

ОСОБЛИВОСТІ ДОЛАННЯ ДИСТАНЦІЇ 4 КМ В ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПЕРЕГОНАХ З УРАХУВАННЯМ ПОТУЖНОСТІ ПЕДАЛЮВАННЯ ВИСОКОВАЛІФІКОВАНИХ ВЕЛОСИПЕДИСТІВ І ГЕОМЕТРІЇ ПОЛОТНА ВЕЛОТРЕКІВ

Роман ГЛАДИШ¹, Богдан ВІНОГРАДСЬКИЙ²

^{1,2} Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, м. Львів, Україна

FEATURES OF COVERING THE 4000 M DISTANCE BY HIGHLY QUALIFIED CYCLISTS IN INDIVIDUAL PURSUIT RACES, TAKING INTO ACCOUNT PEDALING POWER AND THE TRACK GEOMETRY

Roman GLADYSH¹, Bogdan VYNOGRADSKYI²

^{1,2} Ivan Boberskyi Lviv State University of Physical Culture, Lviv, Ukraine

Анотація.

У статті проведено дослідження потужності педалювання велосипедистів-трековиків в індивідуальних перегонях на 4 км залежно від особливостей конструкції полотна двох різних велодромів. Проаналізовано наукові джерела останніх років, що висвітлюють результати досліджень у цьому напрямі. Виявлено брак інформації про вплив конструкції полотна велодрому на результати в індивідуальних перегонях на 4 км.

Мета – охарактеризувати зміни в потужності педалювання велосипедиста під час проходження дистанції в індивідуальних перегонях на 4 км на двох конструкційно різних велотреках: на львівському велотреку СКА й велотреку в місті Апелдорні (Нідерланди).

Матеріали й методи. Основним інструментальним засобом вимірювання був прилад для контролю потужності педалювання Power meter FAVERO ASSIOMA DUO. Дослідження проведено під час змагань Кубка України, який проходив у місті Львові на велотреку СКА, і чемпіонату Європи в мі-

Abstract.

The article investigates the pedaling power of track cyclists in individual 4-kilometer pursuit races, depending on the features of the structure of the coating of two velodromes. Literary sources of research conducted in this direction in recent years have been analyzed. We encountered a lack of information on the effect of velodrome coating design on performance in individual 4-kilometer pursuit events.

The method of this work was to characterize the changes in pedaling power during the distance covered by a cyclist in an individual 4000 m pursuit race. On two structurally different cycle tracks at the Lviv SKA cycle track and the cycle track in the city of Apeldoorn (Netherlands).

Materials and methods that were used during the research was a device for measuring pedaling power Power meter FAVERO ASSIOMA DUO. The study was conducted during the Ukrainian Cup held in Lviv on the SKA cycling track and the European Championship in Apeldoorn (Netherlands). We investigated the pedaling power of a cyclist during a 4-kilometer

сті Апелдорні (Нідерланди). Досліджено потужність педалювання велосипедиста під час проходження дистанції в індивідуальних перегонах на 4 км.

За результатами дослідження визначено, що геометрія львівського велотреку є складною для проходження дистанції в індивідуальних перегонах на 4 км. На цьому велотреку важко утримувати однакову потужність упродовж усієї дистанції, робота спортсмена не рівномірна.

На велотреку в м. Апелдорні (Нідерланди) долаття дистанції перегонів рівномірніше завдяки пологішому й довшому віражу, що робить проходження дистанції для велосипедиста простішим з огляду на менший перепад потужності педалювання.

Висновок. Установлено суттєві відмінності потужності педалювання на різних велотреках. Визначено потужність педалювання на прямих ділянках і віражах львівського велотреку й велотреку в місті Апелдорні (Нідерланди) під час індивідуального переслідування на 4 км.

Ключові слова: велосипедний спорт, велотрек, потужність педалювання, індивідуальні перегони 4 км.

individual pursuit race.

Conclusions. Significant differences in pedaling power on different cycling tracks have been established. The power of pedaling on straight sections and expressions of the Lviv cycle track during individual pursuit races at 4000 m and on the cycle track in the city of Apeldoorn (Netherlands) was determined.

Keywords : cycling, track cycling, pedaling power, individual pursuit race 4 kilometers.

Вступ. В Україні функціонує один критий велотрек у м. Львові, побудований у 1978–1979 роках. За технічними характеристиками велотрек відрізняється від усіх європейських і світових велодромів насамперед шириною полотна, довжиною і нахилом віражів, який становить 47 градусів, і довжиною прямих, що вносить значні корективи в процес підготовки до змагань та специфіку перегонів на цьому треку.

Моделювання використовували для оцінювання продуктивності роботи спортсменів у різних дисциплінах велоспорту. Розроблено кілька моделей для їзди на велосипеді, щоб допомогти спортсменам і тренерам будувати процес підготовки, а також прогнозувати швидкість і потужність педалювання для кожного конкретного сценарію перегонів [2, 7]. Точність і похибку деяких із цих моделей вивчали С. González-Haro, Р. А. Galilea та J. F. Escanero [9], які зробили висновок, що модель, яку розробили

Олдс та інші, не була досконалою і мала деякі неточності [7]. Цю модель дослідження розробили для шосейного велосипеда, не враховуючи нахил у віражах на велотреках. Моделі, що беруть до уваги особливості велотреку, створили R. Lukes, M. Carre та S. Naake [10] і J. C. Martin та ін. [12].

Перемога й поразка в індивідуальних перегонах на велотреку часто зумовлені різницею в мілісекундах, а регулювання вихідної потужності спортсмена – важливий чинник продуктивності й результату змагань [14].

Саме тому виникає потреба враховувати відмінності геометрії велодромів різних конструкцій і їхньої будови й потужність педалювання, що також допомагає вносити важливі корективи в підготовчий процес велосипедистів-трековиків.

На підставі цих даних можна моделювати майбутній заїзд на основних змаганнях на основі показників хронометражу й потужності педалювання. Завдяки відносно

постійним умовам у закритих велотреках, незначному впливу зовнішніх чинників можна достатньо точно спрогнозувати тактику проходження дистанції [2].

Численні дослідження потужності педалювання велосипедистів свідчать про актуальність вивчення геометрії кожного окремого велотреку, оскільки результати у велосипедному спорті на треку досягли вже свого максимуму з огляду на ступінь залучення практично всіх фізіологічних ресурсів. Виникає нагальна потреба в пошуку нових напрямів удосконалення тактичної підготовленості велосипедистів-трековиків.

Особливість дослідження полягає в тому, що вивчено поточну потужність педалювання велосипедиста на кожному відрізку дистанції впродовж індивідуальних перегонів на 4 км.

Мета роботи – охарактеризувати зміни в поточній потужності педалювання велосипедиста під час проходження дистанції в індивідуальних перегонах на 4 км на двох конструкційно різних велотреках: на львівському велотреку СКА й велотреку в м. Апелдорні (Нідерланди).

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз літературних джерел і виявити недостатньо досліджені питання підготовки велосипедистів з урахуванням геометрії велотреків.

2. Дослідити зміни показників потужності педалювання велосипедиста під час проходження дистанції 4 км в індивідуальних перегонах на львівському велотреку СКА.

3. Установити зміни величин потужності педалювання велосипедиста під час проходження дистанції 4 км в індивідуальних перегонах на велотреку в м. Апелдорні (Нідерланди).

Матеріали й методи. Основним інструментальним методом контролю потужності педалювання вибрано прилад Power meter FAVERO ASSIOMA DUO. Дослідження проведено під час Кубка України, який проходив у м. Львові на велотреку СКА, та чемпіонату Європи в м. Апелдорні. Досліджено потужність педалювання велосипедиста під час проходження дистанції в індивідуальних перегонах на 4 км. Час проходження дистанції становив 4 хв 27 с. Спортсмени використовували шестірні для передавального числа 56х15 зубів. Дистанція складалася з 16 кіл. Для аналізу поточної потужності педалювання коло розділили на чотири частини (пряма, віраж, пряма, віраж) (рис. 1).

Установлено величину потужності педалювання на кожному відрізку велотреку. У табл. 1 зведено дані про потужність педалювання.

Результати дослідження. Відомо, що на енерговитрати під час руху велосипедиста

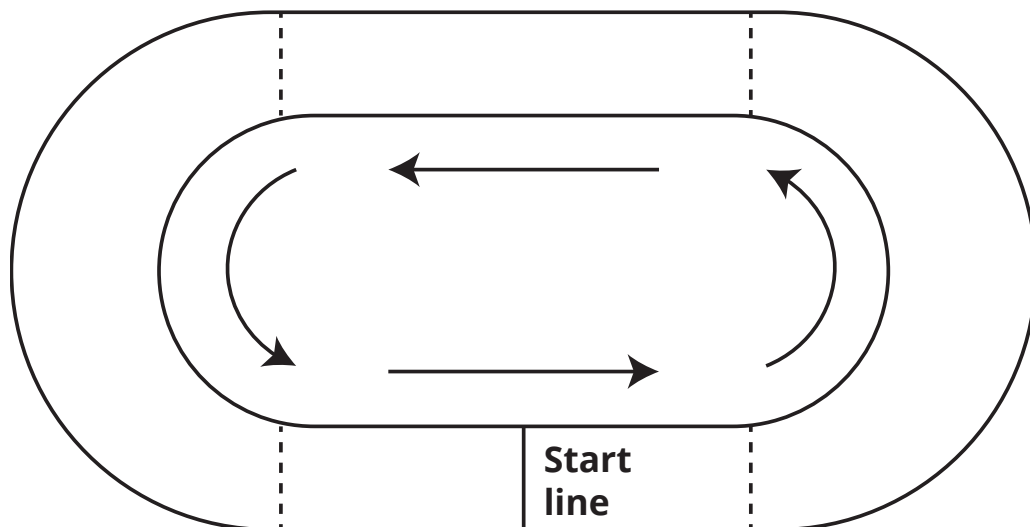


Рис. 1. Схема типового велотреку

із заданою швидкістю впливають довжина й маса його тіла, висота посадки, тип й аеродинамічні характеристики велосипеда та опір коченню коліс. Моделювання цих чинників широко застосовують учені під час досліджень. Одні автори переважно досліджували аеродинамічні характеристики, інші орієнтувалися на вивчення фізіологічних характеристик велосипедиста [4, 7, 14]. Саме через запровадження портативних кривошипно-шатунних динамометрів, призначених для безпосереднього прямого вимірювання потужності й робочого навантаження, їзда на велосипеді

стала більш контрольованою, що значно полегшило процеси керування підготовкою велосипедистів. У м. Львові велотрек має специфічну будову, що відображається на потужності педалювання. Із табл. 1 і рис. 2 видно, що потужність педалювання спортсмена суттєво змінюється залежно від ділянки дистанції (пряма чи віраж). Такі стрибки потужності педалювання не завжди позитивно впливають на результат у перегонах [2, 9].

Таблиця 1

Середні значення потужності педалювання на кожній частині велотреку, м. Львів (Україна) Основні показники дослідних груп ($M \pm m$)

ВІДРІЗОК ДИСТАНЦІЇ	ПОТУЖНІСТЬ, Вт	ВІДРІЗОК ДИСТАНЦІЇ	ПОТУЖНІСТЬ, Вт
Коло 1		Коло 9	
1 пряма	1158	33 пряма	665
2 віраж	976	34 віраж	387
3 пряма	780	35 пряма	654
4 віраж	439	36 віраж	400
Коло 2		Коло 10	
5 пряма	630	37 пряма	670
6 віраж	421	38 віраж	421м
7 пряма	645	39 пряма	659
8 віраж	386	40 віраж	412

Коло 3		Коло 11	
9 пряма	634	41 пряма	634
10 віраж	377	42 віраж	401
11 пряма	642	43 пряма	644
12 віраж	357	44 віраж	399
Коло 4		Коло 12	
13 пряма	633	45 пряма	650
14 віраж	360	46 віраж	379
15 пряма	622	47 пряма	643
16 віраж	379	48 віраж	389
Коло 5		Коло 13	
17 пряма	651	49 пряма	632
18 віраж	388	50 віраж	402
19 пряма	601	51 пряма	645
20 віраж	379	52 віраж	390
Коло 6		Коло 14	
21 пряма	654	53 пряма	634
22 віраж	401	54 віраж	421
23 пряма	622	55 пряма	622
24 віраж	401	56 віраж	361

Коло 7		Коло 15	
25 пряма	621	57 пряма	604
26 віраж	336	58 віраж	339
27 пряма	589	59 пряма	599
28 віраж	322	60 віраж	341
Коло 8		Коло 16	
29 пряма	601	61 пряма	589
30 віраж	377	62 віраж	325
31 пряма	597	63 пряма	598
32 віраж	402	64 віраж	399

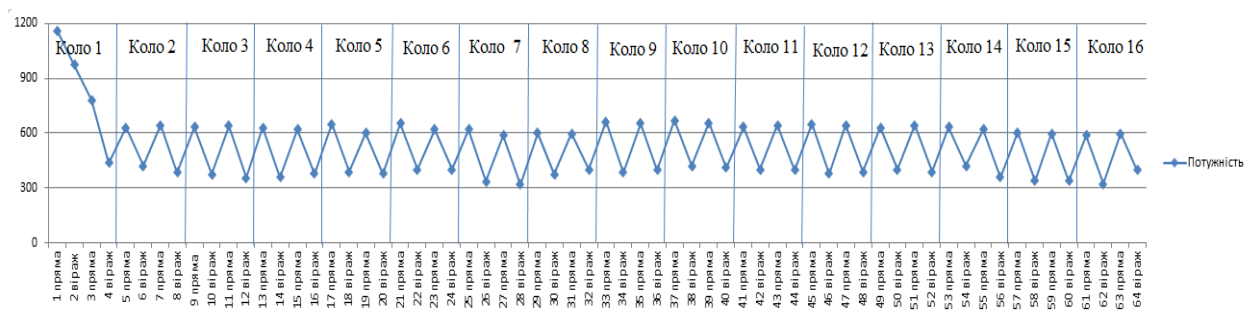


Рис. 2. Середня потужність педалювання на велотреку в м. Апелдорні

Обговорення результатів дослідження. Під час будівництва олімпійського велодрому в Лондоні головний архітектор Рон Вебб навів кілька важливих тез щодо геометрії полотна велодромів:

- прямі не короткі, але віражі гарні й довгі;
- найважливішою частиною велотреку для велосипедиста-перегонця є виїзд із віража на пряму;
- увесь секрет велотреку насправді полягає в тому, як він виходить із віражів, і в тому, як вони переходять на пряму;
- що ширший віраж, то він красивіший [8].

Специфічність структури проходження дистанції в індивідуальних перегонах на

4 км полягає в багатокомпонентному складі. Велосипедні перегони на час складаються зі стартового, дистанційного й фінішного блоків. Для кожної дисципліни велосипедного спорту склад виокремлених компонентів змагальної діяльності має додаткові відмінності, пов'язані зі специфікою енергетичного забезпечення організму й координацією рухів спортсмена [7, 14, 12].

У багатьох роботах учених представлено дослідження про вплив геометрії велодрому на швидкість проходження дистанції, прискорення, кут нахилу велотреку й потребу в потужності педалювання велосипедистів [7, 3, 5].

Окрім того, було розроблено моделі оптимального долавання дистанції в індивідуальних перегонах на 4 км. Для моделі потрібні різні вхідні дані: потужність педалювання велосипедиста, атмосферні умови, властивості шин, геометрія велодрому, аеродинамічні властивості та характеристики велосипеда й спортсмена. Вивчення результатів цих досліджень демонструє, що наявні три фундаментальні принципи для перегонів на треку: 1) аеродинамічний опір є визначальним; 2) велосипед прискорюється на віражах і сповільнюється на прямих; 3) опір коченню збільшується на віражах унаслідок відцентрової сили [8, 14, 7, 5].

У попередніх дослідженнях встановлено, що спортивний результат в індивідуальних перегонах на 4 км залежить від середньої швидкості проходження дистанції [7].

Саме тому метою було дослідити проходження дистанції в індивідуальних перегонах на 4 км на різних за будовою велотреках. За результатами дослідження визначено, що геометрія львівського велотреку складна для проходження дистанції в індивідуальних перегонах на 4 км. На цьому велотреку важко утримувати однакову потужність упродовж усієї дистанції, робота спортсмена не рівномірна, про що свідчать дані, наведені в таблицях і рисунках. Для деяких спортсменів зміна потужності педалювання упродовж одного кола в межах 210–250 Вт робить проходження дистанції надзвичайно важким.

На велотреку в м. Апелдорні проходження дистанції перегонів рівномірніше: завдяки пологішому й довшому віражу велосипедист долає дистанцію з меншим перепадом потужності педалювання, про що свідчать наші дані. Перепад потужності педалювання, залежно від прямої чи віражу, становить 150 Вт, що спрощує проходження дистанції в індивідуальному переслідуванні на 4 км.

Наші висновки можуть позитивно вплинути на процес і результат в індивідуальних перегонах на 4 км. Ці дані можуть використовувати тренери для створення адекватної часової моделі проходження дистанції перегонів на основі даних про функціональний стан велосипедиста й даних про специфіку геометрії велотреку, на якому відбуватимуться змагання.

Висновок. Аналіз спеціальної літератури та джерел мережі «Інтернет» свідчить про нестачу відомостей про методичні підходи, спрямовані на реалізацію підготовки велосипедистів до змагань з урахуванням будови й геометрії велотреків.

Установлено суттєві відмінності в показниках потужності педалювання на різних велотреках. Визначено потужність педалювання на прямих ділянках і віражах львівського велотреку під час індивідуальних перегонів на 4 км. Установлено, що потужність педалювання під час проходження дистанції суттєво змінюється внаслідок специфічної геометрії велотреку (круті короткі віражі й довгі прямі), що утруднює велосипедистам долавання дистанції.

Визначено потужність педалювання на прямих ділянках і віражах велотреку в м. Апелдорні під час індивідуальних перегонів на 4 км. Дослідження засвідчило, що на цьому велотреку у зв'язку з круглішим полотном (короткі прямі й довгі віражі) зміни в потужності не такі суттєві, як порівняти з львівським велотреком. Величина потужності педалювання змінюється плавніше й рівномірніше, що полегшує проходження дистанції велосипедистам.

Результати дослідження рекомендуємо враховувати тренерам під час планування підготовки до змагань і спортсменам під час планування проходження дистанції індивідуальних перегонів. Урахування геометрії велотреків може дати значний поштовх до підвищення результатів спортсменів в індивідуальних перегонах на 4 км.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Bos, L., Slawinski, M. A., Slawinski, R. A., & Stanoev, T. (2024). Modelling of a cyclist's power for time trials on a velodrome. *Sports Engineering*, 27, 9. <https://doi.org/10.1007/s12283-024-00451-x>
2. Broker, J. P., Kyle, C. R., & Burke, E. R. (1999). Racing cyclist power requirements in the 4000-m individual and team pursuits. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(11), 1677. <https://doi.org/10.1097/00005768-199911000-00026>
3. Caddy, O., Fitton, W., Symons, D., Purnell, A., & Gordon, D. (2016c). The effects of forward rotation of posture on computer-simulated 4-km track cycling: Implications of union cycliste internationale rule 1.3.013. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 231(1), 3–13. <https://doi.org/10.1177/1754337115619306>
4. Carnevale, T. J., & Gaesser, G. A. (1991). Effects of pedaling speed on the power-duration relationship for high-intensity exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(2), 242–246. <https://doi.org/10.1249/00005768-199102000-00016Shaun>
5. Cheng, J.-c., Du, X.-y., Shi, J.-j., Zhang, Y.-l., & Li, F. (2011). Optimization of superelevation runoff model for cycling tracks. *Journal of Central South University*, 18, 587–592. <https://doi.org/10.1007/s11771-011-0735-1>
6. Craig, N. P. & Norton, K. I. (2001) Characteristics of Track Cycling. *Sports Medicine*, 31 (7), 457–468. DOI: 10.2165/00007256-200131070-00001
7. Fitzgerald, S., Kelso, R., Grimshaw, P., & Warr, A. (2021). Impact of transition design on the accuracy of velodrome models. *Sports Engineering*, 24, 23. <https://doi.org/10.1007/s12283-021-00360-3>
8. Gladstone, H. (2011). Making tracks: building the Olympic velodrome. <https://www.cyclingweekly.com/news/making-tracks-building-the-olympic-velodrome-53916>.
9. González-Haro, C., Galilea, P. A., & Escanero, J. F. (2008). Comparison of different theoretical models estimating peak power output and maximal oxygen uptake in trained and elite triathletes and endurance cyclists in the velodrome. *Journal of Sports Sciences*, 26(6), 591–601. <https://doi.org/10.1080/02640410701646245>
10. Lukes, R., Carre, M., Haake, S. (2006) Track cycling: an analytical model. *Eng Sport*, 6, 115–120. https://doi.org/10.1007/978-0-387-46050-5_21
11. Lukes, R., Hart, J., & Haake, S. (2012b). An analytical model for track cycling. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 226(2), 143–151. <https://doi.org/10.1177/1754337111433242>
12. Martin, J. C., Gardner, A. S., Barras, M., & Martin, D. T. (2006). Modeling sprint cycling using field-derived parameters and forward integration. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(3), 592–597. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000193560.34022.04>
13. Solarczyk, M. T. (2020). Geometry of cycling track. *Budownictwo i Architektura*, 19(2), 111–120. <https://doi.org/10.35784/bud-arch.1621>
14. Underwood, L., & Jermy, M. (2014). Determining optimal pacing strategy for the track cycling individual pursuit event with a fixed energy mathematical model. *Sports Engineering*, 17, 4, 183–196. <https://doi.org/10.1007/s12283-014-0153-3>
15. Union Cycliste Internationale (2020). UCI Cycling Regulations: Part III: Track Races. Version 12.06.2020. <https://www.uci.org/inside-uci/constitutions-regulations/regulations>.

Стаття надійшла до редколегії 29.09.2024

Прийнята до друку 27.11.2024

Підписана до друку 27.12.2024

Роман Гладіш
 ORCID iD: 0009-0006-5147-3424
 email : roma.gladys95@gmail.com
Богдан Виноградський
 ORCID iD: 0000-0002-4417-2811
 email : bvynohrad@ukr.net