

УДК 797.212.2+796.01:612.76

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСНОВНЫХ ФАЗ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ ПЛАВАНИЯ БРАССОМ



Иванченко Е.И., д-р пед. наук, профессор,
Заслуженный тренер СССР и БССР
(Белорусский государственный университет физической культуры)

На протяжении многих десятилетий тренеры, опираясь на законы движения и свойства водной среды, вели поиск, экспериментировали, выделяли наиболее эффективные траектории рабочих движений. Но было бы глубоким заблуждением за непрерывно совершенствующимися индивидуальными особенностями движений пловцов не видеть характерных черт и общих закономерностей, диктуемых законами биомеханики и гидродинамики [1–9].

Ключевые слова: пловец, индивидуальные особенности, биомеханика, гидродинамика.

EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF THE EFFICIENCY OF THE MAIN PHASES OF THE MODERN BREAST STROKE SWIMMING TECHNIQUE

For many decades trainers, guided by the laws of the movement and properties of the aquatic environment, conducted researches, experimented, and determined the most effective trajectories of the movements. But it is a deep delusion not to see distinctive traits and general regularities dictated by the laws of biomechanics and hydrodynamics behind continuously improved specific features of swimmers' movements [1–9].

Keywords: swimmer, specific features, biomechanics, hydrodynamics.

Поэтому, если мы хотим связать различные характеристики техники с практической деятельностью пловца в воде, то наиболее уместно проиллюстрировать это на движениях брассистов, и особенно их нижних и верхних конечностей, где для специалистов наиболее существенны представления о движущих силах и силах, вызывающих торможение спортсмена при его продвижении вперед.

Совершенствование спортивной техники пловца предусматривает, с одной стороны, развитие максимальных показателей силы при гребковых движениях верхних и нижних конечностей, а с другой – выявление рациональной структуры движе-

ний, способствующей эффективному проявлению силы в различных фазах движения.

В спортивном плавании эффективная техника всегда связана с высоким, по возможности горизонтальным и обтекаемым положением тела. Если в кроле на спине можно добиться идеального положения тела, то в плавании брассом в связи со спецификой вдоха трудно избежать колебаний плечевого пояса вверх-вниз, а следовательно, изменения угла атаки в течение цикла движения. Так, в исходном положении с вытянутыми руками и ногами угол атаки приближается к нулю, а при вдохе достигает своей наибольшей величины (рисунок 1).

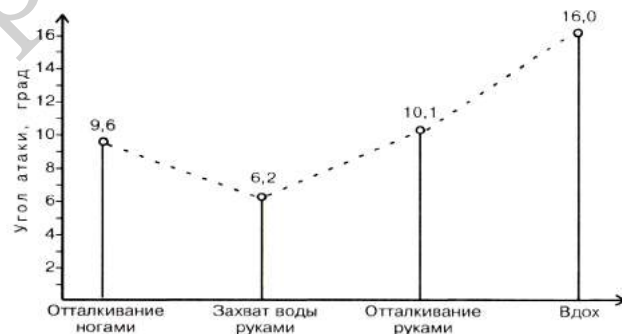


Рисунок 1. – Изменение угла атаки у сильнейших брассистов мира (средние данные начала фаз)

Угол атаки изменяется в зависимости от техники выполнения вдоха. Так, при современных вариантах скоростного брасса угол атаки изменяется от 20 и более градусов.

Необходимо заметить, что от величины и характера изменения угла атаки зависит сопротивление воды. Чем меньше и плавней изменяется угол атаки, тем лучше обтекаемость тела.

Совершенствуя технику движения ногами, необходимо опытным путем найти выгодную степень подтягивания ног, характеризуемую оптимальным углом сгибания в коленном и тазобедренном суставах [7].

Обращаясь к эволюции техники плавания брассом, мы наблюдаем большие изменения в биомеханике движения ног (таблица).

Брассисты сократили подготовительные фазы движения, но не утратили эффективности техники плавания. Однако приведенные углы сгибания установлены либо с помощью кино съемки, либо зарегистрированы визуально и фактически констатируют применяемые сильнейшими спортсменами амплитуды движений. Основной вопрос заключается в том, как реализуется силовой потенциал мышц при различных подготовительных движениях ног брассистов. В связи с этим тренеры и спортсмены не имеют твердой гарантии того, что современные варианты брасса более выгодны, чем применявшиеся 20–30 лет назад. Лучший ответ – получение данных, отражающих проявление динамической силы разгибателей ног при корректировке рабочей позы спортсмена.

Разработанным методом гидродинамографии [7] получены импульсы динамической силы, отражающие характер выполнения с соревновательной скоростью основного движения ног брассистов из 12 положений, каждое из которых соответствует определенной степени сгибания в тазобедренных и коленных суставах. Существенное значение в создании движущей силы ног имеет величина угла в суставах в момент, когда проявляется ее максимум. Поэтому методом гониографии синхронно регистрировались углы достижения максимального показателя силы, их нарастание и падение [7].

Особый интерес представляет характер динамического усилия при движениях ног из положения 140° в тазобедренных суставах (рисунок 2). В этом случае максимальный показатель силы больше, чем при разгибании нижних конечностей из всех остальных положений, и достигается он быстрее – через 0,3 с и при меньшем угле разгибания в коленных суставах – $110,1^\circ$. Однако еще через 0,1 с не наблюдалось значительного падения силы. При угле $137,9^\circ$ величина усилия находилась в пределах 18,6 кгс, и только при угле разгибания $156,0^\circ$ это падение составило 8,0 кгс.

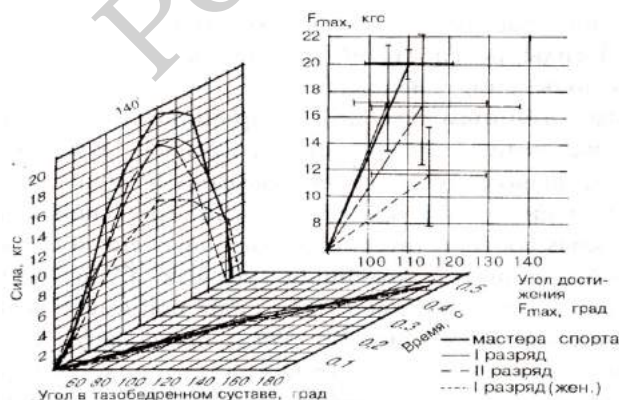


Рисунок 2. – Гидродинамогониографические данные движений ног брассистов из положения 140° в тазобедренных суставах

Стабильное нарастание усилий и удержание их в течение определенного времени является результатом ускоренного разгибания ног брассистов при выполнении рабочего движения, позволяющего спортсмену чувствовать давление воды, опору на внутреннюю поверхность стоп и создать таким образом движущую силу.

Этот факт объясняется тем, что, начиная гребок ногами, брассист приводит в движение объем воды. Поэтому очень важно, чтобы наибольшую скорость гребущая поверхность конечности развивала в заключительной части гребка. Вот почему нужно выполнять гребок ногами или руками с ускорением.

В противном случае быстрое начало рабочей фазы приводит к срыву усилия, в результате чего значительная часть основного движения происходит вхолостую.

Во второй части исследования определялся импульс динамической силы разгибателей коленных суставов. При движении ног из положений 50° и 60° в исследуемых суставах зарегистрирован одинаковый показатель силы – 19,1 кгс при относительно равных углах – $126,4^\circ$ и $123,4^\circ$. В этих случаях некоторый проигрыш в силе компенсируется выигрышем общего времени движения, а при движениях ног из положения 50° в коленных суставах еще и большим углом достижения максимума силы (рисунок 3).

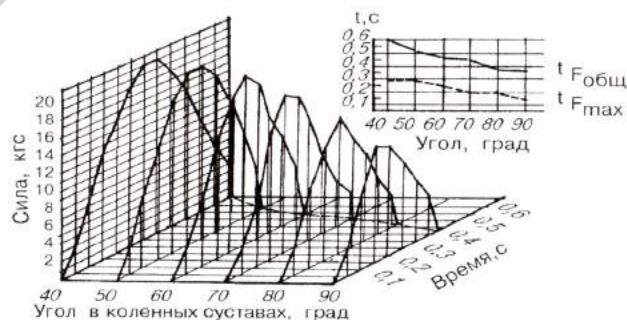


Рисунок 3. – Гидродинамогониографические данные движений ног брассистов при различных амплитудах движений в коленных суставах

Таким образом, уровень проявления динамической силы при выполнении основного соревновательного движения конечностей находится в прямой зависимости от подготовительной формы движения.

При всех вариантах, связанных с проигрышем в силе и выигрышем во времени, и наоборот, оптимальными углами сгибания в тазобедренных суставах являются углы в пределах $140 \pm 5^\circ$. При этих условиях наиболее эффективным соотношением силы и времени выполнения движения в коленных суставах является сгибание голени по отношению к бедру в пределах $50\text{--}60^\circ$ [8].

Экспериментальным путем выявлено, что в современной технике плавания брассом от оптимального сгибания в тазобедренных и коленных суставах зависит эффективность создания движущей силы спортсменом. В связи с этим в подготовительной фазе движения ног у сильнейших брассистов мира постоянно увеличивается угол между бедром и туловищем, а также уменьшается сгибание конечностей в коленных суставах (таблица).

Таблица – Рабочие амплитуды движений в суставах ног сильнейших брассистов СССР, Европы и мира разных лет

Годы	Движение в суставе ($\bar{X} \pm \sigma$)					
	тазобедренном			коленном		
	Сгиб.	Разгиб.	РА	Сгиб.	Разгиб.	РА
1950–1960	107±14	176±4	69±12	30±3	172±4	142±6
1960–1970	136±7	172±4	36±7	39±5	172±5	133±8
1970–1980	138±1	171±2	32±1	44±2	172±2	129±4
1980–1990	140±1	172±1	32±1	44±2	173±2	129±2

Примечание: РА – рабочая амплитуда в суставе.

Известно, что при движении тела в жидкости на него действует направленная назад сила, задерживающая его движение. Это лобовое сопротивление F_3 (рисунок 4). В нашем случае она действует на переднюю поверхность бедра. Кроме того, при подтягивании ног в воде остается след в виде завихрений. Если бедра стремятся к прямому углу относительно поверхности воды (β), то при наибольшем сопротивлении за ним остается наиболее «видимый» след [4]. При этом угле гидродинамическая сила направлена в сторону, противоположную движущей силе F_1 , и представляет собой лобовое сопротивление. Это турбулентное обтекание вызывает сопротивление воды, пропорциональное почти квадрату скорости.



Рисунок 4. – Эффективное исходное положение перед выполнением рабочей фазы движения ног брассистов

Лобовое сопротивление не единственная гидродинамическая сила, действующая на бедро. В приведенном на рисунке положении бедро сгибается под углом A (около 40°) к поверхности воды. В этом положении и гидродинамическая сила действует на него под этим же углом. В этот момент ее можно разложить на две составляющие: одна из них направлена назад и представляет собой лобовое сопротивление (F_3), а другая действует под прямым углом к первой (F_2). Эту вторую составляющую на-

зывают подъемной силой. Подъемная сила, в соответствии с уравнением Бернулли, обусловлена тем преимуществом, что у передней поверхности бедра давление больше, чем у задней. Но самым главным звеном, связывающим подъемную силу с движением бедра, является ламинарный поток.

Соотношение подъемной и гидродинамической силы зависит от угла атаки, т. е. угла, образованного бедром и поверхностью воды. В гидродинамике существует понятие критического угла атаки: пока сгибаемая конечность не достигла его величины, подъемная сила возрастает, а как только превысит, подъемная сила падает. Это явление сопровождается изменением картины обтекания конечности, заключающемся в образовании завихрений. При плавании брассом в связи с небольшими скоростями критический угол атаки, по-видимому, равен 45° .

Основные преимущества прогрессивной, модельной техники движений ног брассистов заключаются в следующем:

- укорачивается амплитуда движения в тазобедренных и коленных суставах, позволяя тем самым увеличивать темп движений;
- улучшается согласование потоков, обтекающих туловище и нижние конечности, что значительно уменьшает сопротивление тела встречному потоку воды при плавании в общей координации;
- модельный вариант техники движений создает благоприятные условия для быстрого подтягивания ног, так как в данном случае общее время цикла гребковых движений меньше, а проявление динамической силы разгибателей нижних конечностей – наибольшее.

Начиная разговор о новом элементе в технике движений рук брассистов, необходимо отметить, что рассматриваемый вариант частично отмечался у некоторых сильнейших брассистов еще в 60–70-х годах. Так, у Заслуженного мастера спорта В. Косинского (рисунок 5, кадры 4, 5, 6) при некоторой асимметрии в движениях кистей (кадры 4–8) наблюдался эффект гребного винта [4].

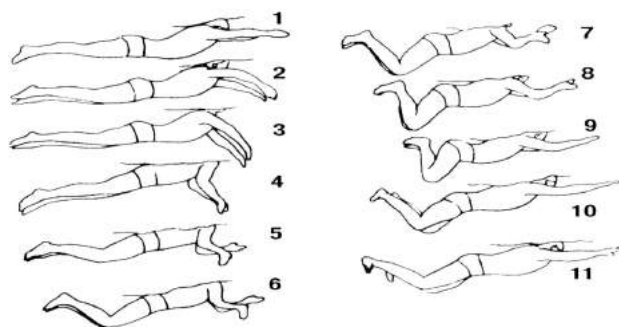


Рисунок 5. – Техника плавания Владимира Косинского

В большинстве работ по технике плавания движения рук брассистов подразделяют на две фазы: рабочую (гребок) и подготовительную, связанную с выведением рук в исходное положение перед началом следующего гребка. Большинство авторов рабочей фазой считают движение рук из положения 1 в положение 4 (рисунок 6) и полагают, что только на этом отрезке пути руки брассиста создают силу, продвигающую его вперед. Остальная же часть движения руками (положения 4, 5, 6, 7) рассматривалась как подготовительная, не создающая силы тяги. Считалось, что здесь пловец должен заботиться о том, чтобы не создавать дополнительного сопротивления.

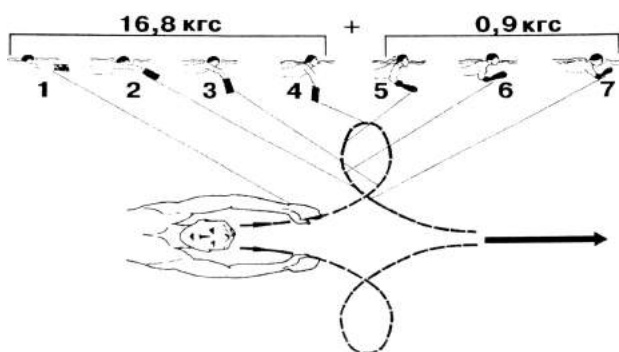


Рисунок 6. – Эффективный вариант техники движения рук пловцов

Автор удлинил рабочий путь верхних конечностей брассистов и свел до минимума подготовительную фазу при движениях рук. Иначе говоря, в положениях 1–4 руки создают движущую силу, когда кисть движется наподобие весла, а в положении 5 и далее – как лопасть винта. В этом случае кисть из положения 4 разворачивается под углом 45° к поверхности воды. После положения 7 следует короткое разгибание рук и кисть разворачивается наружу для захвата воды в следующем цикле движения. Акцентированное сведение рук к продольной оси тела, если при этом кисть развернута под углом 45° к поверхности воды, позволяет не только выводить руки в исходное положение, но и создавать при этом дополнительную силу тяги, продвигающую пловца вперед (рисунок 6).

Заключение об эффективности разработанного элемента в технике движения рук высококвалифицированных пловцов-брассистов делалось на основе сопоставления величины прироста показателя силы тяги в воде, отражающего уровень специальной физической подготовленности пловцов. Сопоставление показателей, зарегистрированных у спортсменов до и после эксперимента, позволило выявить достоверность в их различиях. Так, сила тяги, создаваемая брассистами при движениях верхних конечностей по схеме 1–2–3–4–5–6–7, по срав-

нению с рабочей фазой 1–2–3–4 в каждом цикле движения получает прибавку в 0,9 кгс [10].

Анализ изменения результатов позволил убедиться в преимуществе нового элемента в технике движений рук пловцов-брассистов. С его помощью до 20 % удлиняется рабочий путь кистей рук и до минимума сводится подготовительная фаза движения верхних конечностей.

Таким образом, непрерывный рост спортивных результатов показывает, что скоростные возможности пловцов далеко не исчерпаны. Это обусловлено не только совершенствованием структуры тренировочного процесса, но и приданием каждому спортсмену более эффективной формы движений.

Техника плавания очень тесно связана с темпом движений. Так, за последние 50–60 лет темп движений брассистов несоизмеримо изменился: с 22–24 до 66–74 циклов в минуту [10, 11]. Учитывая, что при плавании в максимальном темпе величины подготовительных и рабочих амплитуд, как в полной координации движений, так и с помощью одних ног не имеют различий в пространственно-временных характеристиках, эксперимент, направленный на выяснение зависимости между темпом и различными амплитудами плавательных движений, был проведен на примере нижних конечностей брассистов. Спортсмену задавались темп, амплитуда движений и фиксировалось время преодоления 50-метрового отрезка. Темп задавал прибор, установленный на плавательной доске испытуемого, и он соответствовал темпу плавания сильнейших брассистов на дистанции 100 м [11].

Результаты исследования показывают (рисунок 7), что при применении различных рабочих амплитуд непосредственно во время тренировок наибольшим преимуществом обладает подготовительная фаза движения ног в тазобедренных суставах до угла 140° .

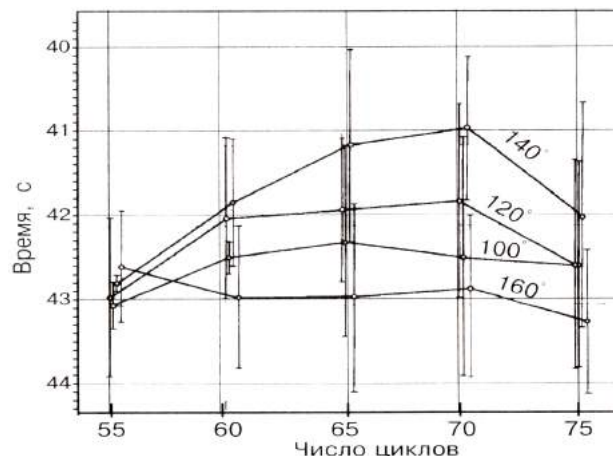


Рисунок 7. – Влияние различных амплитуд движений в суставах ног брассистов и темпа на скорость плавания

Притом различный темп движений вносит вклад в величину скорости. Однако наиболее оптимальной частотой движения является темп в пределах 65 циклов в минуту. Дальнейшее его увеличение не способствует повышению скорости. Так, при частоте движений 70 циклов в минуту показатель скорости остается без изменений.

При темпе 75 циклов в минуту скорость плавания резко падает, особенно при сгибании ног в тазобедренных суставах от 120 до 140° при подготовительной фазе движения. Это в полной мере относится и к остальным величинам подготовительных углов в рассматриваемых суставах, с той лишь разницей, что граница их оптимального применения находится в пределах 60 циклов в минуту.

Стабилизация скорости в основном наступает в результате укорочения рабочих амплитуд движения в суставах. Иначе говоря, увеличение угла сгибания бедра в подготовительной фазе при возрастающем темпе плавания ведет ко все большему недоразгибанию голени в конце рабочей фазы движения. В итоге нецелесообразно повышение частоты плавания в границах от 60 до 70 циклов при подготовительных углах сгибания в тазобедренных суставах не более 120 и не менее 140°. Выявленная экспериментальным путем модель подготовительной фазы движения ног наиболее качественно реализуется на дистанции 100 м при темпе движений 65±5 циклов в минуту [7].

Значительное увеличение частоты движений, выходящее за границу привычного для спортсмена темпа*, сопровождается увеличением рабочих амплитуд и падением скорости плавания. Известно, что во время рабочего движения ногами стопа и большая часть голени активно взаимодействуют с водной средой. Спортсмен, как говорится, «чувствует воду». Однако это чувство пропадает, если спортсмен, не умея варьировать темпом, увеличивает его. Это было отмечено у исследованных спортсменов при проплывании дистанции с частотой 75 циклов в минуту. Переход границы критического темпа ведет к нарушению пространственно-временных характеристик техники и падению скорости плавания. Следовательно, при преодолении соревновательной дистанции можно варьировать темпом, но в определенных пределах. В противном случае наблюдается потеря скорости. Для оценки темпа плавания брассом на дистанции 100 м предлагается следующая градация:

- 55 циклов в минуту – малый темп;
- 60 циклов в минуту – средний темп;

– 65 циклов в минуту – высокий или оптимальный темп;

- 70 циклов в минуту – критический темп;
- 75 циклов в минуту – запредельный темп.

Это и есть один из основных ответов на то, почему во время самых ответственных соревнований мы часто становимся свидетелями, когда спортсмен, особенно на финишной прямой, стремясь повысить скорость плавания, резко увеличивает темп движений. Однако далеко не всегда увеличение темпа приносит ему желаемый выигрыш в скорости. Так было со многими выдающимися брассистами.

Таким образом, совокупность результатов научных исследований, законов биомеханики и гидродинамики, способных обеспечить равномерно высокую скорость за счет мобилизации и взаимосвязи двигательных качеств, выделяется в так называемый модельный или соревновательный вариант техники плавания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александер, Р. М. Биомеханика / Р. М. Александер. – М. : Мир, 1970. – 340 с.
2. Бэтчелор, Д. К. Введение в динамику жидкости / Д. К. Бэтчелор. – М. : Мир, 1973. – 758 с.
3. Донской, Д. Д. Биомеханика с основами техники / Д. Д. Донской. – М. : Физкультура и спорт, 1971. – 288 с.
4. Иванченко, Е. И. Прогрессивная техника движений ног пловцов-брассистов / Е. И. Иванченко. – Теория и практика физической культуры. – 1973. – № 2. – С. 23–24.
5. Иванченко, Е. И. Основы системы спортивной подготовки : учеб.-метод. пособие / Е. И. Иванченко. – Минск : БГУФК, 2012. – 278 с.
6. Иванченко, Е. И. Виды подготовки в спорте : учеб.-метод. пособие / Е. И. Иванченко. – 2-е изд., стер. – Минск : БГУФК, 2016. – 260 с.
7. Иванченко, Е. И. Экспериментальное исследование зависимости силы пловцов от амплитуды движения в суставах ног брассистов : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. – М., 1974. – 24 с.
8. Иванченко, Е. И. Оптимальные углы сгибания ног в суставах при плавании брассом / Е. И. Иванченко // Теория и практика физической культуры. – 1975. – № 6. – С. 8–11.
9. Иванченко, Е. И. Определение зависимости между темпом и амплитудой движений в суставах ног брассистов / Е. И. Иванченко // Плавание. – 1975. – Вып. 1. – С. 23–25.
10. Иванченко, Е. И. Теоретико-методические основы становления высшего спортивного мастерства пловцов : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04. – / Е. И. Иванченко. – М. : 1991. – 319 с.
11. Иванченко, Е. И. Теория и практика спорта : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. «Физическое воспитание и спорт» : в 3 ч. / Е. И. Иванченко. – Минск : Четыре четверти, 1997. – Ч. 2. – 180 с.

06.10.2017

* Привычный темп подразумевает темп движений на основной соревновательной дистанции спортсмена.