletiv-sprinteriv i strybuniv u dovzhynu: monohrafiya* [Theoretical and methodological foundations for improving diagnostics and management of individual readiness of young track and field sprinters and long jumpers]. Kharkiv, FOP Brovin O. V. Publ., 2020. pp. 71; 97–106; 258.
6. Ward-Smith A. J. *Calculation a long jump performance by numerical integration of the equations of motion*. J. Biomech. Eng. 1984, vol. 1106, pp. 244–248.
7. Horlov A., Garder S., Bubnov V. Efektyvnistʹ modeliuvannya ratsionalʹnoyi tekhniky vidshtovkhuvannya u kvalifikovanykh lehkoatletiv-strybuniv u dovzhynu [Effectiveness of modeling rational take-off technique in qualified long jump athletes]. In: *Zdorov'ya natsiyi i vdoskonalennya fizkul'turno-sportyvnoi osvity: Proc. of the 5th Int. Sci.-Pract. Conf. (Apr. 16–17, 2025*). [National Health and Improvement of Physical Education: Mater. V International Scientific - Practical Conference, April 16-17, 2025.] Kharkiv, 2025, pp. 203–207.
8. Horlov A. S., Hrashchenkova Zh. V. Model ratsionalʹnoyi orhanizatsiyi rukhiv strybuna v dovzhynu v protsesi vidshtovkhuvannya [Model of rational movement organization of a long jumper during take-off]. In: *Physychna kultura, sport i zdorov'ya: Stan, problemy ta perspektyvy: Proc. of the 20th Int. Sci.-Pract. Conf. (Dec. 17–18, 2020)*. [Collection of theses of the 20th International Scientific and Practical Conference "Physical Culture, Sports and Health: State, Problems and Prospects", December 17-18, 2020]. Kharkiv, KhDAFK Publ., 2020, pp. 49–50.
9. Kolot A. V., Korobenko V. A. Dynamika pokaznykiv struktury tekhnichnoyi pidhotovlenosti strybuniv v dovzhynu iz zrostannyam sportyvnoi kvalifikatsii [Dynamics of technical training structure indicators in long jumpers with increasing qualification level]. In: *Pedagogika, psykholohiya ta med.-biol. problemy fiz. vykhovannya ta sportu: nauk. monohrafiya* [Pedagogy, psychology and medical and biological problems of physical education and sports: scientific monograph]/ ed. by S. S. Yermakov. Kharkiv, KhDADM Publ., 2002, pp. 70–74.
10. *Rezultaty biomekhanichnoho analizu zmahal'noyi diyal'nosti u strybkovykh dystsyplinakh na osnovnykh natsional'nykh zmahannyakh z lehoyi atletyky 2018–2019 rokiv* [Results of biomechanical analysis of competitive activity in jumping disciplines at major national athletics competitions 2018–2019]. Kharkiv, Athletics Federation of Ukraine (NTU), 2020, pp. 13–18, 61–60.
11. Lahunin O. Ye., Bilousova S. V. *Statystyka: pidruchnyk* [Statistics: textbook]. Kyiv, Tsentr navchalʹnoyi literatury Publ., 2005. 608 p.
12. Lanko Ya., Hamaliy V. Teoretychni i praktychni aspekty realizatsiyi biomekhanichnykh pryntsypiv v orhanizatsiyi peremishchayuchykh rukhiv v sporti [Theoretical and practical aspects of applying biomechanical principles in organizing locomotor movements in sports]. *Nauka v olimpiys'komu sporti* [Science in Olympic sports]. Kyiv, 2017, no. 2, pp. 56–58.
13. Lanka J. *Shot putting. In: Zatsiorsky V. M., ed. Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention*. Oxford, Blackwell Science Ltd., 2000, pp. 435–457.
14. Lanka J., Konrads A., *Shalmanov A. Evaluation methodology for assessing the effectiveness of sports techniques. In: Proc. of the XXIII Int. Symp. on Biomechanics in Sports*. Beijing, China, 2006, pp. 202–206.
15. Polocin A. Speed of running approach or technician of jump. *Track and Field*. 2000, no. 4, pp. 27–28, 32.
16. Yang Jin Tian, Sutula W. A. Long jump technology tends to be of patterns. In: *Unity, Friendship and Progress of Humanity through University Short*. Beijing, 2001, p. 227.
17. Babak V. P. et al. *Statystychna obrobka danykh* [Statistical data processing]. Kyiv, MIVTS Publ., 2001. 388 p.


*Надійшла (received) 23.02.2025*.

*Відомості про авторів / About the Authors*


***Горлов Анатолій Серафимович (Horlov Anatoliy)*** – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент Національного університету мистецтв імені І. П. Котляревського, м. Харків, Україна; e-mail: gorlovas@ukr.net; ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2161-4602.

***Гардер Сергій Євгенійович (Harder Serhii)*** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної математики і аналізу даних, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: sergey.garder@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9055-3255.

***Бондаренко Віктор Петрович (Bondarenko Victor)*** – старший викладач Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, Україна; e-mail: viktor.bondarenko@pdau.edu.ua; ORCID: https://orcid.org/0009-0001-4643-941X.

***Бубнов Володимир Олександрович (Bubnov Volodymyr)*** – старший викладач Львівського державного університету фізичної культури імені І. Баберського, м. Львів, Україна; e-mail: vab33@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8778-1158.

***Колбасін Владислав Олександрович (Kolbasin Vladyslav)*** – старший викладач кафедри комп'ютерної математики та аналізу даних, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: Vladyslav.Kolbasin@khpi.edu.ua; ORCID: https://orcid.org/0009-0007-0835-2712.

***Сердюк Ірина Василівна (Serdiuk Iryna)*** – доцент НТУ «ХПІ», доцентка кафедри комп'ютерної математики та аналізу даних, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків; e-mail: Iryna.Serdiuk@khpi.edu.ua; ORCID: https://orcid.org/0009-0001-1143-9145.