

## КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕНИЯ СТАРТА В ПЛАВАНИИ

К.К. Бондаренко, Г.В. Новик, З.Г. Минковская, О.П. Азимок

*Рассмотрены вопросы определения биомеханических параметров выполнения стартовых движений в плавании. Выделены основные узловые положения выполнения старта, определена траектория общего центра масс. Установлены параметры горизонтального и вертикального перемещения общего центра масс тела с помощью системы видеоанализа движения спортсменов и рассчитаны вертикальные, горизонтальные и суммарные скорости и ускорения, что позволяет выявить ошибки при выполнении движения и подобрать средства и методы для коррекции техники выполнения.*

*Ключевые слова: плавание, кинематические характеристики движения, фазы старта, перемещение, скорость.*

### KINEMATIC ANALYSIS OF THE START IN SWIMMING

**Bondarenko K.K.**, candidate of pedagogical sciences, associate professor, head of department, [kostyabond67@mail.ru](mailto:kostyabond67@mail.ru), Belarus, Gomel, Francisk Skorina Gomel State University, Gomel State Medical University,

**Novik G.V.**, candidate of pedagogical sciences, associate professor, head of department, [novikhalina@mail.ru](mailto:novikhalina@mail.ru), Belarus, Gomel, Gomel State Medical University,

**Minkovskaya Z.G.**, senior lecturer, [zin4ik74@mail.ru](mailto:zin4ik74@mail.ru), Belarus, Gomel, Gomel State Medical University,

**Azimok O.P.**, senior lecturer, [markiza.707@mail.ru](mailto:markiza.707@mail.ru), Belarus, Gomel, Gomel State Medical University

The issues of determining the biomechanical parameters of the execution of starting movements in swimming are considered. The main nodal positions of the launch are highlighted, the trajectory of the common center of mass is determined. The parameters of the horizontal and vertical movement of the general center of mass of the body were determined using the system of video analysis of the movement of athletes and the vertical, horizontal and total speeds and accelerations were calculated, which makes it possible to identify errors in the performance of the movement and select means and methods for correcting the execution technique.

Key words: swimming, kinematic characteristics of movement, phases of launch, movement, speed.

**Бондаренко Константин Константинович**, канд. пед. наук, доц., зав. кафедрой, [kostyabond67@mail.ru](mailto:kostyabond67@mail.ru), Беларусь, Гомель, Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Гомельский государственный медицинский университет,

**Новик Галина Владимировна**, канд. пед. наук, доц., зав. кафедрой, [novikhalina@mail.ru](mailto:novikhalina@mail.ru), Беларусь, Гомель, Гомельский государственный медицинский университет,

**Минковская Зинаида Георгиевна**, старший преподаватель, [zin4ik74@mail.ru](mailto:zin4ik74@mail.ru), Беларусь, Гомель, Гомельский государственный медицинский университет,

**Азимок Ольга Петровна**, старший преподаватель, [markiza.707@mail.ru](mailto:markiza.707@mail.ru), Беларусь, Гомель, Гомельский государственный медицинский университет

Определение биомеханических характеристик движений в спорте является одним из важнейших элементов для формирования правильной техники выполняемого действия. При этом, кроме устоявшейся фазовой классификации двигательного действия, наиболее информативным является разделение движения по узловым элементам [1]. Это способствует определению структурных компонентов движения в зависимости от влияния кинематических и

динамических составляющих двигательного действия и формированию его рациональных траекторий [2, 3].

Подготовка пловцов наряду с совершенствованием техники двигательного действия определяется возможностью выполнять движение без изменения его структурных компонентов. Этому способствует формирование механизмов адаптации скелетных мышц при напряженной нагрузочной деятельности [4, 5].

Современные методики подготовки пловцов и используемые технологии определения кинематических и динамических параметров движения способствуют формированию наиболее рациональных усилий и траекторий, создаваемых как в отдельных звеньях тела, так и при изменении положения общего центра масс (ОЦМ) тела относительно среды или вспомогательных устройств [6, 7]. Для этих целей все чаще используется видеоанализ движений [8], который способствует точности определения отклонений частей тела от рациональных траекторий и выявлению индивидуальных параметров движения спортсмена, влияющих на результативность соревновательного упражнения и снижение возможности получения травмы [9].

**Целью исследования** является определение кинематических характеристик фазовых движений в плавании.

**Задачи исследования:**

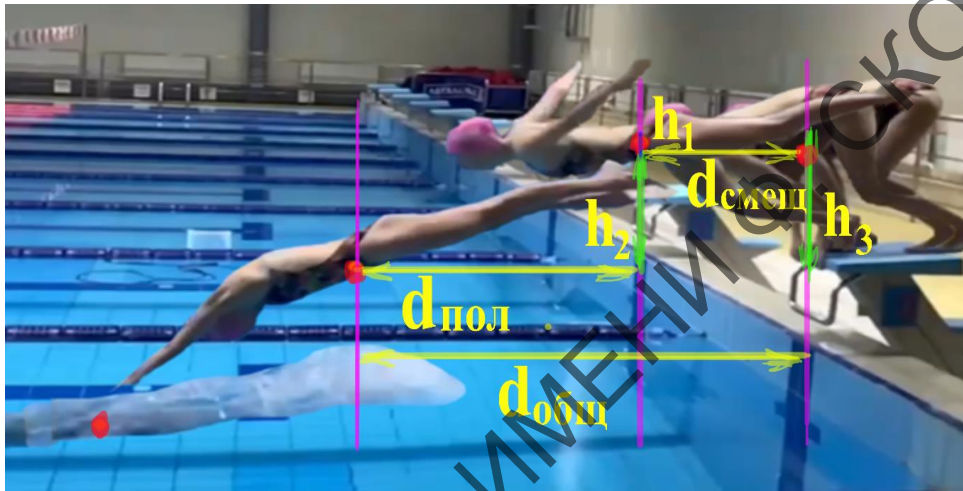
- выявить кинетические параметры выполнения стартовых движений;
- определить отклонения от модельных параметров сильнейших пловцов во время выполнения старта.

**Методика и организация исследования.** Исследование проводилось в Научно-исследовательской лаборатории физической культуры и спорта Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Одним из методов исследования являлся видеоанализ выполнения старта в плавании, с помощью которого определялись его кинематические параметры.

На основании педагогических задач исследования были выделены пять основных фаз: стартовое положение, смещение вперед ОЦМ, отталкивание, полет, вход в воду. С помощью методики расчета программы места определялись показатели положения ОЦМ тела спортсмена в системе координат, по которым выстраивалась траектория перемещения тела в стартовых фазах. На основании координатных характеристик изменения положения ОЦМ были рассчитаны пространственные и пространственно-временные параметры. В частности, пространственные показатели определялись по:

- горизонтальному перемещению ОЦМ между фазами «смещение ОЦМ» и «отталкивание» ( $d_{\text{смещ}}$ );

- горизонтальному перемещению ОЦМ между фазами «отталкивание» и «полет» ( $d_{\text{пол}}$ );
- общему горизонтальному перемещению ОЦМ между фазами «смещение ОЦМ» и фазы «вход в воду» ( $d_{\text{общ}}$ );
- вертикальному перемещению ОЦМ между фазами «смещение ОЦМ» и «отталкивание» ( $h_1$ );
- вертикальному перемещению ОЦМ между фазами «отталкивание» и «полет» ( $h_2$ );
- общему вертикальному перемещению ОЦМ между фазами «смещение ОЦМ» и фазы «вход в воду» ( $h_3$ ) (рис. 1).

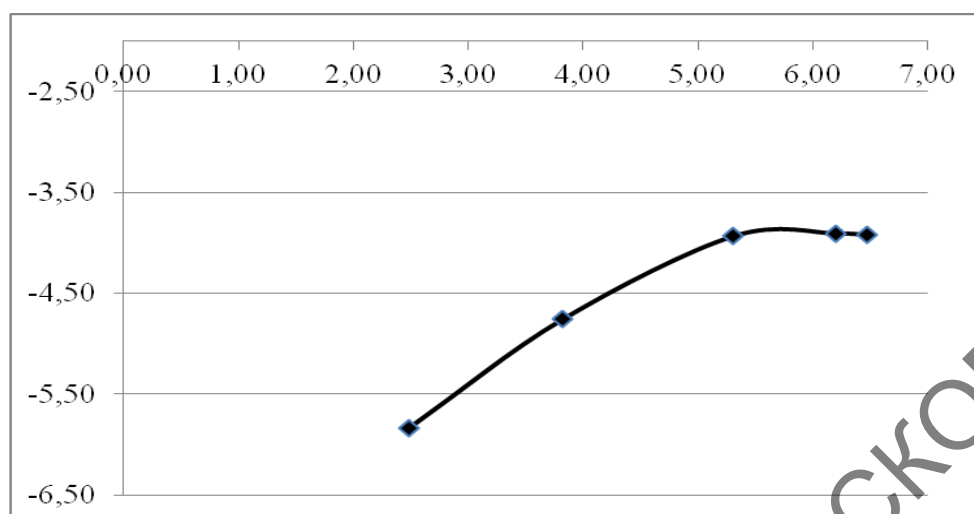


**Рис. 1. Хронофотограмма стартовых фаз с обозначением пространственных перемещений ОЦМ**

По пространственно-временным характеристикам определялись горизонтальная скорость ( $V_x$ ), вертикальная скорость ( $V_y$ ), суммарная скорость ( $V_{\text{сум}}$ ), горизонтальное ускорение ( $a_x$ ), вертикальное ускорение ( $a_y$ ) и суммарное ускорение ( $a_{\text{сум}}$ ).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Первоначально была проведена видеосъемка выполнения старта в плавании пятью спортсменками в возрасте 14–15 лет. Каждая спортсменка выполнила по шесть попыток старта по сигналу. У каждой из них в каждой фазе движения шести попыток были рассчитаны положения ОЦМ тела, и на основании средних значений была построена траектория старта от момента принятия стартового положения до момента входа в воду (рис. 2).

Траектория старта исследуемого контингента отличается от данных, полученных в исследованиях Н.Н.Р. Giraldo, J.Н.Н. Artunduaga [10]. В частности, в нашем исследовании отмечается незначительное изменение перемещения ОЦМ при переходе из фазы смещения ОЦМ в фазу отталкивания  $0,05 \pm 0,001$  м, в то время как результаты, полученные вышеобозначенными авторами при анализе старта девушки данного возраста, составляют  $0,26$  м.



**Рис. 2. Траектория перемещения ОЦМ спортсмена при выполнении старта, м**

Пространственные показатели выполнения старта в различных фазах позволили определить не только траекторию, но и характер влияния позных положений на перемещение ОЦМ. Данные пространственных характеристик движения представлены в табл. 1.

**Таблица 1**  
**Пространственные характеристики перемещения ОЦМ спортсменов в различных фазах выполнения старта, м**

Пространственные параметры	$X \pm \delta$
$d_{\text{смещ}}$	$0,63 \pm 0,04$
$d_{\text{пол}}$	$1,02 \pm 0,07$
$d_{\text{общ}}$	$1,64 \pm 0,110$
$h_1$	$0,05 \pm 0,001$
$h_2$	$0,34 \pm 0,003$
$h_3$	$0,39 \pm 0,003$

Рассматривая параметры горизонтального перемещения ОЦМ между фазами смещения ОЦМ и полета, следует отметить их временные величины. В частности, время горизонтального перемещения ОЦМ между фазами «смещение ОЦМ» и «отталкивание» ( $d_{\text{смещ}}$ ) составило в среднем 0,333 с, а время горизонтального перемещения ОЦМ между фазами «отталкивание» и «полет» ( $d_{\text{пол}}$ ) – 0,498 с.

Временные и пространственные кинематические параметры выполнения старта позволили рассчитать пространственно-временные компоненты движения (табл. 2).

Таблица 2

**Пространственно-временные характеристики перемещения ОЦМ спортсменов в различных фазах выполнения старта,  $X \pm \delta$**

Фазы	$V_x$ , м/с	$V_y$ , м/с	$V_{сум}$ , м/с	$a_x$ , м/с <sup>2</sup>	$a_y$ , м/с <sup>2</sup>	$a_{сум}$ , м/с <sup>2</sup>
Старт – смещение	-0,80 $\pm 0,02$	0,038 $\pm 0,002$	0,80 $\pm 0,02$	–	–	–
Смещение – отталкивание	-2,67 $\pm 0,07$	-0,076 $\pm 0,003$	2,67 $\pm 0,06$	-5,61 $\pm 0,14$	-0,34 $\pm 0,007$	5,62 $\pm 0,15$
Отталкивание – полет	-2,98 $\pm 0,06$	-1,655 $\pm 0,011$	3,41 $\pm 0,07$	-0,92 $\pm 0,02$	-4,73 $\pm 0,09$	4,82 $\pm 0,08$
Полет – вход в воду	-2,67 $\pm 0,04$	-2,164 $\pm 0,013$	3,44 $\pm 0,12$	0,61 $\pm 0,01$	-1,02 $\pm 0,03$	1,19 $\pm 0,10$

Рассматривая данные линейных скоростей и ускорений ОЦМ тела спортсмена в различных фазах выполнения старта, следует отметить, что положительные и отрицательные знаки указывают на противоположные направления. В этом случае отрицательное значение указывает на перемещение относительно предыдущего положения со стороны смотрящего по часовой стрелке, а положительное – на перемещение против часовой стрелки.

В горизонтальном положении при перемещении из фазы смещения в фазу отталкивания пловцы в среднем перемещают ОЦМ на расстояние 0,63 м. С учетом времени перемещения между фазами, составляющего в среднем 0,333 с, отмечается достаточно высокая горизонтальная скорость –  $2,67 \pm 0,07$  м/с. При этом горизонтальное ускорение по отношению к фазе стартового положения составляет  $5,61 \pm 0,14$  м/с<sup>2</sup>. Вертикальные показатели скоростей и ускорений ОЦМ при данных перемещениях находятся на уровне  $0,038 \pm 0,002$  м/с и  $0,34 \pm 0,007$  м/с<sup>2</sup> соответственно. Расстояние перемещения ОЦМ в фазу полета у пловцов в этом исследовании составляло  $1,02 \pm 0,07$  м, а время выполнения этого движения – 0,498 с, что определило горизонтальную скорость, равную  $2,98 \pm 0,06$  м/с, горизонтальное ускорение, равное  $0,92 \pm 0,02$  м/с<sup>2</sup>. Это свидетельствует о замедлении горизонтального перемещения.

Вертикальное перемещение во время фаз смещения и отталкивания у пловцов составило  $0,05 \pm 0,001$  м, в то время как при переходе в фазу полета данный показатель равен  $0,34 \pm 0,003$  м. Скорости и ускорения ОЦМ при данных перемещениях имели следующие показатели:  $-0,076 \pm 0,003$  и  $1,655 \pm 0,011$  м/с,  $0,34 \pm 0,007$  и  $4,73 \pm 0,09$  м/с<sup>2</sup> соответственно.

**Заключение.** Сравняя траектории выполнения старта в проведенном исследовании с исследованиями других авторов, можно выявить отличия выполняемого действия в двух основных фазах. В частности, спортсменки выполняли вход в воду под более острым углом в отличие от литературных данных выполнения старта, где спортсмены в фазе полета образовывали дугу, стремясь как можно скорее достичь воды.

Также исследование позволило выявить не только кинетические параметры выполнения стартовых движений, но и определить отклонения от модельных параметров сильнейших пловцов во время выполнения старта и соответственно средства и методы для коррекции техники выполнения исследуемого движения.

### Список литературы

1. Аверьясов В.В. Видеоанализ как инструмент контроля и коррекции двигательных действий в процессе учебных занятий студентов, занимающихся плаванием // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2022. № 7 (209). С. 3–8.

2. Болдырев И.И., Болдырева Е.С. Биомеханические основы плавания // Культура физическая и здоровье современной молодежи: сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. Воронеж: Изд-во ВГПУ, 2022. С. 149–152.

3. Бондаренко А.Е. Параметры «срочной» адаптации организма спортсменов циклических видов спорта при напряженной тренировочной деятельности // Современные проблемы физической культуры, спорта и молодежи: сб. материалов V Регионал. науч. конф. молодых ученых. Чурапча: Изд-во ЧГИФКиС, 2019. С. 54–57.

4. Бондаренко К.К., Волкова С.С., Юминова Е.Ю. Оценка кинематических параметров движения пловца по узловым элементам // Инновационные технологии в спорте и физическом воспитании подрастающего поколения: сб. материалов IX Всерос. науч.-практ. конф. М.: Первый том, 2019. С. 504–506.

5. Волкова С.С., Палашенко М.Ю. Формирование рациональных траекторий движения в плавании // Актуальные вопросы науки и образования: сб. науч. трудов I Междунар. науч.-практ. конф. Ульяновск: Изд-во УГПУ имени И.Н. Ульянова, 2022. С. 164–168.

6. Зайцева А.А., Павельев И.Г. Пути совершенствования техники выполнения различных элементов в плавании // Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации. 2019. № 1. С. 139–140.

7. Маюрова И.А. Прогнозирование времени выполнения поворота способом «сальто» спортсменками при плавании вольным стилем // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. 2022. Вып. 4. С. 87–93.

8. Пригода Г.С. Современные требования, предъявляемые к подготовке пловцов спринтеров кролистов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2022. № 9 (211). С. 388–391.

9. Свейдан А.А.И. Совершенствование подготовки пловцов высокой квалификации посредством биомеханических технологий // Вестник

Красноярского государственного педагогического университета имени В.П. Астафьева. 2022. № 2 (60). С. 100–109.

10. Giraldo H.H.R., Artunduaga J.H.H. Análisis biomecánico de la salida de natación en deportistas juveniles del club Delfines Azules // EFDeportes.com, Revista Digital. 2012. № 170. P. 134–141.

References

1. Averyasov V.V. Videoanaliz kak instrument kontrolya i korrektsii dvigatel'nykh deystviy v processe uchebnykh zanyatij studentov, zanimayushchihsya plavaniem [Video analysis as a tool for monitoring and correcting motor actions in the process of training sessions for students involved in swimming] // Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgafta]. 2022. No. 7 (209). P. 3–8.

2. Boldyrev I.I., Boldyreva E.S. Biomekhanicheskie osnovy plavaniya [Biomechanical foundations of swimming] // Physical culture and health of modern youth: sat. materials V Intern. scientific-practical. conf. Voronezh: VGPU Press, 2022. P. 149–152.

3. Bondarenko A.E. Parametry «srochnoj» adaptatsii organizma sportsmenov ciklicheskih vidov sporta pri napryazhennoj trenirovochnoj deyatelnosti [Parameters of "urgent" adaptation of the body of athletes of cyclic sports during intense training activity] // Modern problems of physical culture, sports and youth: coll. materials V region. scientific conf. young scientists. Churapcha: Publishing House of ChGIFKiS, 2019. P. 54–57.

4. Bondarenko K.K., Volkova S.S., Yuminova E.Yu. Ocenka kinematischeskih parametrov dvizheniya plovca po uzlovyim elementam [Evaluation of the kinematic parameters of the swimmer's movement according to the key elements] // Innovative technologies in sports and physical education of the younger generation: sat. materials of the IX All-Russia. scientific-practical. conf. M.: First volume, 2019. P. 504–506.

5. Volkova S.S., Palashenko M.Yu. Formirovanie racional'nykh traektorij dvizheniya v plavanii [Formation of rational trajectories of movement in swimming] // Topical issues of science and education: sat. scientific proceedings of the I Intern. scientific-practical. conf. Ulyanovsk: Publishing House of the USPU named after I.N. Ulyanova, 2022. P. 164–168.

6. Zajceva A.A., Pavel'ev I.G. Puti sovershenstvovaniya tekhniki vypolneniya razlichnykh elementov v plavanii [Ways to improve the technique of performing various elements in swimming] // Resursy konkurentosposobnosti sportsmenov: teoriya i praktika realizatsii [Resources of competitiveness of athletes: theory and practice of implementation]. 2019. No. 1. P. 139–140.

7. Mayurova I.A. Prognozirovaniye vremeni vypolneniya povorota sposobom «sal'to» sportsmenkami pri plavanii vol'nym stilem [Forecasting the time to perform a turn using the "somersault" method by female athletes in freestyle swimming] // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaya kul'tura. Sport [Bulletin of Tula State University. Physical Culture. Sport]. 2022. Iss. 4. P. 87–93.

8. Prigoda G.S. Sovremennyye trebovaniya, pred'yavlyaemye k podgotovke plovcov sprinterov krolistov [Modern requirements for the training of freestyle sprint swimmers] // Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgafta]. 2022. No. 9 (211). P. 388–391.

9. Svejdan A.A.I. Sovershenstvovanie podgotovki plovcov vysokoy kvalifikatsii posredstvom biomekhanicheskikh tekhnologiy [Improving the training of highly qualified swimmers through biomechanical technologies] // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni V.P. Astaf'eva [Bulletin of the Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev]. 2022. No. 2 (60). P. 100–109.

10. Giraldo H.H.R., Artunduaga J.H.H. Análisis biomecánico de la salida de natación en deportistas juveniles del club Delfines Azules // EFDeportes.com, Revista Digital. 2012. № 170. P. 134–141.