

5. Illiashenko S.M. (2011). Suchasni tendentsii zastosuvannya internet-tekhnologii u marketynhu. Marketing and innovation management. Kyiv. №4. Т. II. pp. 64-74. (in Ukr.).
6. Lenova Yu.O., Bondar A.S., Stadnyk S.O. (2020). Improving the efficiency of management of domestic fitness clubs in modern conditions of operation. Slobozhanskyi naukovo-sportyvnyi visnyk. № 6. pp. 81-86. (in Ukr.).
7. Sereda N.V. (2019). Orhanizatsiini aspekty vykorystannia internet-marketynhu v diialnosti fitnes-klubu. Slobozhanskyi naukovo-sportyvnyi visnyk. № 6 K. pp. 89-92. (in Ukr.).
8. Sereda N.V. (2024) Osoblyvosti zastosuvannya marketynhovooho audytu pry rozrobtsi stratehii fitnes-klubu. Scientific journal of the Dragomanov Ukrainian State University. Series № 15. Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sports): Sb. scientific works / Ed. O. V. Tymoshenko. - K.: Publishing house of State Mykhailo Drahomanov University. Issue 3 (175) 24. pp. 158-163. (in Ukr.).
9. Stadnyk S., Sereda N., Goncharov V. (2021). Osoblyvosti diialnosti fitnes-klubiv v umovakh karantynnykh obmezhen. Slobozhanskyi naukovo-sportyvnyi visnyk. № 5 (85). pp. 75-81. (in Ukr.).
10. Stadnyk S.O. (2018). Diialnist fitnes-klubiv u misti Kharkovi. Slobozhanskyi naukovo-sportyvnyi visnyk. № 2. pp. 58-62. (in Ukr.).
11. Chekhovska L. Ya. (2018) Kharakterystyka diialnosti merezhi fitnes-klubiv "FITCURVES". Sports Science of Ukraine. № 2 (84). pp. 48–54. (in Ukr.).

DOI: [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.12\(185\).38](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.12(185).38)

Совенко С. П.
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ
<https://orcid.org/0000-0001-9996-4712>

МЕТОДОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ЛЕГКОАТЛЕТІВ, ЯКІ СПЕЦІАЛІЗУЮТЬСЯ У СПОРТИВНІЙ ХОДЬБІ, У СИСТЕМІ БАГАТОРІЧНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ

Анотація. Підготовка легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, потребує впровадження у практику новітніх методологій технічної підготовки в системі багаторічного удосконалення. Мета дослідження – удосконалення процесу технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, на основі розробки методології у системі багаторічного удосконалення, з урахуванням багатофункціональних біомеханічних моделей основних елементів технічних дій. Методи дослідження: аналіз науково-методичної літератури, відеозйомка з біомеханічним аналізом рухових дій спортсменів, моделювання, педагогічний експеримент і методи математичної статистики. Результати. У результаті проведених досліджень техніки спортивної ходьби на етапах попередньої базової підготовки (13–15 років; чоловіки: дистанція 3 км, n=31; жінки: дистанція 2 км, n=20), спеціалізованої базової підготовки (16–19 років; чоловіки: дистанція 10 км, n=36; жінки: дистанція 10 км, n=32) та у висококваліфікованих атлетів починаючи з етапу підготовки до вищих досягнень, закінчуючи етапом збереження вищої спортивної майстерності (20 і більше років; чоловіки: дистанція 20 км, n=31; жінки: дистанція 20 км, n=31), на основі кореляційного аналізу визначено 14 інформативних біомеханічних характеристики, що впливають на підвищення спортивного результату у системі багаторічного удосконалення скороходів. Виявлено основні елементи технічних дій легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, та біомеханічні характеристики техніки, які їх обумовлюють. На основі цих даних з використанням штучних нейронних мереж розроблено багатофункціональні біомеханічні моделі основних елементів технічних дій. На цій основі розроблено програму технічної підготовки скороходів та експериментально доведено її ефективність. На основі проведених досліджень на теоретичному та емпіричному рівнях розроблено методологію технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічного удосконалення. Висновки. Запропонований авторський підхід у використанні методології технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічного удосконалення дозволяє оптимізувати процес удосконалення технічних дій скороходів у першій стадії багаторічної підготовки та сприяє досягненню високих спортивних результатів при досконалій техніці рухових дій у другій її стадії.

Ключові слова: методологія, біомеханічні характеристики, технічна підготовка, спортивна ходьба, система багаторічного удосконалення, нейронні мережі, моделювання.

Sovenko Serhii. Methodology of technical preparation of athletes specialising in race walking in the system of long-term improvement The training of athletes specialising in race walking requires the implementation of the latest methodologies of technical preparation into practice in the system of long-term improvement. The aim of the research is to improve the process of technical preparation of athletes specialising in race walking, based on the development of methodology in the system of long-term improvement, taking into account multifunctional biomechanical models of the main elements of technical actions. Methods: analysis of scientific and methodological literature, video recording with biomechanical analysis of motor actions of athletes, modelling, pedagogical experiment and methods of mathematical statistics. Results. As a result of the conducted researches of sports walking technique at the stages of the preliminary basic preparation (13-15 years old; men: a distance of 3 km, n=31; women: a distance of 2 km, n=20), specialised basic preparation (16-19 years old; men: a distance of 10 km, n=36; women: 10 km distance, n=32) and in highly skilled athletes from the stage of preparation for higher achievements to the stage of preservation of higher sportsmanship (20 and more years; men: 20 km distance, n=31; women: 20 km distance, n=31), on the basis of correlation analysis, 14 informative biomechanical characteristics influencing the improvement of sports result in the

system of long-term improvement of race walkers were determined. The main elements of technical actions of athletes specialising in race walking and biomechanical characteristics of the technique that determine them have been identified. On the basis of these data, multifunctional biomechanical models of the main elements of technical actions were developed using artificial neural networks. On this basis, a technical preparation programme for race walkers was developed and its effectiveness was experimentally proved. On the basis of the conducted research at the theoretical and empirical levels, the methodology of technical preparation of athletes specialising in race walking in the system of long-term improvement was developed. Conclusions. The proposed author's approach to the use of the methodology of technical training of athletes specialising in race walking in the system of long-term improvement allows to optimise the process of improvement of technical actions of race walkers in the first stage of long-term improvement and contributes to the achievement of high sports results with perfect technique of motor actions in its second stage.

Keywords: methodology, biomechanical characteristics, technical preparation, race walking, system of long-term improvement, neural networks, modelling.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Розвиток спорту вищих досягнень супроводжується постійним пошуком компромісу між теорією та практикою. Сьогодні, з одного боку бурхливий розвиток спорту пов'язаний з численними надбаннями в науці, з іншого – певні досягнення у практичній діяльності, розвиваючись настільки стрімко, вимагають теоретичного обґрунтування.

Зростання комерціалізації і професіоналізації багатьох олімпійських видів спорту, і насамперед легкої атлетики, вплинуло на збільшення соціального значення довготривалої спортивної кар'єри атлетів, що як наслідок, стало передумовою удосконалення теоретичних основ структури та змісту багаторічної підготовки спортсменів [12]. З іншої сторони відповідні тенденції розвитку притаманні практичній діяльності були б неможливими без широкого кола знань, накопичених у численних наукових дослідженнях.

Спортивна ходьба – вид легкої атлетики, де рівень результатів постійно зростає. Тому досягнення результатів високого світового рівня у спортивній ходьбі в сучасних умовах зростання рівня спортивних результатів, і як наслідок інтенсифікації змагальної та тренувальної діяльності, сьогодні не можливо без досягнення високого рівня підготовленості спортсменів [3; 20]. У сучасних умовах підвищення рівня конкуренції на найбільших світових форумах таких, як Іграх Олімпіад та чемпіонатах світу та Європи, перемагають не тільки обдаровані талантом спортсмени, але атлети з чітко спланованою і реалізованою системою багаторічної підготовки [8].

Сьогодні в умовах коли обсяги та інтенсивність тренувальних навантажень спортсменів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, досягли максимальних величин, одним із резервів оптимізації підготовки є технічне удосконалення атлетів, яке повинне розглядатись в аспекті всієї системи багаторічної підготовки [4].

З іншого боку впровадження новітніх технологій оцінки техніки спортсменів, що дозволяють здійснювати на новому рівні її аналіз, моделювання та прогнозування основних параметрів техніки розкривають нові можливості для створення фундаментальних основ в області технічної підготовки атлетів, і в спортивній ходьбі зокрема [5; 13; 17; 27].

Таким чином, практика спорту потребує розробки методології, що базується на раціональному становленні та удосконаленні технічної майстерності протягом всього процесу багаторічної підготовки, а не тільки у другій її стадії. Адже досягнення високих показників технічної підготовленості у другій стадії багаторічної підготовки неможливе без планомірного та ефективного процесу навчання та удосконалення технічних дій спортсменів у першій її стадії.

Мета дослідження – удосконалення процесу технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, на основі розробки методології у системі багаторічного удосконалення, з урахуванням багатofункціональних біомеханічних моделей основних елементів технічних дій.

Методи дослідження: аналіз науково-методичної літератури, відеозйомка з біомеханічним аналізом рухових дій спортсменів, моделювання, педагогічний експеримент і методи математичної статистики.

Біомеханічний аналіз техніки виконання змагального вправи було здійснено на основі даних, отриманих у ході проведеної нами відеозйомки чемпіонатів України зі спортивної ходьби 2014–2021 рр. у різних вікових групах серед чоловіків на дистанціях 3, 10 та 20 км та жінок на дистанціях 2, 10 та 20 км. Кількість досліджень: у чоловіків – 98, з них на дистанції 3 км – 31, 10 км – 36 та 20 км – 31; у жінок – 83, з них на дистанції 2 км – 20, 10 км – 32 та 20 км – 31.

Для аналізу відеозображення використовували апаратно-програмний комплекс «Lumax».

Реєстрацію положень тіла спортсменів в під час виконання змагальної вправи здійснювали відеокамерами «Sony DCR-SR 65» зі швидкістю 25 кадр · с⁻¹ з подальшим поділом на 50 півкадр · с⁻¹ (2014–2015 рр.) та відеокамерою «Sony HDR-PJ50E» зі швидкістю 50 кадр · с⁻¹ (2016–2021 рр.).

Дані про вік та антропометричні характеристики спортсменів (довжину та масу тіла) отримано з офіційного сайту Федерації легкої атлетики України, а також у ході опитування на змаганнях.

Моделювання техніки рухових дій здійснювалось з використанням штучних нейронних мереж.

Педагогічний експеримент тривав протягом 2017–2023 років. В експериментальних дослідженнях взяли участь 12 чоловік, які було розділено на дві групи спортсменів – основну (n = 6) та контрольну (n = 6). Реалізації експериментальної програми технічної підготовки у спортсменів основної групи відбувалась на етапі підготовки до відбіркових змагань у другому (весняно-літньому) макроциклі річного циклу підготовки на етапі максимальної реалізації індивідуальних можливостей.

Статистичний аналіз передбачав використання методу середніх величин, що включало знаходження середнього арифметичного значення – \bar{X} ; середнього квадратичного (стандартного) відхилення – S та коефіцієнта варіації – V. Для аналізу було використано ліцензійне програмне забезпечення MS Excel.

Оцінку статистичної достовірності відмінностей спортсменів основної та контрольної груп в ході експерименту за рівнем спортивного результату, біомеханічними характеристиками техніки рухових дій спортсменів та антропометричними даними у незалежних вибірках здійснювали за допомогою критерія Манна-Уїтні (U), для залежних вибірок застосовували критерій Вілкоксона (T). Статистичну обробку по цим критеріям а також моделювання за допомогою штучних нейронних мереж здійснювали з використанням програмного забезпечення Statistica 14.0.0.15 від розробників StatSoft (TIBCO Software, США).

Результати дослідження.

Методологію можна розглядати у двох напрямках: як теоретичну, що формується розділом філософського знання гносеологія, так і практичну – орієнтовану на вирішення практичних проблем та цілеспрямоване перетворення світу. Теоретична прагне моделі ідеального знання, практична ж – це програма (алгоритм), набір прийомів і способів того, як досягти бажаної практичної мети і не погіршити проти істини, або того, що ми вважаємо справжнім знанням [9].

Для вирішення мети удосконалення теоретико-методичних основ технічної підготовки скороходів нами було покладено напруження в результаті проведених нами досліджень на теоретичному та емпіричному рівнях, що дозволило розробити та обґрунтувати практичну методологію технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічного удосконалення.

Теоретичною основою практичної методології технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічного удосконалення стали: теорія підготовки спортсменів [10; 12], теорія періодизації річної підготовки [11; 15], теорія побудови рухів [1], теорія навчання та удосконалення рухових дій [7].

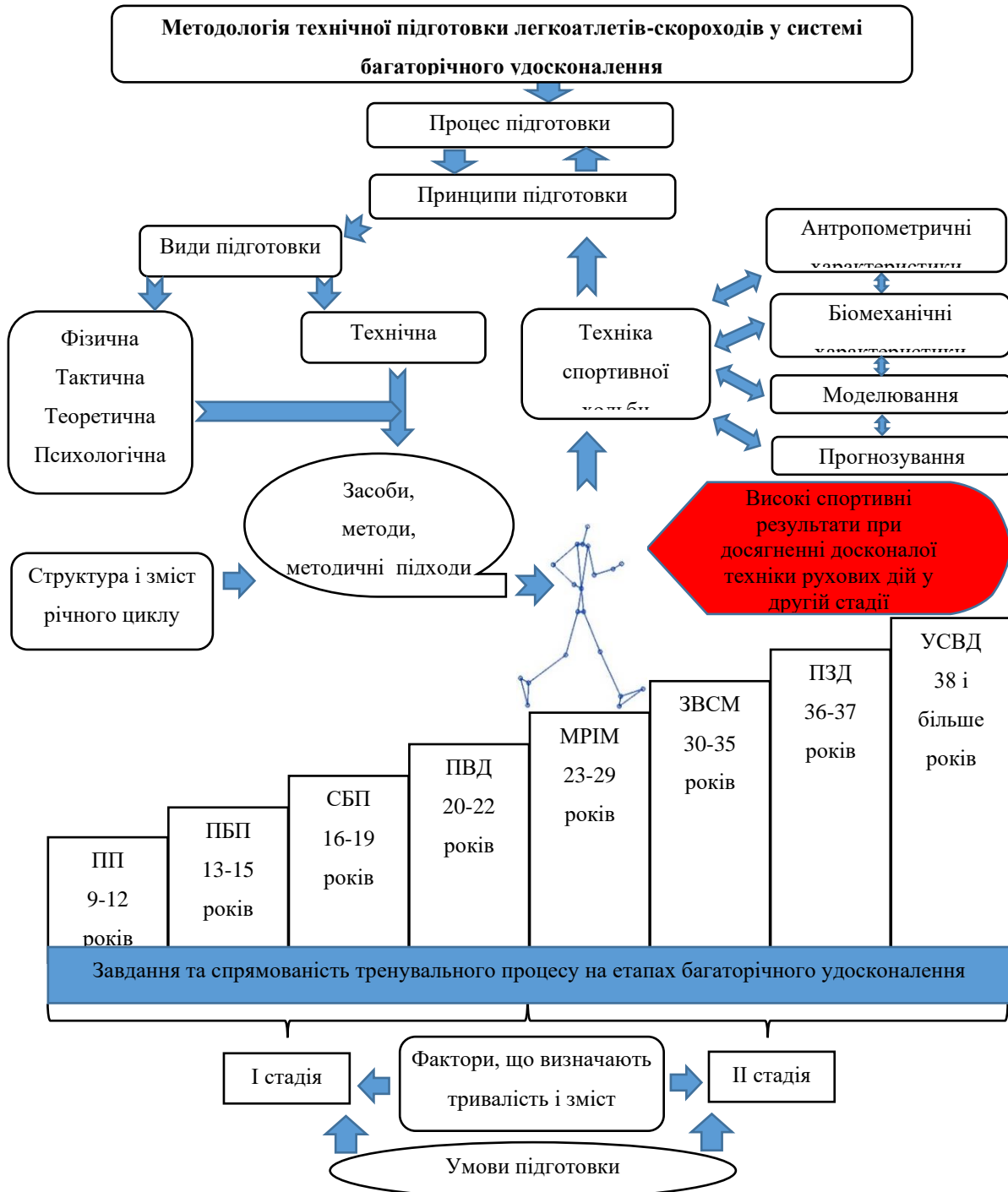


Рисунок 1. Методологія технічної підготовки легкоатлетів-скороходів у системі багаторічного удосконалення: етапи ПП – початкової підготовки, ПБП – попередньої базової підготовки, СБП – спеціалізованої базової підготовки, ПВД – підготовки до вищих досягнень, МРІМ – максимальної реалізації індивідуальних можливостей, ЗВСМ – збереження вищої спортивної майстерності, ПЗД – поступового зниження досягнень, УСВД – уходу зі спорту вищих досягнень

Методико-технологічна основа практичної методології опирається на роботи в напрямках пов'язаними з удосконаленням технічної майстерності спортсменів та легкоатлетів зокрема [2; 6], загальними підходами до біомеханічного аналізу техніки рухових дій атлетів [19; 23] та скороходів зокрема [14; 20; 22; 25; 26], моделювання техніки рухових дій як онови удосконалення технічної підготовки [13; 24; 27], специфіки побудови тренувального процесу та удосконалення технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, на етапах багаторічної підготовки [8; 16; 18] тощо.

Основні функціонально пов'язані структурні компоненти практичної методології технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічного удосконалення наведено на рисунку 1.

Як видно на рисунку 1, метою запропонованої методології технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, є високі спортивні результати при досягненні досконалої техніки рухових дій у другій стадії багаторічного удосконалення.

Практичну методологію технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічного удосконалення умовно можна розділити на два блоки – теоретико-методичний та методико-технологічний. Обидва блоки ті їх компоненти поєднані в загальну систему мають взаємообумовлений характер.

Перший теоретико-методичний блок охоплював широкий комплекс знань пов'язаний з наступними компонентами:

- використання основних принципів у системі підготовки спортсменів та в області технічного удосконалення зокрема;
- завдання, засоби, методи та методичні підходи технічної підготовки на етапах багаторічного удосконалення на етапах багаторічної підготовки та її зв'язок з іншими видами підготовки (фізичною, тактичною, теоретичною, психологічною та інтегральною);
- специфіка використання засобів, методів та методичних підходів технічної підготовки в річному циклі (в рамках його структурних утворень: окремого заняття, мікроциклу, мезоциклу, етапу, періоду тощо) та її зв'язок з іншими видами підготовки.

Другий методико-технологічний блок охоплював широкий комплекс знань, отриманих в результаті теоретичних та експериментальних дослідженнях, в оцінці техніки змагальної діяльності та скороходів зокрема. Даний блок охоплював у системі багаторічного удосконалення наступні компоненти:

- оцінку техніки виконання змагальної вправи як інтегральну складову ефективності процесу підготовки та технічного удосконалення спортсменів зокрема;
- виявлення основних елементів технічних дій легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, шляхом аналізу біомеханічних характеристик техніки, що впливають на досягнення спортивного результату;
- врахування антропометричних характеристик в оцінці техніки;
- технологію моделювання та прогнозування спортивних результатів та технічних дій на основі інформативних біомеханічних характеристик техніки скороходів;
- розробку багатфункціональних біомеханічних моделей основних елементів технічних дій легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, з урахуванням інформативних показників, що впливають на досягнення спортивного результату;
- підбір ефективних засобів технічної підготовки.

Метою другого методико-технологічного блоку було створення об'єктивних критеріїв для побудови та корекції процесу технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічного удосконалення.

В якості системотвірного чинника стала техніка змагальної діяльності скороходів на різних етапах багаторічної підготовки. Вивчення основних елементів технічних дій відбувалось шляхом аналізу біомеханічних характеристик техніки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, що впливають на досягнення спортивного результату у системі багаторічного удосконалення.

Вибір біомеханічних показників техніки рухових дій скороходів здійснювався на основі даних науково-методичної літератури (В. S. Hanley та ін. [20; 21]; К. Нога-Міуга та ін. [14; 22]), досвіду передової спортивної практики та власного бачення даної проблеми.

У ході аналізу техніки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, проаналізовано величини 26 біомеханічних характеристик, у першій та другій стадіях багаторічної підготовки. Кореляційний аналіз дозволив виявити 14 інформативних біомеханічних характеристики, що впливають на підвищення спортивного результату у системі багаторічного удосконалення.

Встановлено, що досягнення високих спортивних результатів у спортивній ходьбі залежить від таких біомеханічних характеристик технічних дій спортсменів: довжина кроку (чоловіки $r = -0,61$; жінки $r = -0,83$), частота кроків (чоловіки $r = -0,70$; жінки $r = -0,32$), час одиночної опори (чоловіки $r = 0,63$; жінки $r = -0,49$), коефіцієнт використання антропометричних даних (чоловіки $r = -0,75$; жінки $r = -0,81$), швидкість переміщення ЗЦМТ у момент постановки ноги на опору (чоловіки $r = -0,69$; жінки $r = -0,81$) та у момент відриву ноги від опори (чоловіки $r = -0,92$; жінки $r = -0,80$), амплітуда переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) та кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори

(відповідно чоловіки $r = -0,78$ та $r = -0,80$; жінки $r = -0,32$ та $-0,37$), кутова швидкість згинання кульшового суглоба махової ноги ($r = -0,53$; жінки $r = -0,73$), розгинання колінного суглоба махової ноги (чоловіки $r = -0,59$; жінки $r = -0,22$) та згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори (чоловіки $r = -0,36$; жінки $r = -0,26$), результуюча сила реакції опори (чоловіки $r = -0,58$; жінки $r = -0,76$) та потужність відштовхування (чоловіки $r = -0,78$; жінки $r = -0,83$) у фазі одиночної опори, співвідношення потужності до довжини кроку (чоловіки $r = -0,39$; жінки $r = -0,74$). Хоча у другій стадії багаторічної підготовки такі показники у жінок, як частота кроків, амплітуда переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, кутова швидкість розгинання колінного суглоба махової ноги у фазі одиночної опори та кутова швидкість згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори не корелювали зі спортивним результатом, вони мали з ним високий взаємозв'язок на етапах спеціалізованої базової та попередньої базової підготовки у першій стадії, тому враховувались в подальшому.

Важливо зазначити факт, що як і у чоловіків так і жінок не виявлено статистично значущий взаємозв'язок спортивного результату з довжиною та масою тіла практично на всіх етапах багаторічної підготовки, за виключенням етапу спеціалізованої базової підготовки у жінок. Однак ці показники мають значну динаміку в процесі багаторічної підготовки, особливо в першій стадії, що обумовлено індивідуальними темпами фізичного розвитку, пубертатним періодом тощо [12], враховуються при підрахунку та корелюють з інформативними біомеханічними характеристиками техніки тому їх потрібно також враховувати [2].

Слідуючою важливою складовою методико-технологічного блоку практичної методології є інтерпретація виявлених інформативних біомеханічних показників техніки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі в аспекті їх окреслення основних елементів технічних дій.

Тобто наступним кроком стало з'ясування питання, які основні елементи технічних дій характеризують ті чи інші біомеханічні показники техніки. Враховуючи те що з точки зору механіки швидкість пересування у спортивній ходьбі, яка визначає спортивний результат, залежить від довжини та частоти кроків, біомеханічні характеристики в результаті факторного аналізу у спортсменів високої кваліфікації наприкінці першої та у другій стадії багаторічної підготовки розподілились наступним чином.

Так фактору довжини кроку обумовлений збільшенням: амплітуди переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори (коефіцієнт кореляції з Фактором довжини кроку $r = 0,85$), амплітуди переміщення кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори ($r = 0,88$), показників кутової швидкості згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори ($r = 0,65$), результуючої сили реакції опори у фазі одиночної опори ($r = 0,73$) та потужності відштовхування ($r = 0,88$), значення яких перевищувало критерій $-0,6$.

Фактор частоти кроків обумовлений: зменшенням часу одиночної опори (коефіцієнт кореляції з Фактором частоти кроку $r = -0,93$) та довжини тіла ($r = -0,68$), збільшення показника швидкості переміщення ЗЦМТ у момент відриву ноги від опори ($r = 0,66$). Слід зазначити, що збільшення показника швидкості переміщення ЗЦМТ у момент відриву ноги від опори практично рівномірно впливало на покращення довжини та частоти кроків, відповідно $-r = 0,62$ та $0,66$. Також рівномірний вплив на обидва фактори показників K_a (коефіцієнту використання антропометричних даних – співвідношення довжини кроку до довжини тіла) та кутової швидкості розгинання колінного суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, відповідно $-r = 0,49$ та $0,54$; $0,45$ та $0,46$, хоча значення яких не перевищувало критерій $-0,6$.

Враховуючи те, що при оцінці техніки невід'ємними характеристиками є антропометричні дані, а саме довжина та маса тіла, було виділено і антропометричний фактор. Як показали дослідження його значення, обумовлено зменшенням показників маси тіла (коефіцієнт кореляції з Антропометричним фактором $r = -0,67$) та швидкості переміщення ЗЦМТ у момент постановки ноги на опору ($r = -0,71$) та збільшенням K_e (співвідношення потужності до довжини кроку) $-r = 0,67$.

Зазначимо, що етапах попередньої та спеціалізованої базової підготовки першої стадії багаторічного удосконалення були деякі відмінності по впливу інформативних біомеханічних показників структури технічних дій у спортивній ходьбі на основні фактори, що забезпечують досягнення високих спортивних результатів порівняно з етапом максимальної реалізації індивідуальних можливостей другої стадії багаторічної підготовки, що можна пояснити рядом чинників формування та удосконалення технічної майстерності, пов'язаними з віковими особливостями розвитку організму, статтю, підходами до методики технічної підготовки та ін.

Загалом встановлено, що у спортсменів високого національного та світового рівня на етапах підготовки до вищих досягнень, максимальної реалізації індивідуальних можливостей та збереження вищої спортивної майстерності, більш значущим фактором досягнення високих спортивних результатів є довжина кроку – $33,35\%$, на фактор частоти кроків припадає – $24,47\%$, антропометричний фактор – $12,67\%$. Відповідна тенденція в цілому підтвердилась і на етапах попередньої та спеціалізованої базової підготовки першої стадії багаторічного удосконалення. Лише у жінок на етапі спеціалізованої базової підготовки фактор частоти кроків мав більше значення та становив $39,82\%$ проти $26,38\%$ у фактору довжини кроків.

Для оптимізації процесу управління підготовкою легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, на основі інформативних біомеханічних характеристик техніки рухових дій та антропометричних показників було здійснено моделювання основних елементів технічних дій у системі багаторічного удосконалення з використанням штучних нейронних мереж.

Створена на основі нейронних мереж математична модель має програмне втілення. Розроблена модель у програмному забезпеченні Statistica 14.0.0.15 від розробників StatSoft (TIBCO Software, США) та у її фізичному кінцевому втіленні має вигляд програмного файлу, використовуючи який та дану програму (Statistica) можна здійснювати процес моделювання та прогнозування біомеханічних показників техніки, які характеризують основні елементи технічних дій та спортивного результату на всіх трьох рівнях: узагальненому, груповому та індивідуальному [4].

Важливо зазначити, що отримані результати власних досліджень дозволили створити достатню базу даних, що дає змогу реалізувати відповідний підхід на всіх етапах багаторічної підготовки в чоловіків та жінок, які спеціалізуються у спортивній ходьбі.

Оскільки проблему технічної підготовки розглянуто в системі багаторічного удосконалення, де процес підготовки та моделювання у другій її стадії повинен опиратись на індивідуальні задатки та унікальні особливості технічної та інших сторін підготовленості функціонування моделей передбачало *індивідуальний* рівень. Так, наприклад, змінюючи лише один біомеханічний показник техніки кожного конкретного спортсмена, або декілька, наприклад тих що обумовлюють відповідний фактор, як представлено вище, технологія дозволяє змодельовати та спрогнозувати рівень спортивного результату відповідного спортсмена.

Результати педагогічного експерименту, проведені на матеріалі легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі на етапі максимальної реалізації індивідуальних можливостей, підтвердили ефективність розроблених багатофункціональних біомеханічних моделей основних елементів технічних дій.

Для експериментальних досліджень було сформовано дві групи спортсменів – основну та контрольну, що нараховували по шість чоловіків. За віком спортсменів не було статистично достовірних відмінностей між групами ($p > 0,05$). Зокрема середній вік спортсменів основної групи склав 28,17 років ($S = 4,02$), контрольної – 24,00 років ($S = 6,00$). Рівень спортивних результатів на початок експерименту не відрізнявся: в основній групі становив 1:27:18 ($S = 0:1:41$), в контрольній – 1:27:45 ($S = 0:2:02$) при статистично достовірних відмінностях ($p > 0,05$). За антропометричними даними також не було статистично достовірних відмінностей у спортсменів обох груп ($p > 0,05$), при цьому середні показники довжини та маси тіла відповідно становили: в основній групі – 1,77 м ($S = 0,04$) та 65,00 кг ($S = 4,24$), в контрольній – 1,76 м ($S = 0,04$) та 64,17 кг ($S = 3,25$).

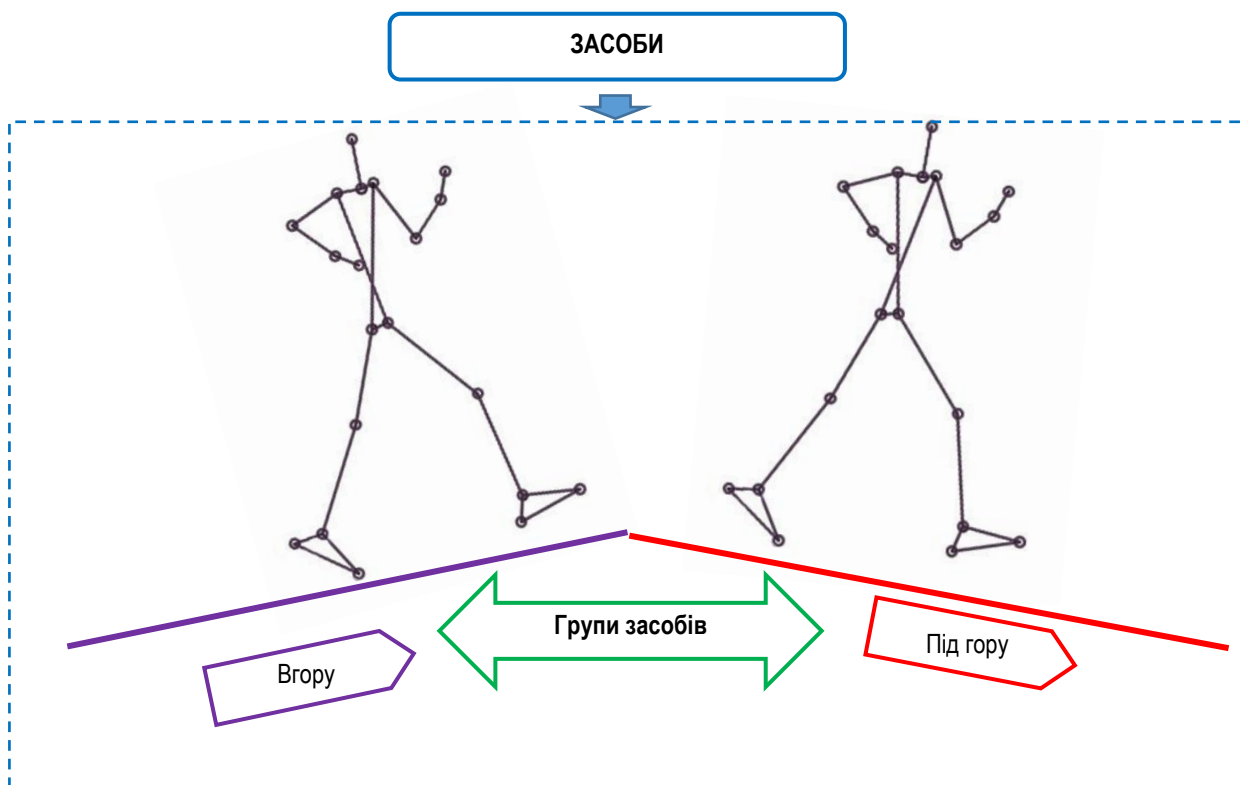
За біомеханічними характеристиками техніки між скороходами основної та контрольної групи до проведення експерименту також не було статистично достовірних відмінностей ($p > 0,05$). При цьому, кожна група була однорідна за рівнем результатів, антропометричними та біомеханічними характеристиками техніки, про що свідчить значення коефіцієнта варіації, що не перевищувало 10 %.

Реалізації експериментальної програми технічної підготовки у спортсменів основної групи відбувалась на етапі підготовки до відбіркових змагань у другому (весняно-літньому) макроциклі річного циклу підготовки протягом шести тижнів.

Авторська методика технічної підготовки, яка була переважно спрямована на покращення рівня результатів за рахунок показника довжини кроків та біомеханічних характеристик, що обумовлюють його збільшення при збереженні показника частоти кроків, полягала у використанні запропонованих засобів протягом шести тижнів на етапі підготовки до відбіркових змагань у другому (весняно-літньому) макроциклі річного циклу підготовки та характеризувалась високою ефективністю [3].

Засоби, що лягли в її основу умовно можна розділити на дві групи. До першої відносяться ті, які виконуються вгору і характеризуються максимальними зусиллями та потребують значного прояву швидкісно-силових здібностей. До другої відносяться, що виконуються під гору та характеризуються переважним проявом швидкісних та координаційних здібностей. Обидві групи вправ умістять основні елементи технічних дій, які притаманні спортивній ходьбі, що в якісних показниках та кількісних їх величинах наведено у розроблених багатофункціональних моделях технічних дій легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі (рисунок 2).

Рисунок 2. Засоби спеціальної технічної підготовки у легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічної підготовки



1. Спортивна ходьба 30–40 м вгору (10–12°) з фіксацією часу з підбіжки 10 м (інтенсивність 98–100 %);
2. Багатоскоки 30–40 м вгору (10–12°) з фіксацією часу з підбіжки 10 м (інтенсивність 98–100 %);
3. «Скачки» 30–40 м вгору (10–12°) з фіксацією часу з підбіжки 10 м (інтенсивність 98–100 %);
4. Спортивна ходьба руки за спиною 30–40 м в гору (10–12°) з фіксацією часу з підбіжки 10 м (інтенсивність 98–100 %);
5. Спортивна ходьба руки за голову 30–40 м вгору (10–12°) з фіксацією часу з підбіжки 10 м (інтенсивність 98–100 %);
6. Спортивна ходьба з закріпленням на зап'ястях та над гомілковостопними суглобами обтяженням (загальна маса 3–4 % від маси тіла спортсмена) 25–30 м вгору (10–12°) з підбіжки 15 м + спортивна ходьба по прямій 25–30 м з фіксацією часу (інтенсивність 98–100 %).

1. Спортивна ходьба 40–50 м під гору (10–12°) з фіксацією часу з підбіжки 10 м (інтенсивність 98–100 %);
2. Багатоскоки 40–50 м під гору (10–12°) з фіксацією часу з підбіжки 10 м (інтенсивність 98–100 %);
3. «Скачки» 40–50 м під гору (10–12°) з фіксацією часу з підбіжки 10 м (інтенсивність 98–100 %);
4. Спортивна ходьба руки за спиною 40–50 м під гору (10–12°) з фіксацією часу з підбіжки 10 м (інтенсивність 98–100 %);
5. Спортивна ходьба руки за голову 40–50 м під гору (10–12°) з фіксацією часу з підбіжки 10 м (інтенсивність 98–100 %);
6. Спортивна ходьба з закріпленням на зап'ястях та над гомілковостопними суглобами обтяженням (загальна маса 3–4 % від маси тіла спортсмена) 25–30 м під гору (10–12°) з підбіжки 15 м + спортивна ходьба по прямій 25–30 м з фіксацією часу (інтенсивність 98–100 %).

Підбираючи орієнтовні засоби спеціальної технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, на основі багатофункціональних моделей технічних дій ми орієнтувались методичні підходи, представлені на рисунку 3

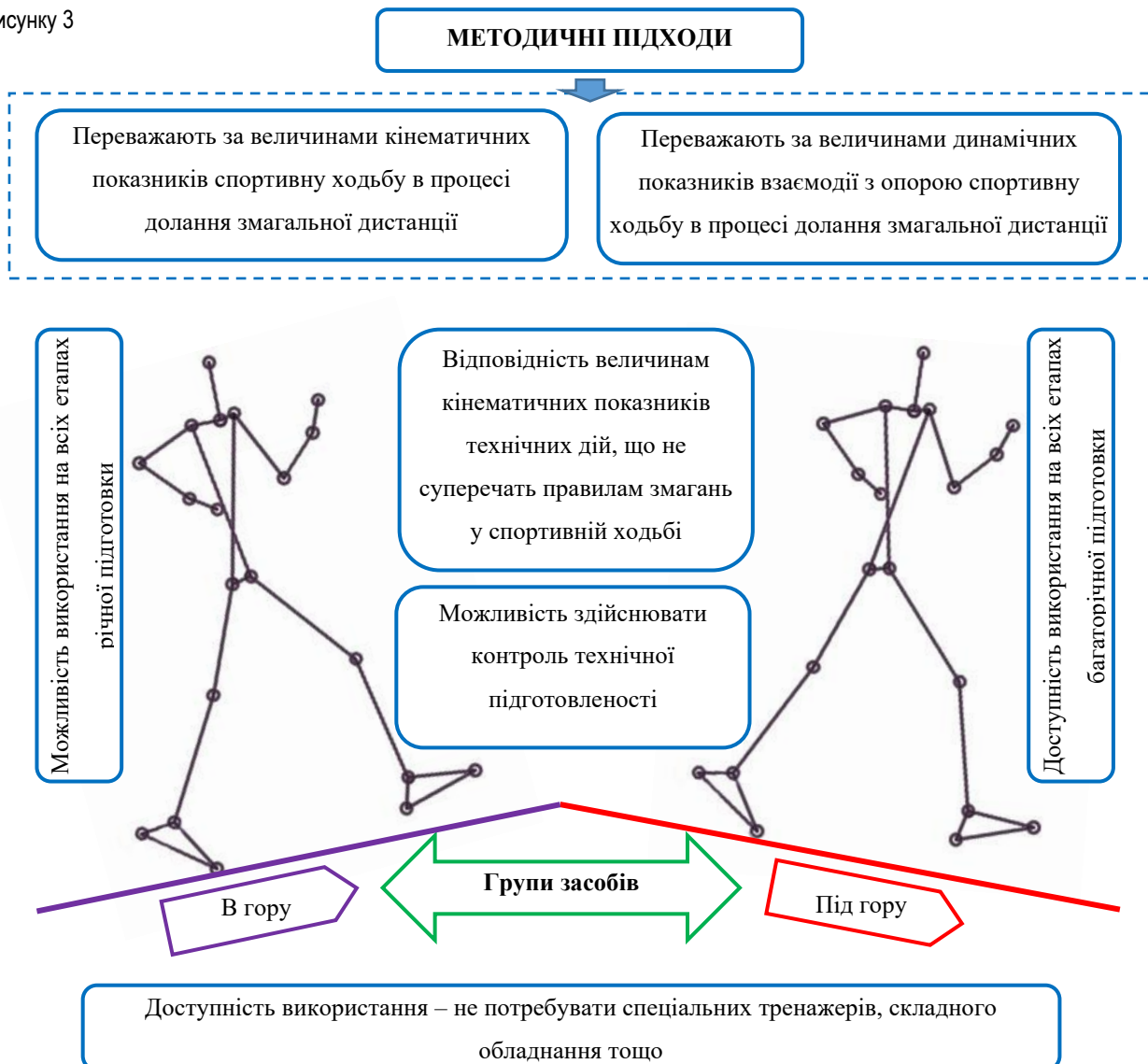


Рисунок 4. Групи засобів спеціальної технічної підготовки та методичні підходи до їх підбору у легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічної підготовки, на основі багатофункціональних моделей технічних дій, що враховують інформативні біомеханічні показники:

- *кінематичні*: 1 – довжина кроку (м); 2 – частота кроків (крок·с⁻¹); 3 – час одиночної опори (с); 4 – швидкість переміщення ЗЦМТ у момент постановки ноги на опору (м·с⁻¹); 5 – швидкість переміщення ЗЦМТ у момент відриву ноги від опори (м·с⁻¹); 6 – амплітуда переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори (м); 7 – амплітуда переміщення кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори (м); 8 – кутова швидкість згинання кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори (рад·с⁻¹); 9 – кутова швидкість розгинання колінного суглоба махової ноги у фазі одиночної опори (рад·с⁻¹); 10 – кутова швидкість згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори (рад·с⁻¹);

- *динамічні*: 11 – результуюча сила реакції опори у фазі одиночної опори (Н); 12 – потужність відштовхування у фазі одиночної опори (Вт);

- інтегральні*: 13 – Ка (коефіцієнт використання антропометричних даних) (ум. од); 14 – Ке – співвідношення потужності до довжини кроку. (ум.од.)

Слід зазначити, що представлені засоби є орієнтовними. При цьому, використовуючи логіку їх підбору, втілену у методичні підходи, якими ми керувались, та методику використання тренер може сам удосконалювати ці засоби або підбирати інші, в залежності від етапу багаторічної підготовки, завдань етапу річної підготовки, статі тощо.

У основній групі наприкінці експерименту відбулось покращення рівня спортивних результатів з 1:27:18 (S = 0:01:41) до 1:23:44 (S = 0:02:07), що склало 4,3 % при статистично достовірних відмінностях (p < 0,05).

Статистично достовірно (p < 0,05) покращились практично всі інформативні біомеханічні показники техніки: довжина кроку на 3,4 % з 1,16 до 1,20 м, час одиночної опори на 3 % з 0,268 до 0,260 с, Ка (коефіцієнт використання антропометричних даних) на 3 % з 0,66 до 0,68, швидкість переміщення ЗЦМТ у момент постановки ноги на опору на 5,5 % з 3,85 до 4,06 м·с⁻¹, швидкість переміщення ЗЦМТ у момент відриву ноги від опори на 3,8 % з 3,98 до 4,13 м·с⁻¹, амплітуда переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори на 11,9 % з 1,01 до 1,13 м, амплітуда переміщення кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори на 7,4 % з 0,95 до 1,02 м, кутова швидкість згинання кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори на 6,9 % з 4,07 до 4,35 рад·с⁻¹, кутова швидкість розгинання колінного суглоба махової ноги у фазі одиночної опори на 8,4 % з 6,75 до 7,32 рад·с⁻¹, кутова швидкість згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори на 6,1 % з 5,55 до 5,89 рад·с⁻¹, результуюча сила реакції опори у фазі одиночної опори на 13,3 % з 1450 до 1643 Н, потужність відштовхування у фазі одиночної опори на 14,5 % з 3904 до 4472 Вт, Ке (співвідношення потужності до довжини кроку) на 7,1 % з 0,70 до 0,75. Покращення показника частоти кроків склало на 0,9 % з 3,30 до 3,33 крок·с⁻¹, при статистично достовірних відмінностях (p > 0,05).

У спортсменів контрольної групи по завершенню експерименту рівень спортивних результатів також покращився з 1:27:45 (S = 0:02:02) до 1:27:32 (S = 0:03:48), що склало 0,3 % при статистично достовірних відмінностях (p > 0,05). При цьому дещо покращились практично всі інформативні біомеханічні показники техніки при цьому статистично достовірних відмінностях не виявлено (p > 0,05).

У спортсменів основної та контрольної груп по завершенню експерименту рівень спортивних результатів значно відрізнявся і склав відповідно 1:23:44 (S = 0:02:07) та 1:27:32 (S = 0:03:48), що склало 4,3 % при статистично достовірних відмінностях (p < 0,05).

Статистично достовірна різниця (p < 0,05) також спостерігалась у покращенні практично всіх інформативних біомеханічних показників техніки у спортсменів основної групи по відношенню до контрольної.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розроблена методологія технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічного удосконалення, що опирається на результати проведених досліджень на теоретичному та емпіричному рівнях.

Метою запропонованої методології технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, стало досягнення високих спортивних результатів при досконалій техніки рухових дій у другій стадії багаторічного удосконалення.

Для досягнення відповідної мети, з урахуванням отриманих теоретичних знань та проведених експериментальних досліджень для, нами сформовано та обґрунтовано відповідно теоретико-методичний та методико-технологічний блоки даної методології.

Основним системотвірним чинником представленої методології став процес моделювання та створення багатофункціональних біомеханічних моделей основних елементів технічних дій легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічного удосконалення з використанням штучних нейронних мереж. В основу цього процесу покладено аналіз техніки виконання змагальної вправи в системі багаторічної підготовки.

Перспективами подальших досліджень є реалізація розробленої методології на практиці підготовки скороходів у першій стадії багаторічної підготовки.

Література

1. Бернштейн Н. А. О ловкости и ее развитии. Москва : Физкультура и спорт, 1991. 288 с.
2. Бобровник В. И. Совершенствование технического мастерства спортсменов высокой квалификации в легкоатлетических соревновательных прыжках : монографія. Київ : Наук. світ, 2005. 322 с.
3. Бобровник В. І., Совенко С. П. Експериментальна перевірка ефективності багатофункціональних біомеханічних моделей основних елементів технічних дій легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у процесі технічної

підготовки. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 15. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)*. 2024. Вип. 10(183). С. 46–60. URL: [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.10\(183\).09](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.10(183).09).

4. Бобровник В., Сovenko С. Моделювання технічних дій легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічної підготовки. *Sport Science Spectrum*. 2024. № 1. С. 4–14. URL: <https://doi.org/10.32782/spectrum/2024-1-2>.

5. Гамалій В. В. Моделирование техники двигательных действий в спорте (на примере ходьбы). *Наука в олимпийском спорте*. 2005. № 2. С. 108–116.

6. Гамалій В. Біомеханічні аспекти раціоналізації процесу навчання рухів у процесі технічної підготовки спортсменів. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту*. 2020. № 2. С. 36–41. URL: <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2020.2.36-41>.

7. Лапутин А. Н., Бобровник В. И. Олимпийскому спорту – высокие технологии. Киев : Знання, 1999. 166 с.

8. Легка атлетика: теорія і методика тренерської діяльності: підручник / за заг. ред.: В. І. Бобровника, С. П. Сovenka, А. В. Колота. Київ : Олімп. літ., 2023. Кн. 1. 712 с. Кн. 2. 608 с.

9. Литвиненко Ю. В. Регуляція пози кваліфікованих спортсменів у різних умовах статодинамічної стійкості тіла : дис. ... доктора наук з фізичного виховання та спорту: 24.00.01. Київ, 2019. 498 с.

10. Матвеев Л. П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов. Киев : Олимпийская литература, 1999. 320 с.

11. Матвеев Л. П. Основы спортивной тренировки. Москва : Физкультура и спорт, 1977. 280 с.

12. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения : учебник для тренеров. Киев : Олимпийская литература, 2015. Кн. 1. 680 с; Кн. 2. 752.

13. Хуртик Д., Хмельницкая И., Смирнова З. Моделирование технических действий лыжников–гонщиков высокой квалификации. *Наука в олимпийском спорте*. 2019. № 2. С. 55–62.

14. A three-dimensional kinematic analysis of walking speed on world elite women's 20-km walking races using an inverted pendulum model / K. Hoga-Miura et al. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*. 2020. Vol. 179, no. 1-2. URL: <https://doi.org/10.23736/s0393-3660.18.04009-3>.

15. Bompa T. O., Haff G. G. Periodisation: theory and methodology of training. Champaign : Human Kinetics, 2009. 411 p.

16. Damilano S. Liu Hong season 2015 – Training. <http://www.marciadalmondo.com>. URL: <http://www.marciadalmondo.com/admin/pdf/allenamenti/26112015239Liu%20Hong%20-%20Season%202015.pdf>.

17. Designing a prediction model for athlete's sports performance using neural network / H. Zhao et al. *Soft Computing*. 2023. Vol. 27, no. 19. P. 14379–14395. URL: <https://doi.org/10.1007/s00500-023-09091-y>.

18. Drake A. The training methods of Olympic Champion Ivano Brugnetti and Italian race walkers. *The Coach*. 2005. Vol. 27. P. 55–61.

19. Hall S. J. Basic Biomechanics. McGraw-Hill, 2011. 538 p.

20. Hanley B. Biomechanical analysis of elite race walking : A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of Leeds Metropolitan University for the degree of Doctor of Philosophy. 2014. 303 p.

21. Hanley B., Bissas A. Analysis of lower limb work-energy patterns in world-class race walkers. *Journal of Sports Sciences*. 2016. Vol. 35, no. 10. P. 960–966. URL: <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1206662>.

22. Kinetic analysis of the function of the upper body for elite race walkers during official men 20 km walking race / K. Hoga-Miura et al. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2016. Vol. 56, no. 10. P. 1147–1155.

23. McGinnis P. M. Biomechanics of Sport and Exercise. 3rd ed. Human Kinetics, 2013. 460 p.

24. Neural network modelling of diagonal stride technique of highly qualified skiers with hearing impairments / Y. Imas et al. *Journal of Physical Education and Sport*. 2018. Supplement issue 2. P. 1217–1222. URL: <https://doi.org/10.7752/jpes.2018.s2181>.

25. Reconstruction of walking motion without flight phase by using computer simulation on the world elite 20 km female race walkers during official race / K. Hoga-Miura et al. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*. 2022. Vol. 181, no. 5. URL: <https://doi.org/10.23736/s0393-3660.20.04504-0>.

26. Tucker C. B., Hanley B. Increases in speed do not change gait symmetry or variability in world-class race walkers. *Journal of Sports Sciences*. 2020. Vol. 38, no. 24. P. 2758–2764. URL: <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1798730>.

27. Wang J. Analysis of Sports Performance Prediction Model Based on GA-BP Neural Network Algorithm. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2021. Vol. 2021. P. 1–12. URL: <https://doi.org/10.1155/2021/4091821>.

References

1. Bernstein, N. A. (1991). On agility and its development. Moscow: Fizkultura i sport.
2. Bobrovnik, V. I. (2005). Technical skill improvement of highly skilled athletes in track and field jumps: monograph. Kiev: Nauk. Svit. [in Ukraine].
3. Bobrovnyk, V., & Sovenko, S. (2024). Experimental verification of multifunctional biomechanical models effectiveness regarding main elements of technical actions, applied by track and field athletes specialized in sports walking, in the process of their technical training. *Scientific Journal of National Pedagogical Dragomanov University Series 15 Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sports)*, 10(183), 46–60. [https://doi.org/10.31392/udu-nc.series15.2024.10\(183\).09](https://doi.org/10.31392/udu-nc.series15.2024.10(183).09)
4. Bobrovnyk, V., & Sovenko, S. (2024). Modelling of the technical actions of track and field athletes specializing in race walking in the system of long-term preparation. *Sport Science Spectrum*, (1), 4–14. <https://doi.org/10.32782/spectrum/2024-1-2>

5. Gamaliy, V. V. (2005). Modeling the technique of motor actions in sports (for example, walking). *Science in Olympic Sport*, (2), 108–116.
6. Gamaliy, V. (2020). Biomechanical aspects of rationalization of the movement learning process during technical training of athletes. *Theory and Methods of Physical Education and Sports*, (2), 36–41. <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2020.2.36-41>
7. Laputin, A. N., & Bobrovnik, V. I. (1999). High technologies for the Olympic sport. Kiev: Znannia. [in Ukraine].
8. Bobrovnyk, V. I., Sovenko, S. P., & Kolot, A. V. (Eds.). (2023). Athletics: theory and methodology of training activity: textbook. Kyiv : Olympic literature.
9. Lytvynenko, Y. V. (2019). Regulation of skilled athletes posture in different conditions of statodynamic stability of the body: dissertation of Doctor of Science in Physical Education and Sports: 24.00.01. Kyiv.
10. Matveev, L. P. (1999). Fundamentals of the general theory of sports and the system of athletes preparation. Kyiv: Olympic literature. [in Ukraine].
11. Matveev, L. P. (1977). Fundamentals of sports training. Moscow: Fizkultura i sport.
12. Platonov, V. N. (2015). System of athletes' preparation in the Olympic sport. General theory and its practical applications: textbook [for coaches]. Kiev: Olympic Literature Publishing House. [in Ukraine].
13. Khurtyk, D., Khmel'nitska, I., & Smirnova, Z. (2019). Modeling technical actions of elite crosscountry skiers. *Science in Olympic Sport*, (2), 55–62.
14. Hoga-Miura, K., Hirokawa, R., Sugita, M., Enomoto, Y., Kadono, H., & Suzuki, Y. (2020). A three-dimensional kinematic analysis of walking speed on world elite women's 20-km walking races using an inverted pendulum model. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*, 179(1-2). <https://doi.org/10.23736/s0393-3660.18.04009-3>
15. Bompas, T. O., & Haff, G. G. (2009). Periodisation: theory and methodology of training. Champaign : Human Kinetics.
16. Damilano, S. (2015). Liu Hong season 2015 – Training. <http://www.marciadalmondo.com>. <http://www.marciadalmondo.com/admin/pdf/allenamenti/26112015239Liu%20Hong%20-%20Season%202015.pdf>.
17. Zhao, H., Li, W., Gan, L., & Wang, S. (2023). Designing a prediction model for athlete's sports performance using neural network. *Soft Computing*, 27(19), 14379–14395. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-09091-y>
18. Drake, A. (2005). The training methods of Olympic Champion Ivano Brugnetti and Italian race walkers. *The Coach*, 27, 55–61.
19. Hall, S. J. (2011). Basic Biomechanics. McGraw-Hill.
20. Hanley, B. (2014). Biomechanical analysis of elite race walking : A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of Leeds Metropolitan University for the degree of Doctor of Philosophy.
21. Hanley, B., & Bissas, A. (2016). Analysis of lower limb work-energy patterns in world-class race walkers. *Journal of Sports Sciences*, 35(10), 960–966. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1206662>
22. Hoga-Miura, K., Ae, M., Fujii, N., & Yokozawa, T. (2016). Kinetic analysis of the function of the upper body for elite race walkers during official men 20 km walking race. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(10), 1147–1155.
23. McGinnis, P. M. (2013). Biomechanics of Sport and Exercise. 3rd ed. Human Kinetics.
24. Imas, Y., Khmel'nitska, I., Khurtyk, D., Korobeynikov, G., Spivak, M., & Kovtun, V. (2018). Neural network modelling of diagonal stride technique of highly qualified skiers with hearing impairments. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(Supplement issue 2), 1217–1222. <https://doi.org/10.7752/jpes.2018.s2181>
25. Hoga-Miura, K., Hirokawa, R., Sugita, M., Enomoto, Y., Kadono, H., & Suzuki, Y. (2022). Reconstruction of walking motion without flight phase by using computer simulation on the world elite 20 km female race walkers during official race. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*, 181(5). <https://doi.org/10.23736/s0393-3660.20.04504-0>
26. Tucker, C. B., & Hanley, B. (2020). Increases in speed do not change gait symmetry or variability in world-class race walkers. *Journal of Sports Sciences*, 38(24), 2758–2764. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1798730>
27. Wang, J. (2021). Analysis of Sports Performance Prediction Model Based on GA-BP Neural Network Algorithm. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2021, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2021/4091821>