

МОДЕЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТИВІЗАЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНІКИ ПЛАВАННЯ

Горев Юрій, Довганик Микола

Львівський національний університет ім. І.Франка

Анотації:

Відомо, що одним із напрямків діяльності дослідників науки в галузі спорту є пошук шляхів інтенсифікації підготовки спортсменів. Одним з основних чинників є підвищення технічної підготовки спортсмена, яка вимагає об'єктивізації в оцінці. В даній роботі пропонується один з інструментів об'єктивізації оцінки техніки плавання з врахуванням законів гідродинаміки.

Searching the ways of intensification of swim science is one of directions in researches of sports' swimming. A researches of technical skills needs to be objectified. In our work we have proposed one of the tools of this, that takes account of hydrodynamic laws.

Известно, что одним из направлений деятельности специалистов в области спортивной науки – поиск путей интенсификации подготовки спортсменов. Одним из основных направлений – повышение технической подготовленности спортсмена, в оценки которой необходима объективизация. В данной работе предлагается один из инструментов объективизации оценки техники плавания с учетом законов гидродинамики.

Ключові слова:

техніка плавання, гідродинаміка, об'єктивізація оцінки техніки плавання.

swimming skills, hydrodynamic, objectify of marks technical skills swimming.

техника плавания, гидродинамика, объективизация оценки техники плавания.

Постановка проблеми. В оцінці техніки плавання широкого розповсюдження серед спеціалістів набула експертна її оцінка. Методика експертної оцінки має суттєву суб'єктивну сторону. Вона залежить від якості розробленої оціночної шкали, підбору фахівців в проведенні тестування, від їх досвіду, суб'єктивного сприйняття ними тих чи інших деталей техніки спортсмена, що тестується. Тому у практиці спорту визріла необхідність знайти методи більш надійної об'єктивної оцінки ефективності техніки плавання.

Зв'язок з науковими завданнями дослідження. Робота, що пропонується, є частиною загальної наукової теми: “Система контролю за параметрами техніко-тактичної підготованості кваліфікованих спортсменів” кафедри фізичного виховання Львівського національного університету ім.І.Франка.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. Як один із шляхів об'єктивізації оцінки техніки спортивного плавання є розробки Парфьонова В.А., Платонова В.Н. (1979), які запропонували визначати ефективність реалізації силових можливостей спортсмена за коефіцієнтом використання його силових можливостей (КВСМ), тобто співвідношенням сили тяги, яку показує спортсмен у воді, до сили спортсмена в основній фазі гребка, яку можна заміряти з використанням ізокінетичного динамографа за формулою(1).

$$КВСМ = \frac{F_B}{F_i} \quad (1)$$

де F_B – показник сили тяги, яку спортсмен показував у воді на прив'язі до динамометра, F_i – показник ізокінетичної сили спортсмена, яку він демонструє в основній фазі гребка.

II. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

Слід відзначити дослідження Кочергина А.Б. (2012), який запропонував враховувати циклові коливання швидкості за енергетичною характеристикою техніки спортивного плавання спортсмена. Для розрахунку цього показника він запропонував формулу (2).

$$K = V_{\max}^2 / (V_{\max}^2 - V_{\min}^2), \quad (2)$$

де K – коефіцієнт енергетичної характеристики; V_{\max} – максимальна швидкість пропливання спортсмена за визначений період, або на певній дистанції; V_{\min} – мінімальна швидкість плавця за цей же період. Для визначення V_{\max} і V_{\min} дослідник використовував датчик-випромінювач ультразвуку, який встановлювався на тіло плавця. Замір швидкості плавання спортсмена визначався за допомогою гідрофона.

Така методика за його ствердженням дозволяє визначати зайві витрати енергії при коливанні швидкості плавання. Але, на нашу думку, така методика не дає повне уявлення про ефективність техніки плавання, так як це тільки один з багатьох чинників, які впливають на ефективність рухів плавця. Ця методика також не дозволяє визначити ефективність рухів кінцівок, а також не дозволяє визначити вплив на ефективність техніки плавання різних положень та рухів тіла у воді.

Дещо іншу методику оцінки техніки спортивного плавання запропонували Погребной А.И., Костюк Ю.И., Кушнir Г.В., Гринев В.Т. (1988). На їх думку оцінювати потрібно за довжиною кроку при виконанні п'яти циклів на швидкості (формула 3).

$$V = \frac{S}{5t_{\text{ц}}}; \quad t_{\text{ц}} = \frac{5t_{\text{п}}}{5}$$

$$L = V * t_{\text{ц}}; \quad (3),$$

де S – відстань тестового відрізка в м; V – швидкість руху плавця в м/с; L – крок плавця в м (тобто – відстань, яку пропливає спортсмен за один цикл); $5t_{\text{ц}}$ – час п'яти циклів в сек.; $t_{\text{ц}}$ – час одного циклу.

Ми зауважили, що всі ці розрахунки можуть бути зведені до формули (4).

$$L = S_5 / 5, \quad (4)$$

де S_5 – це відстань, яку пропливає плавець, виконавши 5 циклових рухів. При цьому враховується саме 5 циклів рухів плавця руками в плаванні кролем, тому що один цикл може бути недостатньо точним, так як на результат якого може впливати як помилка в розрахунках дослідника, так і випадкові дрібні помилки самого спортсмена. В той же час як результати, які спортсмен виконав за 5 циклів достатньо, щоб на техніку рухів не повпливали інші перешкоди (наприклад, втома, якщо виконувати вправу на максимальній швидкості більш тривалий час, а також неточні рухи плавця).

Ряд дослідників [5] виявили туж саму позицію, пропонуючи аналогічний спосіб визначення ефективності техніки плавця. Вони пропонують вираховувати цей показник за дистанцією, що поділена на певну кількість циклів, котрі плавець виконав для її подолання (формула 5).

$$L = S / n, \quad (5)$$

де L – довжина кроку в м; S – відрізок дистанції в м; n – кількість циклів, які виконав плавець для подолання дистанції. Але ця методика оцінки ефективності техніки не враховує швидкості, з якою виконується тестування. Так як крок пропливання із зростанням швидкості плавання зменшується по причині приблизно квадратичній залежності сили опору від швидкості виконання вправи.

Про таку залежність впливу швидкості на величину кроку плавця відзначали ряд дослідників [7], які, вивчаючи техніку плавання, відзначили, що швидкість зворотно пропорційно впливає на величину кроку.

II. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

Крім того формула (5) не враховує вплив антропометричних даних на результат тестування (чим більше довжина рук і більша площа кистей, тим більший має бути крок при однаковій ефективності техніки плавання). Це дає підстави для подальших більш детальних досліджень.

Також слід зауважити, що деякі дослідники [7] виявили, що крок плавця зменшується зі збільшенням дистанції, на якій спеціалізується плавець. Це не обов'язково може бути результатом ефективності або неефективності техніки. Можливим наслідком цієї різниці у коливаннях величині кроку в таких спортсменах також може бути вплив їхніх антропометричних даних, так як відомо, що спринтери відрізняються не тільки більш значними силовими якостями, але і наявністю більших розмірів кінцівок в тому числі, які можуть впливати на величину кроку.

В дослідженнях Баранцева С.А., Дементьєва В.В. (2010) ми знайшли підтвердження про необхідність врахування антропометричних даних при визначенні ефективності техніки. Але автори не описали сам алгоритм для врахування цих чинників.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. В зв'язку з тим, що в аналізі досліджень вище переліченою групою авторів були запропоновані різні методики оцінки ефективності техніки плаваннями, аналізуючи і враховуючи їх думки та пропозиції передбачаємо, що ефективність техніки залежить:

1. Від довжини кроку. Хоча довжина кроку прямо пропорційно залежить від довжини руки та площі долоні (чим довше довжина руки і більша площа долоні, тим більше може бути величина кроку). І така залежність не обов'язково може бути прямо пропорційною.

2. З якою швидкістю виконується тестування спортсменом (чим більша швидкість, тим ефективніша техніка при однаковій величині кроку плавця).

3. Сили опору, яку плавець долає відносно свого тіла (чим більше сила опору діє на його тіло, тим більш ефективна має бути техніка, щоб показувати однаковий результат).

Останній висновок не стосується сили опору, який виникає в результаті неправильних рухів плавця.

В той же час ми не знайшли в літературі інформацію про вплив опору води тілу плавця на визначення ефективності техніки. Хоча існують дослідження про вплив цього опору та його кінцівок на швидкість плавання. Онопрієнко Б.І. (1981) виводив квадратичну залежність опору плавця від швидкості плавання.

Для більш повного аналізу чинників, які можуть впливати на ефективність техніки спортивного плавання спортсмена ми проаналізували наукові дослідження з гідродинаміки та кораблебудування, де описуються основні її закони.

В аналізі сил, які впливають на опір води в суднобудуванні, Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А. (1907) посилаються на формулу, яка методом проб і помилок була визначена В.И. Афанасьєвим:

$$H = 1000 * (V/A)^{10/3} * (D^2/(K*L))^{1/3}, \quad (6)$$

де H – сила опору, V — швидкість корабля, D — водоемність, K — відношення довжини до ширини, L — довжина судна до ватерлінії. A — коефіцієнт, який визначений імперичним шляхом з дуже великої кількості дослідів. Він коливається в межах від 24 до 25,5. Цю формулу на той час широко використовували у флоті та в суднобудуванні.

З певним припущенням для спрощення сприйняття залежності опору за словами автора [4] можна вивести дуже наближену формулу (7).

$$H = 1000 * V^3 * S_{\text{попер}} * \sqrt[3]{L/K} \quad (7)$$

Спрощення розрахунку інтегрованої сили опору тілу плавця за формулою (8) запропонував Міллер (1975), посилаючись на Амара (1920), Карповича, Клейна (1933).

II. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

$$R = k * S * V^2, \quad (8)$$

де R – інтегрована сила опору, S – площа тіла плавця плюс його мідель, V – швидкість з якою виконується тест з плавання. Коефіцієнт $k = 2,555$, дослідники визначили при дослідженні пасивного буксування плавців. І хоча швидкість, в яку потрібно вводити в формулу варіює між V^2 і $V^{2,16}$, для простоти використання вони запропонували приймати V^2 .

В своїх дослідях Шлейхауф Р.Е. (1975) розділив опір на такі складові: опір тертя шкіри пловця відносно води, опір в'язкісного водяного тиску найбільшої площини проекції тіла, перпендикулярної потоку (мідель), а також хвильовий опір води при просуванні тіла плавця. Для перших двох інтегрованих сил він вивів наступну формулу розрахунку:

$$D = 1/2 * V^2 * \rho * A * C_D, \quad (9)$$

де D – опір тертя і водяного тиску на перпендикулярну до руху проекцію тіла плавця, ρ – щільність води, V – швидкість тіла, яке занурене у воду, відносно потоку, A – площа поверхні тіла, яка протистоїть потоку (мідель), C_D – константа пропорційності, яка відома як коефіцієнт опору. Автор відзначає, що саму константу C_D важко визначити із за нестабільного положення тіла плавця.

Так як загальна сила опору залежить від трьох його складових Алфер'єв М.Я. (1952) відокремив формули розрахунків опорів тертя, міделю і хвильового опору. Дослідник теоретично довів, що сили опору тертя вираховується за формулою:

$$R = 0,5 * \zeta'_f * \rho * V_0^2 * l_1 + 0,5 * \zeta''_f * \rho * V_0^2 * l_2 \quad (10)$$

де R – сила тертя, ρ – щільність води, V_0^2 – квадрат швидкості плавання, l_1 – довжина частини тіла, яке знаходиться у ламінарній частині потоку води і має ширину 1 (фактично – це площа), l_2 – в турбулентній частині потоку, ζ'_f – коефіцієнт тертя в ламінарній частині потоку, який вираховується за формулою:

$$\zeta'_f = \frac{1,33}{\sqrt{Re}} \quad (11),$$

де ζ''_f – коефіцієнт тертя в турбулентній частині потоку, який вираховується за формулою:

$$\zeta''_f = \frac{0,074}{Re^{0,2}} \quad (12),$$

де Re – число Рейнольдса. Воно вираховується за формулою:

$$Re = \frac{V}{\nu} \quad (13),$$

де V – швидкість, ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості води, який залежить від температури і щільності води. В нашому випадку, в зв'язку з тим, що температура в басейнах відносно стабільна, ν не змінюється, або зміни настільки незначні, що його можна сприймати як постійну (не змінну) величину.

Для визначення хвильового опору води Д. Миллер (1975) посилаючись на Хорнера (1965), приводить формулу розрахунку числа Фруда:

$$F_e = V^2 / (g * L), \quad (14)$$

де F_e – число Фруда, V – швидкість тіла відносно води, g – прискорення вільного падіння, L – довжина тіла. При цьому Хорнер відзначав різкий ріст хвильового опору з ростом швидкості, який може бути пропорційним числа Фруда в 4 ступені. Таку залежність в свій час стверджував також Алфер'єв М.Я. (1952) своїми розрахунками (15).

$$R_w = k * V^4, \quad (15)$$

де R_w – хвильовий опір, k – постійний коефіцієнт (знаходиться в межах 0,031 – 0,04), V – швидкість.

II. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

Підводячи підсумки аналізу літературних джерел, можна сказати, що в літературі описано багато складових для визначення алгоритму для обрахування показника ефективності техніки в спортивному плаванні. Але самого цього показника, який би враховував закони гідродинаміки, які впливають на результат, нами так і не було знайдено.

Формулювання мети статті. Метою даного дослідження є визначення засобів об'єктивного оцінювання показників ефективності техніки плавання.

Результати дослідження та їх обговорення. Для визначення показника ефективності техніки спортивного плавання недостатньо знати чинники, які перешкоджають набирати потрібну швидкість. Тому як один з варіантів визначення коефіцієнта ефективності техніки плавання на підставі аналізу літературних джерел ми пропонуємо наступну формулу для оцінювання ефективності техніки:

$$E_T = k * \frac{L * (R_{тр} + R_m + R_w)}{n * F_T * l_p * S_k}, \quad (16)$$

де E_T – коефіцієнт ефективності техніки, k – постійний коефіцієнт пропорційності, який визначається експериментальним шляхом, L – тестовий відрізок, n – кількість гребків, F_T – сила плавця яку він показав в статичному плаванні, розтягуючи датчик сили, V – швидкість пропливання тестового відрізка, $R_{тр}$ – опір тертя води відносно шкіри плавця визначається за формулою (9), R_m – опір міделю, R_w – хвильовий опір, l_p – довжина руки, S_k – площа кисті.

R_m – сила опору міделю (найбільша площа вертикальної проекції горизонтального тіла плавця), визначається за формулою, яку запропонував Алфер'єв [2]:

$$R_m = k_m * S_m * \frac{V^2}{2}, \quad (17)$$

де k_m – коефіцієнт тиску, який залежить від форми тіла, S_m – площа найбільшої проекції, перпендикулярна руху плавця. Коефіцієнт тиску k_m – це змінна величина, яка залежить від форми тіла і співвідношення довжини до ширини (міделя). В межах людського росту цей коефіцієнт змінюється в малих межах 1 – 5%. Для круглого циліндра при $\frac{l}{d} = 2$ (наприклад: ріст = 2м, ширина плечей = 1м) цей коефіцієнт $k_m = 0,85$, при $\frac{l}{d} = 4$ (ріст = 2м, ширина плечей = 0,5м) $k_m = 0,87$ (Альтшуль А.Д., Киселев П.Г., 1965). Порівняно зі змінами в швидкості і в опорі тиску зміни цього коефіцієнта незначні. Тому його можна рахувати постійною величиною.

R_w – сила хвильового опору за Алфер'євим (1952) визначається формулою (15).

Формули розрахунку ефективності техніки плавання (16) виведені нами на підставі аналізу, на які наштовхнули дослідження літературних джерел. Тому вони можуть виступати лише в якості гіпотези розрахунків можливого коефіцієнта ефективності техніки.

Перевага запропонованої в даному дослідженні модельної характеристики оцінювання техніки плавання, яка запропонована нами в формулі (16), полягає в тому, що вона базується на об'єктивних показниках, які прості для реєстрації дослідником. Також вони не орієнтуються на високу кваліфікацію та суб'єктивізм експертів та не вимагає наявності дорогої дослідницької апаратури.

Перспективи подальших досліджень в цьому напрямку. В подальшому ми плануємо проводити наукове дослідження з пошуку та уточнення коефіцієнтів, які входять в формулу (16), яку ми запропонували в даному дослідженні.

Література:

1. Алфер'єв М.Я. Гидродинамика. –М. :Речиздат. –1952. –307с.
2. Алфер'єв М.Я. Ходкость и управляемость судов –М. :«Транспорт». –1967 –344с.
3. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидродинамика и аэродинамика (основы механики жидкости). :Издательство по строительству. –М. –1965 –с.274.

II. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

4. Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А. Энциклопедический словарь. –Петербург, –1890–1907.
5. Булгакова Н.Ж. (ред.), Афанасьев В.З., Воронцов А.Р., Макаренко Л.П., Морозов С.Н. Соломатин В.Р., Ширковец Е.А. Спортивное плавание [Учеб. для вузов физ. культуры] –М. :ФОН, –1996. –430с.
6. Кочергин А. Б., Мамонтов Д. В., Дышко Б.А. Способ оценки техники плавания –(RU патент 2464062, –2012).
7. Крейг А.Б., Бумер В.Л., Гиббонс Дж.Ф. Использование в процессе тренировки пловцов зависимостей скорости от частоты гребков и длины «шага». Биомеханика плавания. /Перевод Зациорского В.М. –М. :ФиС., –1981., –с. 123 – 133.
8. Оноприенко Б.И. Биомеханика плавания. –К, :«Здоров'я», –1981, –188с.
9. Парфёнов В.А., Платонов В.Н. Тренировка квалифицированных пловцов. [Пособие], –М. –ФиС., –1979, –166с.
10. Погребной А.И., Костюк Ю.И., Кушнир Г.В., Гринев В.Т. Плавание. –[Пособие по учебно-исследовательской работе студентов], –Краснодар, –1988, –57с.
11. Шлейхауф Р.Е. Гидродинамический анализ движущих сил при плавании. –Сб. Биомеханика плавания., –М., :ФиС., –с.72 – 115.
12. Miller D.J. Biomechanics of swimming. Exercise and Sport Science Review. –Academic Press, –New-York, –1975, –v.3 –pp. 219-248. /Переклад Зациорского В.М. Биомеханика плавания. –М., :Фис, –1981.