

## КІНЕМАТИЧНА СТРУКТУРА ТЕХНІКИ УДАРНОГО РУХУ «ПІСТОЛЬ» У БОЙОВОМУ ГОПАКУ

Мирослава ДАНИЛЕВИЧ, Ірина ХМЕЛЬНИЦЬКА\*, Андрій ГАЧКЕВИЧ

Львівський державний університет фізичної культури  
\*Національний університет фізичного виховання і спорту України

**Анотація.** Робота присвячена біомеханічному аналізу кінематичної структури техніки виконання удару ногою у стрибку «пістоль» у бойовому гопаку спортсменами різної кваліфікації. Встановлено періоди та фази, на які поділяється дана рухова дія, їхню тривалість та рухові завдання. Проведено порівняльний аналіз кінематичних характеристик вправи.

**Ключові слова:** бойовий гопак, період та фаза рухової дії, швидкість, прискорення, переміщення, ударні рухи ногами.

**Постановка проблеми.** Зростання популярності бойового гопака, ситематичне проведення змагань, збільшення тренувальних та змагальних навантажень вимагають науково обґрунтованих методик підготовки спортсменів. Успішний виступ на змаганнях багато в чому залежить від рівня засвоєння складних рухових дій. Оптимізувати процес технічної підготовки спортсменів можна за допомогою даних біомеханічного аналізу техніки виконання рухових дій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найбільш поширеним в однокористувачах є удар ногою (front-kick). Аналізу його кінематичної та динамічної структури присвячено чимало робіт [1, 7, 8]. Крім того, у бойових мистецтвах часто використовується круговий удар ногою (раундхаус кік, маваші гері), який на прикладі рукопашного бою вивчав В.С. Мунтєв [4].

Д.К. І. Way провела біомеханічний аналіз ударів ногами у стрибку по підвішеній цілі в командних іграх канадських ескімосів [6]. Автор дослідила 57 незалежних змінних для ударного руху однією ногою у стрибку та 47 змінних ударного руху у стрибку одночасно двома ногами.

У попередніх дослідженнях нами були визначені часові параметри ударних рухів ногами у стрибку в бойовому гопаку [2, 3]. Дана робота присвячена аналізу кінематичних параметрів техніки виконання ударного руху «пістоль», який виконується однією ногою вперед у стрибку.

**Мета роботи:** провести біомеханічний аналіз кінематичної структури техніки виконання ударного руху ногою «пістоль» у бойовому гопаку спортсменами різної кваліфікації.

**Завдання:**

1. Дослідити структуру ударного руху ногами у стрибку «пістоль» та рухові завдання вправи.
2. Провести порівняльний аналіз кінематичної структури вправи у спортсменів різної кваліфікації.

**Методи:** теоретичний аналіз та узагальнення літературних та Internet-джерел, педагогічне експериментування, цифрова відеозйомка, біомеханічний відеокомп'ютерний аналіз, методи математичної статистики.

**Організація дослідження та обговорення результатів.**

Для дослідження кінематичної структури техніки виконання ударного руху «пістоль» у бойовому гопаку нами була проведена відеозйомка цифровою відеокамерою Sony Handy-cam DCR-VX2100E з частотою 25 кадрів у секунду (рис. 1). Камера розташовувалася нерухомо на висоті 1,3 м і на відстані 8,7 м від площини руху. В експерименті взяли участь спорт

смени різних рівнів майстерності («сокіл» та «яструб»<sup>\*</sup>), які тричі виконували дану вправу. Розкадровка отриманої відеограми за допомогою програми Adobe Premier Pro дала змогу визначити структуру рухової дії, тривалість та зміст кожної фази. Результати розрахунків наведені в таблиці 1. За допомогою програми BioVideo, яка розроблена на кафедрі кінезіології Національного університету фізичного виховання і спорту України, були отримані кінематичні характеристики вправи «пістоль» [5].

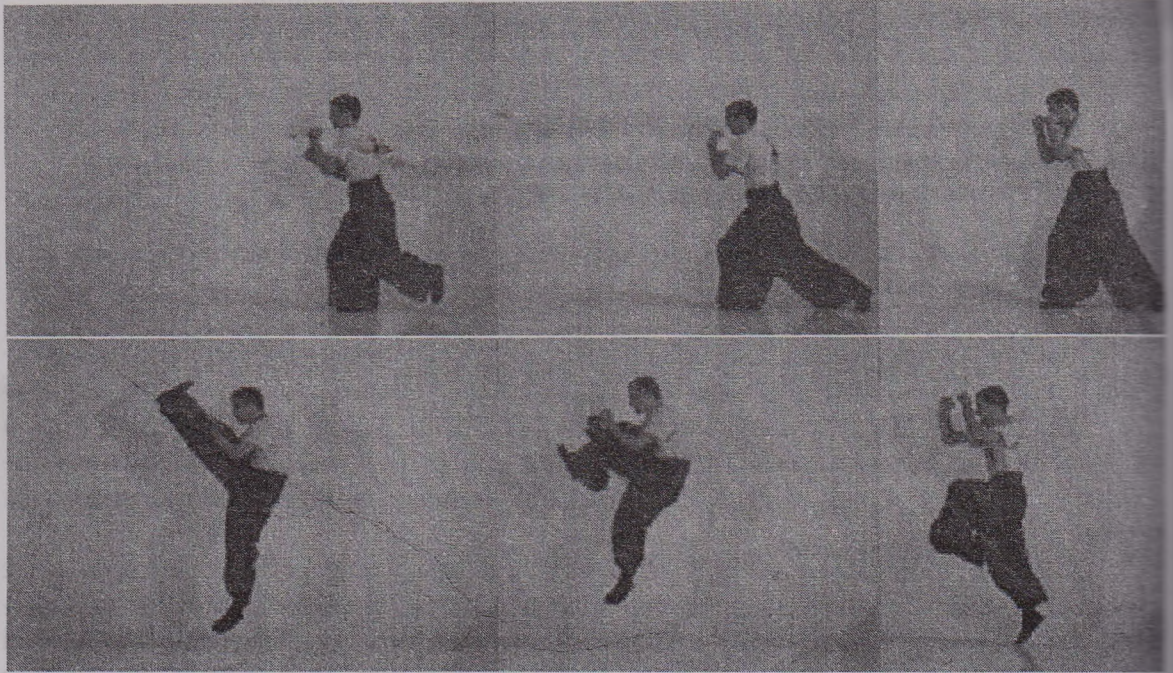


Рис. 1. Послідовність виконання ударного руху «пістоль»

Під час експерименту ударний рух „пістоль” виконувався спортсменами із вихідного положення бойова стійка „вой”. За даними відеозйомки його умовно можна поділити на три періоди: підготовчий, ударний рух у стрибку, повернення у вихідне положення. Загальний час виконання вправи кваліфікованими спортсменами (рівень майстерності «яструб») становить  $2,268 \pm 0,045$  с. Спортсмени нижчої кваліфікації (рівень майстерності «сокіл») на його виконання затрачають  $2,616 \pm 0,036$  с. Близько 50 % загального часу виконання вправи припадає на другий період – ударний рух у стрибку. Його тривалість у висококваліфікованих спортсменів майже на 10 % менша ніж у кваліфікованих і становить відповідно  $1,165 \pm 0,020$  с та  $1,278 \pm 0,016$  с. Решта часу припадає на підготовчий період і повернення у вихідне положення.

У підготовчому періоді спортсмен, відштовхуючись правою ногою від опори, виконує швидкий крок вперед лівою ногою. За рахунок цього його тіло отримує запас кінетичної енергії. Центр мас тіла (ЦМТ) спортсмена рухається вперед-вниз, проте під різним кутом: у «яструбів» кут більший і складає  $29^\circ$ , а у «соколів» – лише  $6^\circ$ . Середня швидкість руху ЦМТ у цьому періоді теж різна і становить  $0,395$  м/с та  $0,527$  м/с відповідно. Тривалість даного періоду  $0,393 \pm 0,019$  с у кваліфікованих спортсменів та  $0,507 \pm 0,031$  с у спортсменів нижчої кваліфікації.

Другий період вправи «пістоль» – ударний рух у стрибку – включає 6 фаз. Перша фаза – амортизація – триває приблизно  $0,18$  с. Вона починається з постановки лівої ноги на опору і полягає у гальмуванні руху тіла в напрямку опори. Початкове значення вертикальної складової вектора швидкості ЦМТ кваліфікованих спортсменів становить  $0,45$  м/с, а менш кваліфікованих  $0,15$  м/с. Протягом фази воно зменшується до нуля, а ЦМТ опускається на  $0,08$  м у

<sup>\*</sup> Примітка: гопаківські рівні майстерності «сокіл» та «яструб» умовно можна прирівняти відповідно до I розряду та звання «Кандидат у майстри спорту» згідно загальноприйнятої спортивної класифікації України.

«яструбів» та на 0,02 м у «соколів» порівняно з вихідним положенням. Дана фаза завершується з закінченням руху ЦМТ донизу. При цьому частина кінетичної енергії тіла перетворюється у потенціальну енергію пружно деформованих м'язів нижньої кінцівки спортсмена. Ця енергія частково буде використана у наступній фазі для надання тілу вертикальної швидкості тілого підйому. Горизонтальна складова вектора швидкості ЦМТ під час амортизації поступово зростає з 0,77 м/с до 1,6 м/с у кваліфікованих та з 1,07 м/с до 1,7 м/с у менш кваліфікованих спортсменів, тому тіло спортсмена продовжує рух уперед. Зазначене вище свідчить, що техніка кваліфікованих спортсменів є більш економічною і сприяє кращій рекуперації енергії.

Друга фаза – відштовхування – починається з розгинання опорної ноги в колінному суглобі. Далі відбувається розгинання стегна в кульшовому суглобі та згинання стопи в гомілко-стопному суглобі. При цьому, ЦМТ тіла рухається вперед-вгору. Горизонтальна складова вектора швидкості зменшується, а вертикальна – зростає. В кінці фази вектор швидкості ЦМТ спрямований у досвідчених спортсменів під кутом  $46^\circ$  та  $67^\circ$  – у менш досвідчених. Одночасно, у даній фазі відбувається різкий мах вгору руками та правою ногою. При цьому, махова нога згинається в колінному суглобі. Швидкість руху правого колінного суглобу під час відштовхування найбільша і досягає 7,99 м/с у «яструбів» та 6,39 м/с у «соколів» (рис/ 2, 3). Також під час відштовхування максимуму досягає швидкість руху ЦМТ, в порівнянні з іншими фазами. Для досвідчених спортсменів вона становить 2,28 м/с, а для менш досвідчених – 1,27 м/с. Середнє значення швидкості руху ЦМТ у цій фазі дорівнює 1,98 м/с та 1,65 м/с відповідно. Тут ми спостерігаємо хвилеподібну передачу енергії від рук через тулуб і таз до ударної ноги та від махової ноги через таз до ударної ноги. Механічна робота, яку виконують м'язи лівої ноги, та махові рухи руками і правою ногою, сприяють зростанню кінетичної енергії тіла спортсмена. Фаза відштовхування триває  $0,231 \pm 0,009$  с у досвідчених спортсменів та  $0,249 \pm 0,011$  с у менш досвідчених. Сила відштовхування спортсменів від опори дорівнює 1018 та 1194 Н відповідно.

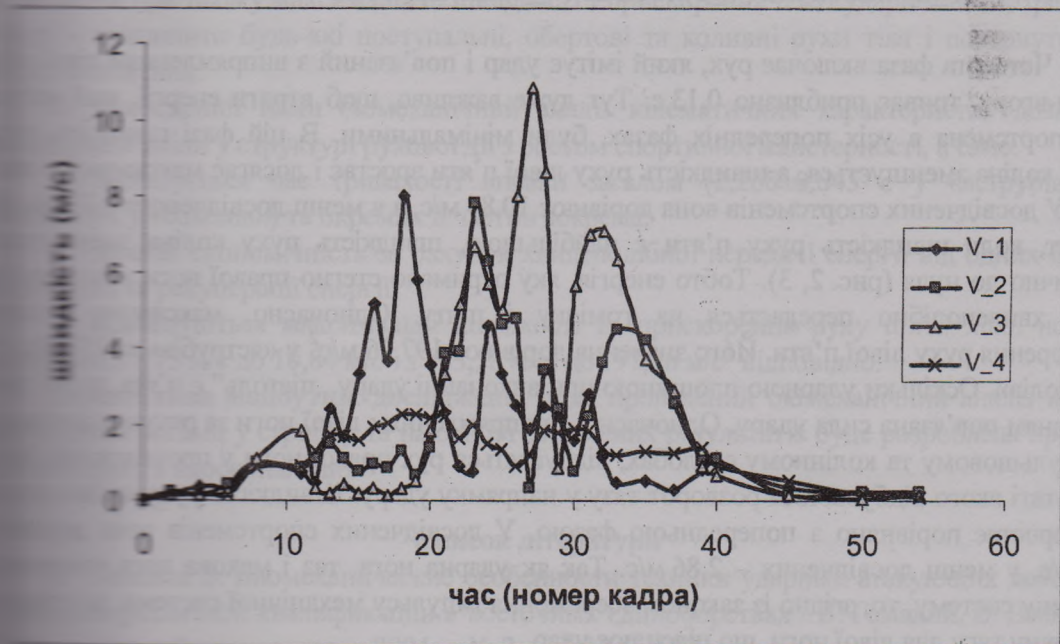


Рис. 2. Зміна швидкості руху правого колінного суглобу (V\_1), лівого колінного суглобу (V\_2), лівої п'ясті (V\_3) та ЦМТ (V\_4) висококваліфікованого спортсмена

Третя фаза – стрибок вгору – починається з відриву лівої ноги від опори, а закінчується згортанням тіла, зігнутої в колінному суглобі, до грудей. При цьому, у досвідчених спортсменів кут у лівому кульшовому суглобі зменшується з  $155^\circ$  до  $23^\circ$ , а в лівому колін-

ному суглобі – з  $165^\circ$  до  $43^\circ$ . У менш досвідчених спортсменів з  $171^\circ$  до  $35^\circ$  та з  $172^\circ$  до  $45^\circ$  відповідно. Середня лінійна швидкість лівого колінного суглобу найбільша у цій фазі (4,8 м/с у кваліфікованих спортсменів та 4,12 м/с у менш кваліфікованих). Тіло спортсмена, продовжуючи свій рух вперед-вгору, досягає найвищої точки. ЦМТ у «яструбів» піднімається вгору на висоту 1,27 м, а у «соколів» – на 1,35 м.

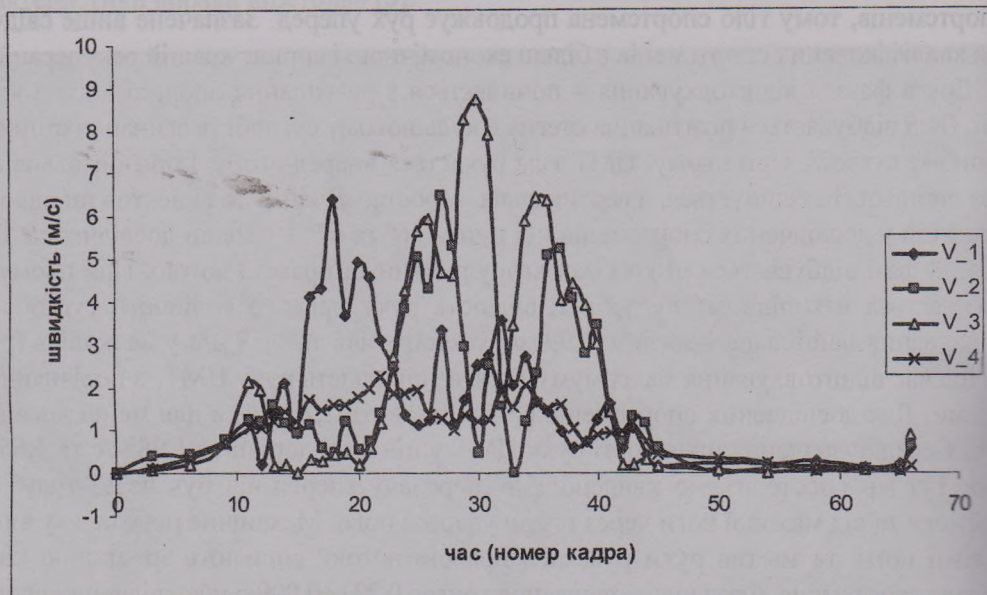


Рис. 3. Зміна швидкості руху правого колінного суглобу (V\_1), лівого колінного суглобу (V\_2), лівої п'яти (V\_3) та ЦМТ (V\_4) кваліфікованого спортсмена.

Четверта фаза включає рух, який імітує удар і пов'язаний з випрямленням лівої ноги вперед-вгору, триває приблизно 0,13 с. Тут дуже важливо, щоб втрати енергії, якої набуває тіло спортсмена в усіх попередніх фазах, були мінімальними. В цій фазі швидкість руху лівого коліна зменшується, а швидкість руху лівої п'яти зростає і досягає максимуму в кінці фази. У досвідчених спортсменів вона дорівнює 10,84 м/с, а в менш досвідченого 8,73 м/с. На момент, коли швидкість руху п'яти є найбільшою, швидкість руху коліна зменшується практично до нуля (рис. 2, 3). Тобто енергія, яку отримало стегно правої ноги у попередніх фазах хвилеподібно передається на голіньку і п'яту. Одночасно, максимуму досягає прискорення руху лівої п'яти. Його значення дорівнює  $197,26 \text{ м/с}^2$  у «яструбів» та  $153,58 \text{ м/с}^2$  у «соколів». Оскільки ударною площиною при виконанні удару „пістоль” є п'ята, то з її прискоренням пов'язана сила удару. Одночасно, з випрямленням лівої ноги за рахунок розгинання в кульшовому та колінному суглобах, відбувається рух правої ноги у протилежний бік, в результаті якого відбувається розворот тазу у напрямку удару. Швидкість руху коліна правої ноги зростає порівняно з попередньою фазою. У досвідчених спортсменів вона дорівнює 2,18 м/с, у менш досвідчених – 2,86 м/с. Так як ударна нога, таз і махова нога утворюють замкнену систему, то, згідно із законом збереження імпульсу механічної системи, це створює реактивну тягу для лівої ноги, що підсилює удар.

Після ударного руху відбувається приземлення, яке можна розділити на дві фази, хоча чіткої межі між ними не існує. Спочатку опорної поверхні торкається права, а потім – ліва нога. При цьому послідовно виконується згинання в колінному, розгинання в кульшовому та колінному суглобах.

Заключний період – повернення у вихідне положення. Він складається з однієї фази. Основні завдання цього періоду: зупинити будь-які поступальні та обертові рухи тіла, зменшити його коливання, повернутися у бойову стійку.

На завершення зазначимо, що під час виконання ударного руху «пістоль» горизонтальне переміщення ЦМТ у кваліфікованих спортсменів складає 1,76 м, а в менш кваліфікованих – 1,67 м.

Таблиця 1.

## Часова структура ударного руху «пістоль» (с)

№ з/п	Періоди та фази рухової дії	$t_{\text{ср}} (M \pm m)$	
		«яструби»	«соколи»
1.	Підготовчий період	0,393±0,019	0,507±0,031
2.	Ударний рух у стрибку	1,165±0,020	1,278±0,016
2.1.	Амортизація	0,162±0,011	0,193±0,009
2.2.	Відштовхування	0,231±0,009	0,249±0,011
2.3.	Стрибок вгору	0,200±0,003	0,240±0,006
2.4.	Випрямлення лівої ноги вперед-вгору	0,104±0,005	0,116±0,003
2.5.	Приземлення на праву ногу	0,160±0,010	0,209±0,011
2.6.	Приземлення на ліву ногу	0,308±0,014	0,271±0,018
3.	Повернення у вихідне положення	0,711±0,028	0,831±0,039

## Висновки

1. Дослідження структури ударного руху «пістоль» у бойовому гопаку дозволило нам поділити його на три періоди:

- підготовчий;
- ударний рух у стрибку, який складається з шести фаз;
- повернення у вихідне положення.

Завдання першого періоду – надати тілу спортсмена якомога більшого запасу кінетичної енергії; другого періоду – виконати стрибок вгору з різким випрямленням лівої ноги вперед, надваючи при цьому максимальної швидкості і прискорення п'яті ударної ноги; третього періоду – припинити будь-які поступальні, обертові та коливні рухи тіла і повернутись у вихідне положення.

2. Проведений нами біомеханічний аналіз кінематичних характеристик дозволив виявити зміни у структурі рухової дії з ростом спортивної майстерності, а саме:

- зменшується час тривалості вправи загалом ( $2,268 \pm 0,045$  с у «яструбів» та  $2,036 \pm 0,036$  с у «соколів») та окремих її частин зокрема;
- зростає економічність за рахунок хвилеподібної передачі енергії від одних біологічних елементів та рекуперації енергії;
- підвищуються максимальні швидкості та прискорення руху п'яті лівої ноги в ударній фазі з  $8,73$  м/с до  $10,84$  м/с і з  $153,58$  м/с<sup>2</sup> до  $197,26$  м/с<sup>2</sup> відповідно.

**Перспектива майбутніх досліджень.** Буде проведений біомеханічний аналіз інших рухів ногами у стрибку та на основі отриманих результатів буде розроблена програма тренування та вдосконалення.

## Список літератури

1. Гамалий В. Биомеханические особенности техники ударных атакующих действий спортсменов различной квалификации в восточных единоборствах / В. Гамалий, В. Васильев // Наука в олимпийском спорте. – 2004. – № 2. – С. 114 – 122.
2. Гачкевич А. М. Біомеханічний аналіз базових ударних рухів ногами у стрибку в бойовому гопаку / А. М. Гачкевич // Спортивний вісник Придніпров'я. – 2007. – № 2 – 3. – С. 174 – 177.
3. Гачкевич А. М. Структура ударних рухів ногами у стрибку в українських національних единоборствах / А. М. Гачкевич // Молода спортивна наука України: зб. наук. пр. з фізичної та спорту. – Л., 2007. – Вип. 11. – Том 3. С. 92 – 97.

4. Мунтян В. С. Биомеханическая характеристика кругового удара ногой в рукопашном бое / В. С. Мунтян // Физическое воспитание студентов творческих специальностей: [сб. науч. тр. под ред. Ермакова С. С.]. – Харьков. – 2005. – № 8. – С. 50 – 59.
5. Хмельницька І. В. Програмний комплекс біомеханічного відеокomp'ютерного аналізу рухів людини / І. В. Хмельницька // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2004. – № 2. – С. 151 – 156.
6. Dana Kristian Johanas Way. Traditional arctic sports: A biomechanical analysis of the one foot and two foot high kick. – Manitoba: The University of Manitoba, 2005. – 181 p.
7. Gordon D. Biomechanics of the Karate Front-kick [Електронний ресурс] / Gordon D., Robertson E., Carlos Fernando, Michael Hart and Francois Beaulieu. Режим доступу: [http://www.health.uottawa.ca/biomech/lab/docs/wcb4\\_gr.pdf](http://www.health.uottawa.ca/biomech/lab/docs/wcb4_gr.pdf)
8. Wai-Po Tang. A Comparative Kinematics analysis of an expert-novice differences in a Wing Chun Front Kick [Електронний ресурс] / Wai-Po Tang. Режим доступу: [www.martialartsinstitute.com](http://www.martialartsinstitute.com) (25.04.2007)

## КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ТЕХНИКИ УДАРНОГО ДВИЖЕНИЯ «ПИСТОЛЬ» В БОЕВОМ ГОПАКЕ

Мирослава ДАНИЛЕВИЧ, Ирина ХМЕЛЬНИЦЬКА\*, Андрій ГАЧКЕВИЧ

*Львовский государственный университет физической культуры,  
\*Национальный университет физического воспитания и спорта Украины*

**Аннотация.** Работа посвящается биомеханическому анализу кинематической структуры техники исполнения удара ногой в прыжке «пистоль» в боевом гопаке спортсменами разной квалификации. Установлено периоды и фазы, на которые делится это двигательное действие, их длительность и двигательные задания. Проведен сравнительный анализ кинематических характеристик упражнения.

**Ключевые слова:** боевой гопак, период и фаза двигательного действия, скорость, ускорение, перемещение, ударные движения ногами.

## KINEMATICS STRUCTURE OF "PISTOL" BLOW MOVEMENT TECHNIQUE IN BOYOVYU HOPAK

Myroslava DANYLEVYCH, Iryna KHMELNYTSKA\*, Andriy HACHKEVYCH

*Lviv State University of Physical Culture,  
\*National University of Physical Education and Sport of Ukraine*

**Abstract.** In this paper we offer a biomechanical analysis of kinematics structure of the "pistol" jump kick technique of boyovyy hopak, as performed by sportsmen of various qualification. We describe periods and phases of this movement activity, as well as duration and objective of each of the said periods and phases, and perform a comparative analysis of cinematic parameters of this exercise.

**Key words:** boyovyy hopak, period and phase of a movement activity, velocity, acceleration, movement, kick.