



Фізична освіта і спорт

УДК 796.012.2:796.61

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.15776987>

Особливості кінематичної структури рухів кваліфікованих стрибунів у довжину на останніх кроках розбігу

Юй Байхуей

аспірантка, Національний університет фізичного виховання і спорту України,
вул. Фізкультури, 1, м. Київ Україна, 03150,
email: yubaihuikk@gmail.com,
ORCID:<https://orcid.org/0009-0006-5931-5594>

Козлова Олена

доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор, Національний
університет фізичного виховання і спорту України, вул. Фізкультури, 1, м. Київ,
Україна, 03150, email: naukasport777@gmail.com,
ORCID:<https://orcid.org/0009-0005-7015-2215>

Ван Вей

доктор наук у галузі фізичного виховання та спорту, викладач,
Факультет фізичного виховання, Університет Сіхуа,
999 Jin Zhou Rd.61003 Ченду, Китай,
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-3699-9886>

Прийнято: 23.05.2025| Опубліковано: 03.06.2025



Анотація. **Актуальність.** Визначення особливостей кінематичної структури рухів кваліфікованих стрибунів у довжину є актуальним і потребує подальшого вивчення. **Мета дослідження** – визначити особливості кінематичної структури рухів кваліфікованих стрибунів у довжину на останніх кроках розбігу. **Методи дослідження:** теоретичний аналіз і узагальнення джерел науково-методичної літератури, даних мережі Інтернет; біомеханічний аналіз за допомогою оптико-електронної вимірювальної системи OptoGate; статистичний аналіз. **Результати дослідження.** Визначені основні інформативні показники, які впливають на результат стрибка у довжину. Здійснено детальний аналіз параметрів трьох останніх кроків розбігу безпосередньо в умовах змагальної діяльності за допомогою сучасної оптико-електронної вимірювальної системи OptoGate. Похибка за виміром часу складала 0,001 с, за виміром переміщення 1 см. **Висновки.** Основними інформативними показниками, які суттєво впливають на результат у стрибках у довжину є: середня швидкість стопи, довжина кроків на останніх трьох кроках розбігу. Аналіз кінематичних характеристик завершальних кроків перед відштовхуванням у стрибку у довжину засвідчив вирішальне значення останнього кроку у формуванні максимальної горизонтальної швидкості. Найвищий приріст швидкості ($1,403 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) та максимальна середня швидкість руху стопи ($11,15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$), зафіксовані саме на останньому кроці, підкреслюють його ключову роль у забезпеченні ефективного горизонтального імпульсу перед початком фази відштовхування. Водночас, передостанній крок, який мав найбільшу довжину (в середньому 242,8 см), виконує підготовчу функцію, сприяючи оптимальному переходу до заключної фази. Зменшення довжини останнього кроку є типовою ознакою раціональної техніки. Технічне вдосконалення останнього та передостаннього кроків може суттєво підвищити результативність виконання стрибка у довжину. Перспективи подальших досліджень доцільно пов'язувати з поглибленим аналізом



біомеханічних характеристик стрибунів у довжину різного рівня підготовленості з метою розробки індивідуальних моделей техніки рухових дій.

Ключові слова: стрибок у довжину, розбіг, кінематична структура рухів, кваліфіковані спортсмени.

Peculiarities of the Kinematic Structure of Movements in Qualified Long Jumpers at the Final Steps of the Approach Run

Yu Baihui

PhD Student, National University of Physical Education and Sport of Ukraine,
1 Fizkultury Str., Kyiv, Ukraine, 03150,
Email: yubaihuikk@gmail.com,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5931-5594>

Olena Kozlova

Doctor of Sciences in Physical Education and Sport, Professor,
National University of Physical Education and Sport of Ukraine,
1 Fizkultury Str., Kyiv, Ukraine, 03150,
Email: naukasport777@gmail.com,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7015-2215>

Wang Wei

Doctor of Sciences in Physical Education and Sport, Lecturer,
Faculty of Physical Education, Xihua University,
999 Jin Zhou Rd., Chengdu, China, 61003,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3699-9886>

Abstract. Relevance. Determining the peculiarities of the kinematic structure of movements in qualified long jumpers is highly relevant and requires further in-depth study. **Purpose of the study** – to identify the specific features of the kinematic structure of movements in qualified long jumpers during the final steps of the approach run. **Research methods:** theoretical analysis and synthesis of scientific and methodological literature and online sources; biomechanical analysis using the OptoGate optical-electronic measurement system; statistical analysis. **Research results.** The key informative indicators influencing long jump performance have been identified. A detailed analysis of the parameters of the last three steps of the approach run was conducted directly under competitive conditions using the modern OptoGate optical-electronic measurement system. The time measurement error was 0.001 s, and the displacement measurement error was 1 cm. **Conclusions.** The main informative indicators that significantly affect performance in the long jump are: average foot velocity and step length during the final three steps of the approach run. The analysis of the kinematic characteristics of the final steps before take-off demonstrated the decisive importance of the last step in generating maximum horizontal velocity. The highest speed increase ($1.403 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) and the maximum average foot velocity ($11.15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) were recorded during the final step, highlighting its crucial role in producing an effective horizontal impulse before the initiation of the take-off phase. Meanwhile, the penultimate step, which had the greatest length (an average of 242.8 cm), serves a preparatory function, facilitating a smooth transition to the final phase. The shortening of the last step is a typical sign of efficient technique. Technical improvement of the last and penultimate steps can significantly enhance the effectiveness of long jump performance. Prospects for further research should be linked to an in-depth analysis of the biomechanical characteristics of long jumpers with different levels of preparedness in order to develop individualized models of movement technique.

Keywords: long jump, approach run, kinematic structure of movements, qualified athletes.



Вступ. Постановка проблеми. У сучасному спорті високих досягнень стрибки у довжину залишаються одним з найбільш технічно складних легкоатлетичних видів змагань. Високий рівень конкуренції на міжнародній арені, постійне вдосконалення спортивних технологій та індивідуальні особливості спортсменів потребують глибокого аналізу технічної майстерності стрибунів у довжину. Особливої актуальності набуває проведення подальших досліджень, спрямованих на виявлення інформативних показників техніки, уточнення кінематичної структури рухів, а також ефективну інтеграцію новітніх технологій, таких як оптико-електронні вимірювальні системи, у процес технічної підготовки кваліфікованих стрибунів у довжину.

Огляд літератури. Багато наукових досліджень, проведених фахівцями з різних країн присвячено аналізу техніки стрибка у довжину, що свідчить про її значущість для досягнення високих спортивних результатів [5, 7, 8, 10, 11]. Зокрема, G. Poulos і R. Garcia визначали основні біомеханічні фактори, які впливають на результативність стрибка у довжину [12]. P. A. Tesch і J. Karlsson досліджували нейром'язові адаптації у елітних стрибунів із застосуванням біомеханічних технологій [14]. R. S. Lloyd та J. L. Oliver аналізували особливості біомеханіки та методики тренування для стрибунів у довжину [9]. M. Čoh, M. Žvan, O. Kugovnik створювали кінематичні та біодинамічні моделі техніки стрибка [4], а A. Arampatzis, F. Schade і M. Walsh детально вивчали вплив кінематики та кінетики на результативність виконання стрибка [3]. Y. Shiffer вивчав загальні характеристики техніки стрибка у довжину, приділяв увагу розбігу, виконанню останніх кроків у цій складовій частині, відштовхуванню, польоту, підготовці до приземлення та приземленню [13]. У попередніх роботах також було запропоновано інформативні показники техніки стрибків у довжину [2]. Для їх отримання використовувались відеозйомка двома камерами GoPro Hero4 з частотою $120 \text{ кадр} \cdot \text{с}^{-1}$ відповідно до метрологічних вимог, а обробка відеоматеріалів здійснювалась за допомогою програмного забезпечення



«DARTFISH» (Швейцарія), Motion Analysis Tools та «БіоВідео» [2]. Разом з тим, проблема високої точності аналізу техніки стрибка у довжину залишається актуальною і в контексті використання оптико-електронної вимірювальної системи OptoGate, яка дозволяє фіксувати різні параметри руху з високою просторовою та часовою роздільною здатністю. Використання цієї технології відкриває нові можливості для глибшого дослідження особливостей техніки стрибка у довжину та оперативного коригування тренувального процесу з урахуванням об'єктивних біомеханічних даних.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значну кількість досліджень і досягнення у сфері аналізу техніки стрибка у довжину, залишається низка невирішених питань. Передусім, це стосується визначення особливостей кінематичної структури рухів кваліфікованих стрибунів у довжину на останніх кроках розбігу — важливій частині, що значною мірою впливає на ефективність відштовхування та загальний результат з використанням оптико-електронної вимірювальної системи OptoGate для фіксації просторово-часових параметрів рухів та визначення інформативних показників техніки. Застосування цієї технології дозволяє не лише об'єктивно оцінити просторово-часові параметри рухів, а й виявити ключові закономірності у структурі технічних дій спортсмена. Знаючи ці загальні закономірності, у подальшому можна створювати індивідуальні моделі техніки стрибків у довжину, що враховують особливості кожного спортсмена та сприяють підвищенню ефективності тренувального процесу. Крім того, потребує уточнення впливу змін у кінематичних параметрах на загальну результативність виступу, що потребує додаткових досліджень з використанням сучасних вимірювальних систем. Саме ці напрями є пріоритетними для подальшого наукового пошуку та практичного вдосконалення технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у стрибку у довжину.



Мета дослідження – визначити особливості кінематичної структури рухів кваліфікованих стрибунів у довжину на останніх кроках розбігу.

Методи дослідження: теоретичний аналіз і узагальнення джерел науково-методичної літератури, даних мережі Інтернет; біомеханічний аналіз за допомогою оптико-електронної вимірювальної системи OptoGate; статистичний аналіз.

Результати дослідження. Стрибок у довжину умовно для зручності аналізу техніки поділяють на наступні складові частини: розбіг, відштовхування, політ, приземлення [1, 15]. В даних дослідженнях акцентували увагу на виконання розбігу як основної важливої частини стрибка у довжину в якій вирішуються два основні завдання: набуття швидкості, необхідної для виконання стрибка, і створення умов для ефективного відштовхування [1]. Jacoby & Fraley відзначають, що головне завдання розбігу досягти максимальну, але контрольовану швидкість перед відштовхуванням [6]. Складність виконання стрибка в довжину тісно пов'язана з точністю попадання стрибуну на брусок, що висуває високі вимоги до розбігу, кількості і довжини бігових кроків, перебудовою рухів перед відштовхуванням для виконання ефективного відштовхування.

У процесі досліджень визначали взаємозв'язок показників кінематичної структури рухів у розбігу кваліфікованих стрибунів у довжину зі спортивним результатом, зареєстрованих за допомогою оптико-електронної вимірювальної системи OptoGate. За допомогою цієї системи вимірювали тривалість опорної та безопорної фаз кроку спортсмена (с) та довжину кроку спортсмена (см). Похибка за виміром часу складала 0,001 с, за виміром переміщення 1 см. Усього було проаналізовано 154 вдалі спроби на всеукраїнських змаганнях. У результаті проведення кореляційного аналізу було визначено інформативні показники техніки кваліфікованих спортсменів, що впливають на довжину стрибка (табл. 1).

Аналіз кореляційних зв'язків ($n=154$) між довжиною стрибка у довжину та кінематичними характеристиками трьох останніх кроків розбігу показав наявність як сильних, так і слабких залежностей. Граничне значення коефіцієнта кореляції, яке свідчить про статистично значущий зв'язок, становить $r = 0,16$ при рівні значущості $p < 0,05$.

За результатами кореляційного аналізу встановлено, що найтісніший статистично значущий зв'язок із довжиною стрибка мають такі біомеханічні показники: середня швидкість стопи за крок: 2-й передостанній крок ($r = 0,50$), передостанній крок ($r = 0,47$), останній крок ($r = 0,48$).

Таблиця 1

Кореляційна залежність між довжиною стрибка та показниками кінематичної структури рухів ($n=154$)

Показник		Спортивний результат, м	Статистична значущість
Тривалість відштовхування, с		-0,13	$p > 0,05$
2-й передостанній крок	Тривалість відштовхування (махова нога), с	-0,16	$p > 0,05$
	Тривалість польоту (поштовхова нога), с	0,19	$p < 0,05$
	Довжина кроку, см	0,40	$p < 0,05$
	Середня швидкість стопи за крок, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	0,50	$p < 0,05$
Передостанній крок	Тривалість відштовхування (поштовхова нога), с	-0,32	$p < 0,05$
	Тривалість польоту (махова нога), с	0,06	$p > 0,05$
	Довжина кроку, см	0,19	$p < 0,05$

	Середня швидкість стопи за крок, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	0,47	$p < 0,05$
	Приріст швидкості на кроці, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	0,04	$p > 0,05$
Останній крок	Тривалість відштовхування (махова нога), с	-0,14	$p > 0,05$
	Тривалість польоту (поштовхова нога), с	-0,01	$p > 0,05$
	Довжина кроку, см	0,27	$p < 0,05$
	Середня швидкість стопи за крок, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	0,48	$p < 0,05$
	Приріст швидкості на кроці, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	0,13	$p > 0,05$

Це свідчить про важливу роль динаміки руху стопи в на останніх кроках розбігу для досягнення високого результату.

Довжина кроку: 2-й передостанній крок ($r = 0,40$), останній крок ($r = 0,27$), передостанній крок ($r = 0,19$). Більша довжина кроків у поєднанні з високою швидкістю виконання забезпечує ефективне розташування тіла перед фазою відштовхування.

Тривалість польоту поштовхової ноги під час 2-го передостаннього кроку також показала статистично значущий, хоч і помірний зв'язок ($r = 0,19$), що може свідчити про важливість оптимального розподілу часу між фазами опори та польоту.

Для отримання точних значень кінематичних характеристик техніки стрибків у довжину кваліфікованих спортсменів було використано сучасну оптико-електронну вимірювальну систему OptoGate. Застосування цієї системи дозволило здійснити детальний аналіз параметрів трьох останніх кроків розбігу безпосередньо в умовах змагальної діяльності. Дослідження проводилися під час Чемпіонату України серед дорослих та молоді у приміщенні 2025 року. У фінальній частині змагань взяли участь 12 кваліфікованих спортсменів, які

виконали 59 спроб у стрибку у довжину, з яких 43 були проаналізовані як вдалі. Середній спортивний результат цієї вибірки склав 7,05 м. Аналіз включав оцінку трьох останніх кроків розбігу у стрибку у довжину за інформативними показниками: тривалість фаз відштовхування та польоту, довжина кожного кроку, середня швидкість руху стопи за кожен крок, а також приріст швидкості на кроці. Значення біомеханічних показників техніки стрибків у довжину кваліфікованих спортсменів наведено у таблиці 2.

Середня тривалість загального відштовхування становила $\bar{x} = 0,135$, $S = 0,015$ с). У 2-му передостанньому кроці середня довжина склала 225,6 см, із середньою швидкістю руху стопи $9,63 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Таблиця 2

**Значення біомеханічних показників техніки стрибків у довжину
кваліфікованих спортсменів**

Вимірюванні показники		Вдала спроба, (n=43)	
		$\bar{x}$	S
Тривалість відштовхування, с		0,135	0,015
2-й передостанній крок	Тривалість відштовхування (махова нога), с	0,109	0,011
	Тривалість польоту (поштовхова нога), с	0,127	0,011
	Довжина кроку, см	225,6	11,13
	Середня швидкість стопи за крок, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	9,63	0,41
Передостанній крок	Тривалість відштовхування (поштовхова нога), с	0,109	0,012
	Тривалість польоту (махова нога), с	0,141	0,020

	Довжина кроку, см	242,8	18,01
	Середня швидкість стопи за крок, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	9,748	0,497
	Приріст швидкості на кроці, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	0,117	0,377
Останній крок	Тривалість відштовхування (махова нога), с	0,118	0,014
	Тривалість польоту (поштовхова нога), с	0,083	0,021
	Довжина кроку, см	221,1	15,29
	Середня швидкість стопи за крок, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	11,15	0,715
	Приріст швидкості на кроці, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	1,403	0,811

Під час передостаннього кроку спостерігалась найбільша довжина бігового кроку (242,8 см) та дещо вища швидкість стопи ($9,75 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$). Найвищий приріст швидкості був зафіксований в останньому кроці – $1,403 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, що супроводжувалось найвищою середньою швидкістю руху стопи $11,15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Ці дані свідчать про те, що саме останній крок перед відштовхуванням відіграє вирішальну роль у досягненні максимальної горизонтальної швидкості, необхідної для ефективного виконання стрибка. Значний приріст швидкості стопи на останньому кроці, у поєднанні з його технічною реалізацією, можна розглядати як один із провідних чинників, що забезпечує успішне виконання стрибка у довжину. Як показано в таблиці 2, найвищі значення середньої швидкості стопи були зафіксовані на останньому кроці, що свідчить про його ключову роль у досягненні максимального горизонтального імпульсу перед початком фази відштовхування у стрибку у довжину. Передостанній крок є найдовшим $\bar{x} = 225,6$, $S = 11,13$ см, що свідчить про його роль у підготовці до переходу в фазу відштовхування, після чого спостерігається помітне скорочення останнього кроку — класична ознака

раціональної техніки (див. табл. 2). Значний приріст швидкості в останньому кроці підтверджує його провідну роль у досягненні необхідної динаміки для ефективного відштовхування.

Висновки:

1. Основними інформативними показниками, які суттєво впливають на результат у стрибках у довжину є: середня швидкість стопи, довжина кроків на останніх трьох кроках розбігу. Ці параметри варто використовувати як критерії технічної оцінки для цілеспрямованої корекції техніки кваліфікованих стрибунів у довжину.

2. Аналіз кінематичних характеристик завершальних кроків перед відштовхуванням у стрибку у довжину засвідчив вирішальне значення останнього кроку у формуванні максимальної горизонтальної швидкості. Найвищий приріст швидкості ($1,403 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) та максимальна середня швидкість руху стопи ($11,15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$), зафіксовані саме на останньому кроці, підкреслюють його ключову роль у забезпеченні ефективного горизонтального імпульсу перед початком фази відштовхування. Водночас, передостанній крок, який мав найбільшу довжину (в середньому $242,8 \text{ см}$), виконує підготовчу функцію, сприяючи оптимальному переходу до заключної фази. Зменшення довжини останнього кроку є типовою ознакою раціональної техніки. Технічне вдосконалення останнього та передостаннього кроків може суттєво підвищити результативність виконання стрибка у довжину.

Перспективи подальших досліджень доцільно пов'язувати з поглибленим аналізом біомеханічних характеристик стрибунів у довжину різного рівня підготовленості з метою розробки індивідуальних моделей техніки рухових дій. Формування індивідуальних моделей техніки на основі провідних показників дасть змогу оптимізувати навчально-тренувальний процес, підвищити спортивні результати та забезпечити персоналізований підхід до підготовки кваліфікованих легкоатлетів.



Список використаних джерел

1. Бобровник В. І., Козлова О. К. Стрибок у довжину. *Легка атлетика: теорія та методика тренерської діяльності* : підручник : у 2 кн. / за ред. В. І. Бобровника, С. П. Совенка, А. В. Колота. Київ : Олімпійська література, 2023. С. 9–53.
2. Козлова О. К., Ван Вей. Удосконалення технічної майстерності кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються у стрибку у довжину. *Теорія і методика фіз. виховання і спорту*. 2020. №1. С. 9–14.
3. Arampatzis A., Schade F. & Walsh M. Biomechanics of Long Jump Performance: The Role of Kinematics and Kinetics. *Journal of Sports Sciences*. 2020.
4. Čoh M., Žvan M., Kugovnik O. Kinematic and Biodynamic Model of the Long Jump Technique 2017. [URL:https://www.intechopen.com/chapters/71418](https://www.intechopen.com/chapters/71418) (date of access: 22.05.2025).
5. Huber A. A. Biomechanical analysis of the jump on the long jump. Tuebingen, 2012. 162 p.
6. Jacoby E., Fraley B. Long jump // In: Jacoby E., Fraley B. *Complete book of jumps*. Champaign, Ill.: Human Kinetics, 1995. P. 43–65.
7. Koutsioras, I., Tsimeas, P., Tsiokanos, A. Biomechanical Analysis of Long Jump. *Inquiries in Physical Education and Sport*. 2008. № 6 (1). P. 138–148.
8. Kozlova E., Wang, W., Kozlov K. Individual peculiarities of long jump technique of skilled athletes. *Journal of Physical Education and Sport*. 2020. № 20. P. 408–412.
9. Lloyd R. S., Oliver J. L. Long Jump Performance: An Exploration of Biomechanics and Training Techniques. *Sports Biomechanics*. 2022.
10. Nicholas P., Linthorne M., Guzman, M., Bridgett L. A. Optimum take-off angle in the long jump. *Journal of Sports Sciences*. 2005. Vol. 23, № 7. P. 703–712.



11. Panoutsakopoulos V., Papaïakovou G. I., Katsikas, F. S., Kollias I. A. 3D Biomechanical Analysis of the Preparation of the Long Jump Take-Off. *New Studies in Athletics*. 2010. № 1. P. 55–68.
12. Poulos G., Garcia R. Biomechanical Factors Influencing Long Jump Performance: A Review. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2019.
13. Shiffer Y. Horizontal jumps. *IAAF New Studies in Athletics*. 2011. № 3–4. P. 7–22.
14. Tesch P. A., Karlsson, J. Neuromuscular Adaptations in Elite Long Jump Athletes: Insights from Biomechanics. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2021.
15. Wang W., Kozlova E., Kozlov K. Technology for improving the technical skills of skilled long jumpers. *Sport Mont*. 2021. № 2. P. 83–87.