

Мифы и реалии биомеханики гребли

Валерий Клешнев, к.п.н., с.н.с.
Австралийский Институт Спорта

1 Введение

На протяжении последних десятилетий многие гребцы, их тренеры и даже спортивные ученые стали верить, что «продвижение лодки вперед» - главная задача в гребле. Вот цитата из учебника Гребной спорт (1, с.89) : «Цель всех действий спортсмена за время проводки состоит в том, чтобы придать **лодке** возможно большее ускорение». В различных публикациях и в устных высказываниях часто можно слышать такие производные этой концепции, как:

- Гребцы должны протягивать рукоятку на гребке как можно сильнее, а упираться в подножку как можно меньше, т.к. сила на рукоятке двигает лодку вперед, а сила на подножке – назад.
- Подтягивание подножки на подготовке - двигает лодку вперед и полезно для увеличения ее скорости. Некоторые «ученые» даже подводят под это «научное» обоснование, заявляя, что гребец генерирует «пропульсивную мощность» не только на гребке, но и подготовке (3).

Относится это не только к российским специалистам гребли, но, пожалуй даже в большей степени, в зарубежным. Иногда дело доходило даже до курьеза: некоторые предлагали измерять эту «пропульсивную силу» даже на эргометре с помощью датчиков или просто наблюдая куда скользит незакрепленный Концепт по полу: если двигается в сторону подножки – то это, мол, плохо, гребец «тормозит лодку».

С первого взгляда концепция «двигай лодку» выглядит вполне логично. Действительно, гребцы сидят в лодке, а не наоборот. Следовательно, чем быстрее двигается лодка, тем быстрее двигаются и гребцы сидящие в ней. Да и на финише время и место экипажа определяется по шарик укреплённому на лодке, а не на гребцах. Поэтому, концентрация всех усилий гребца на продвижении именно лодки выглядит, как единственный способ добиться результата в гребле.

На самом деле, эта теория очень похожа на древнюю теорию Птолемея, который видимое движение Солнца объяснял его вращением вокруг Земли. С точки зрения любого простого наблюдателя ведь так оно и есть: Земля неподвижна, а Солнце движется по небу. Потребовалось почти полтора тысячелетия и несколько Ученых, сожженных на кострах инквизиции, чтобы доказать обратное: Земля вращается вокруг Солнца, а движение последнего по небу обусловлено вращением Земли вокруг своей оси. Еще через пару столетий великий Ньютон поставил точку в этой теории: Солнце и Земля вращаются вокруг общего центра масс, который практически совпадает с центром Солнца из-за ее огромного превосходства в массе.

Астрономическая теория имеет прямую аналогию в гребле: когда гребец перемещается в лодке, он на самом деле больше двигает лодку относительно себя. Точнее, перемещения лодки и гребца обратно пропорциональны их массам. Например, если 90 кг гребец переместился в 15 кг лодке на 63 см, то центр масс гребца сместился всего на 9 см, а лодка сместилась на 54 см (соотношение 1:6). Разница в массе лодки и гребца – краеугольный камень в теории эффективной техники гребли. Если хочешь двигать всю систему лодка-гребец, то в первую очередь нужно думать, как сдвинуть гребца.

В чем же состоит основная биомеханическая задача гребли и что нужно делать, чтобы эту задачу решить? Очевидно, что конечная цель – это высокая скорость лодки. Однако, декларируя лишь одну эту цель, немногого добьешься. В самом деле, делать то что? Грести сильнее или чаще или длиннее? Тянуть сильнее за рукоятку или упираться в подножку? Работать ногами или использовать руки и туловище? Вот круг вопросов, который встает перед любым думающим тренером.

2 Анализ трансформации энергии при гребле

Чтобы ответить на поставленные выше вопросы, попробуем взглянуть на греблю с точки зрения превращения энергии (Рис. 1).

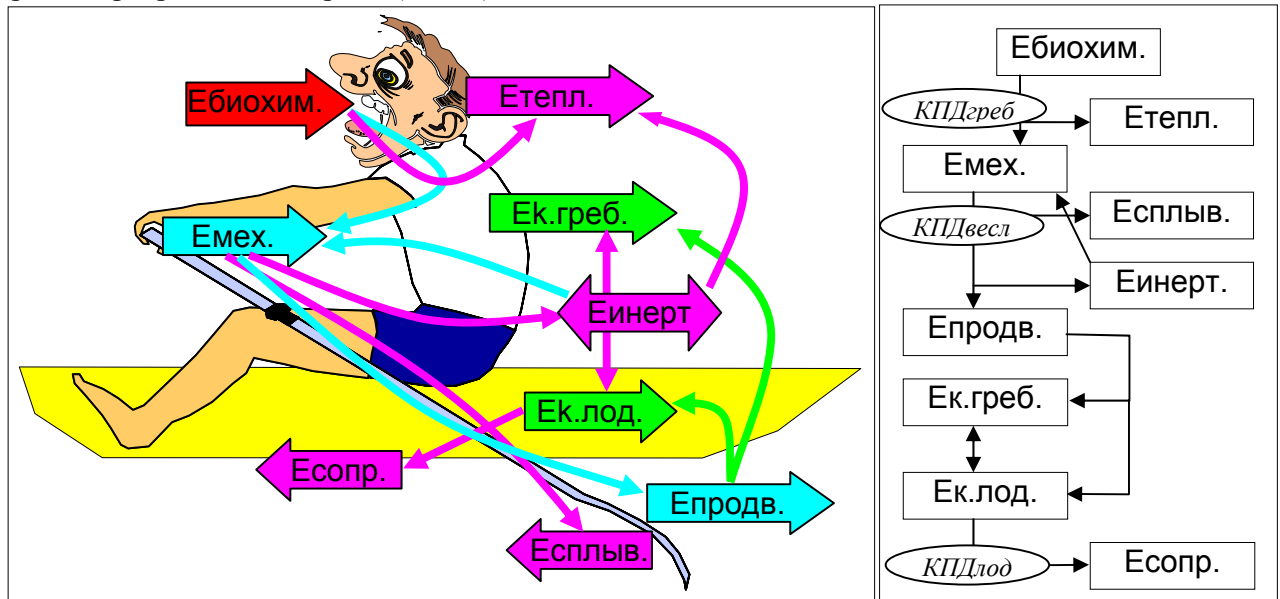


Рис. 1 Схема трансформации энергии при гребле.

2.1 КПД гребца

Поставщиком энергии являются кислород и биохимические источники в организме спортсмена *Ебиохим.* (аэробные и анаэробные). Оставим нашим коллегам физиологам и биохимикам разбираться с тем, как эти источники работают. Здесь мы лишь констатируем, что большая часть биохимической энергии рассеивается в виде тепла (*Етепл.*), а меньшая часть трансформируется в механическую энергию *Емех.*, которую гребец прикладывает к рукоятке и подножке. Определим эффективность работы гребца $KПД_{греб.}$, как:

$$KПД_{греб.} = E_{мех.} / E_{биохим.}$$

, который составляет 20 - 28% (по нашим и литературным данным). Заметим, что в $KПД_{греб.}$ имеются значительные биомеханические компоненты. На него влияют:

- Характер включения различных мышечных групп. Крупные мышцы имеют более высокий КПД, чем мелкие.
- Согласованность действий различных мышц. Напряжение мышц антагонистов противодействует рабочим мышцам и приводит к бесполезной трате энергии. Сюда же относится характер работы дву-суставных мышц. Например, мышцы задней поверхности бедра при сокращении сгибают колено и разгибают таз. Поэтому раннее «открытие» туловища на проводке может тормозить работу ног, противодействуя работе мышц передней поверхности бедра.
- Характер работы мышц. Единовременная активация мышцы более эффективна, чем две полу-активации.
- Количество энергии, которое затрачивается на вспомогательные движения, такие, как вертикальные движения весла в захвате и конце проводки, поддержание позы и т.п.

2.2 КПД весла

Часть произведенной энергии $E_{мех.}$ теряется на сдвиг воды лопастью $E_{сплыв.}$ (сплывание лопасти), а часть $E_{продв.}$ идет на продвижение гребной системы. Пропульсивную эффективность весла мы определяем как:

$$КПД_{весл} = E_{продв.} / (E_{продв.} + E_{сплыв.})$$

$КПД_{весл}$ составляет от 70 до 92% (4) и на него влияют следующие факторы:

- Удельное давление на лопасть. При большей площади лопасти и меньшей приложенной силе – сплывание меньше, и наоборот. Различные формы лопасти и ее модификации типа «вортекс» работают аналогично увеличению площади весла. Так мы определили, что использование накладок «вортекс» соответствует увеличению площади весла порядка 10%. В парной гребле суммарная площадь двух весел больше, чем в распашной, соответственно и $КПД_{весл}$ несколько выше.
- Скорость лодки. В более быстрых крупных лодках $КПД_{весл}$ выше. По видимому, это является следствием более выраженного эффекта гидролифта.
- Характер приложения усилий. Резкое нарастание усилий в захвате приводит к образованию зоны пониженного давления за задней поверхностью лопасти, некоего разряженного воздушного пузыря, который препятствует сплыванию лопасти.
- Острые углы в захвате и в конце гребка и соответствующие им значительные компоненты сил в перпендикулярном движению лодки направлении **не снижают** $КПД_{весл}$, поскольку эти силы производят нулевую работу. На самом деле, эффект разложения сил аналогичен изменению передаточного отношения весла: более острый угол соответствует более короткому внутреннему рычагу весла. Поэтому грести тяжелее по усилиям, но легче по скорости.

Продвигающая энергия $E_{продв.}$ – термин достаточно условный, на самом деле это ни что иное, как сумма кинетических энергий движения гребца $E_{к.греб.}$ и лодки $E_{к.лод.}$. Поскольку гребец совершает возвратно-поступательное движение относительно лодки, происходит постоянный обмен кинетической энергией между ними. На проводке большая часть энергии аккумулирует масса гребца, а на подготовке эта энергия передается лодке за счет подтягивания ее за подножку.

2.3 Инерционные потери

Тело спортсмена – не есть идеальный маятник или пружина, поэтому на преодоление инерции возвратно-поступательного движения ему приходится затрачивать дополнительную энергию $E_{инерт.}$. Представьте, что вы не гребете, а просто ездите взад-вперед на банке – вы затратите на это энергию. Часть этих инерционных потерь может быть возвращена в систему, например, за счет использования $E_{к.греб.}$ для создания продвигающей энергии в конце фазы проводки.

По нашим и другим данным инерционные потери составляют 7-11% от $E_{мех.}$, не зависят от темпа гребли, а определяются отношением масс лодки и гребца и амплитудой их относительного перемещения. Если бы лодка или гребец были лишены массы или не перемещались относительно друг-друга, то и инерционные потери энергии были бы равны нулю. Однако, минимальный вес лодки ограничен, снижение веса гребца приведет к снижению мышечной массы и мощности гребли (если только у гребца нет лишнего жира), а снижая амплитуду перемещения мы также снизим мощность работы гребца. Поэтому мы немного можем сделать для уменьшения инерционных потерь. Предлагаемые некоторыми тренерами методы «перевода» движения гребца с подъезда на гребок с помощью «перекантовки» корпуса никак не влияют на инерционные потери, а лишь «запирают» ноги и мешают эффективному выполнению проводки.

2.4 КПД лодки

Если мы рассматриваем стационарное движение системы (т.е. без ускорения, как на старте, или замедления), то баланс энергии за цикл гребка должен быть равен нулю. В итоге, вся кинетическая энергия рассеивается за счет гидро- и аэродинамического сопротивления $E_{сопр}$. В среднем, 90% приходится на долю первого и остальные 10% - второго. Колебания скорости лодки цикле гребка приводят к тому, что $E_{сопр}$ несколько больше той минимальной величины энергии $E_{мин.}$, которая могла быть затрачена, если бы скорость лодки была равномерной и равной средне-цикловой. Отношение этих двух величин мы называем эффективностью скорости лодки $КПД_{лод}$.

$$КПД_{лод} = E_{мин} / E_{сопр} = E_{мин} / E_{продв}$$

По нашим данным (4, 6) вариация скорости лодки и $КПД_{лод}$ обратно пропорциональны темпу гребли. $КПД_{лод}$ снижается в среднем с 95,5% при темпе 20 гр/мин до 93,5% при 40 гр/мин. Кроме того, $КПД_{лод}$ тем ниже, чем выше соотношение веса гребца и лодки, поэтому у легковесов и женщин это показатель несколько выше. В общем, мы обнаружили очень небольшую вариацию $КПД_{лод}$ между экипажами различного уровня при близком темпе - не более 0,4%, что соответствует выигрышу всего 0,5с на 2000м. Все это серьезно расходится с теорией, которая ставила равномерность хода лодки во главу угла.

Единственное, что можно посоветовать для увеличения $КПД_{лод}$ – это мягкое, без рывка начало подготовки (14). Главная задача – равномерно распределить передачу кинетической энергии от гребца к лодке на протяжении всего подъезда. Если же резко завершить гребок и «дернуться» на подготовку, то скорость лодки при этом резко возрастет, за что придется платить в конце подготовки, резко тормозя лодку перед захватом. Кроме того, эти резкие движения вызывают и дополнительный расход энергии гребца. В этом плане австралийский стиль гребли, с несколько «ленивым» переходом от гребка к подготовке, выглядит вполне рациональным.

То же самое относится и к стратегии прохождения гоночной дистанции (7, 8). Прохождение гонки почти никогда не бывает равномерным у лучших экипажей. Потери от вариации скорости лодки могут составить максимум 1,5 с, что с лихвой окупается психологическими и физиологическими преимуществами от правильно выбранной стратегии.

2.5 Общий КПД гребли

Перемножая приведенные выше величины КПД, можно получить общий показатель эффективности гребли $КПД_{общ}$, равный $18,5\% \pm 4,5\%$. Если мы примем все потери (в среднем 81,5% от общего количества затраченной энергии) за 100%, то можно подсчитать, что:

- 93%, подавляющая часть потерь, происходит внутри тела гребца,
- 5,3% составляют потери на сплывание лопасти,
- 1,3% теряется на внутрицикловые колебания скорости лодки,
- 0,5% составляют инерционные потери.

Приведенные цифры – ясный указатель на ту область, где следует искать наибольшие резервы улучшения результативности в гребле.

3 Кинетический анализ гребли

3.1 Соотношение силы, скорости и кинетической энергии

В этом разделе мы рассмотрим процесс трансформации механической энергии, произведенной гребцом в кинетическую энергию движения системы лодка-гребец. Этот процесс является ключевым моментом эффективной техники гребли.

Гребля – процесс периодический, т.е. в цикле гребка период продвижения (опорная фаза, проводка) чередуется с периодом замедления (безопорная фаза, подготовка).

Кинетическая энергия системы увеличивается, аккумулируется в фазе проводки и снижается, расходуется в фазе подготовки. **Количество кинетической энергии, которое система гребца-лодка аккумулирует в фазе проводки определяет среднюю скорость движения системы.**

Что же нужно делать, чтобы максимально увеличить кинетическую энергию в фазе проводки? Приведем формулу для определения кинетической энергии:

$$E = m v^2 / 2 \quad (1)$$

, где m – масса тела, v – его скорость. Видно, что кинетическая энергия пропорциональна массе и квадрату скорости движения этой массы. Отсюда: **Основной аккумулятор кинетической энергии в фазе проводки – масса тела гребца**, которая составляет основную часть массы системы.

В подтверждение вышеизложенного приведем реальные данные, полученные в результате телеметрического тестирования на воде (Рис. 2). Кинетическая энергия гребцов в фазе проводки увеличивается на 790 Дж, а лодки – только на 120 Дж. Масса гребцов аккумулирует 87% от общего прироста энергии системы, а лодка – только 13%. Это соотношение даже несколько выше соотношения масс.

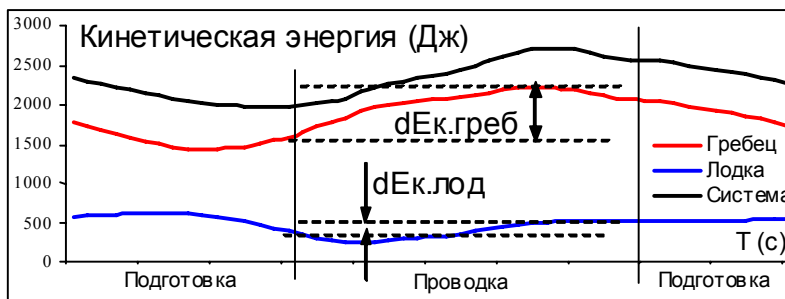


Рис. 2. Динмика кинетической энергии в цикле гребка. Чемпионы мира в двойке без рулевого, темп 34,5 гр/мин.

Что должен делать гребец, чтобы максимально увеличить прирост своей кинетической энергии в фазе проводки? Второй сомножитель в формуле кинетической энергии – скорость центра массы тела, причем скорость берется в квадрате, что говорит о ее особой значимости. Прирост скорости за единицу времени есть ускорение тела, которое по второму закону Ньютона пропорционально силе действующей на тело. На языке формул это выглядит так:

$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{E_2 - E_1}{dt} = \frac{m}{2} \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{dt} = m \frac{(v_2 - v_1)}{dt} \frac{(v_2 + v_1)}{2} = ma v_{cp} = F v_{cp} \quad (2)$$

Таким образом, прирост кинетической энергии за единицу времени, который есть ни что иное, как полезная мощность, идущая на продвижение тела вперед, равны произведению силы приложенной к этому телу на среднюю скорость тела за единицу времени.

3.2 Силы в системе гребца-лодка-весло

Чтобы выяснить, из чего складывается сила ускоряющая гребца, рассмотрим основные силы, действующие в системе гребца-лодка-весло (Рис. 3). Ими являются четыре активные силы, приложенные к рукоятке, подножке, уключине и лопасти весла, а также четыре силы реакции, равные по величине вышеназванным активным силам, но противоположные по направлению.

Сила ускоряющая центр массы гребца тем больше, чем больше сила реакции на подножке и чем меньше усилие на рукоятке:

$$F_{греб.} = R_{подн.} - F_{рук.} = m_{греб} a_{греб} \quad (3)$$

В формулу силы ускоряющей лодку, наоборот, эти два компонента входят с противоположными знаками:

$$F_{лод.} = F_{укл.} - F_{подн.} = m_{лод} a_{лод} \quad (4)$$

Сила реакции на лопасти весла – единственная сила, которая двигает вперед всю систему. Она равна по модулю и противоположна по направлению активной силе, с которой лопасть давит на воду. Последняя определяется парой сил $F_{рук}$ и $R_{рук}$.

$$F_{лоп} = R_{рук} - F_{рук} = m_{сис} a_{сис} \quad (5)$$

Заметьте, что и в это уравнение сила на уключине входит со знаком плюс, а сила на рукоятке - со знаком минус. Поскольку силы на уключине и подножке связаны друг с другом (из уравнения 4), мы можем заключить, что давление в подножку – прямой способ продвижения всей системы гребец-лодка вперед. Кроме того, уравнение (5) - следствие соотношения внутреннего $L_{внутр}$ и внешнего $L_{внешн}$ рычагов весла:

$$F_{лоп} = F_{рук} \frac{L_{внутр}}{L_{внешн}} = R_{рук} \frac{L_{внутр}}{(L_{внутр} + L_{внешн})} \quad (6)$$

При большем внутреннем рычаге сила на лопасти выше при постоянном усилии на рукоятке, что соответствует более «легкому» передаточному отношению. Скорость протягивания рукоятки при этом должна быть выше.

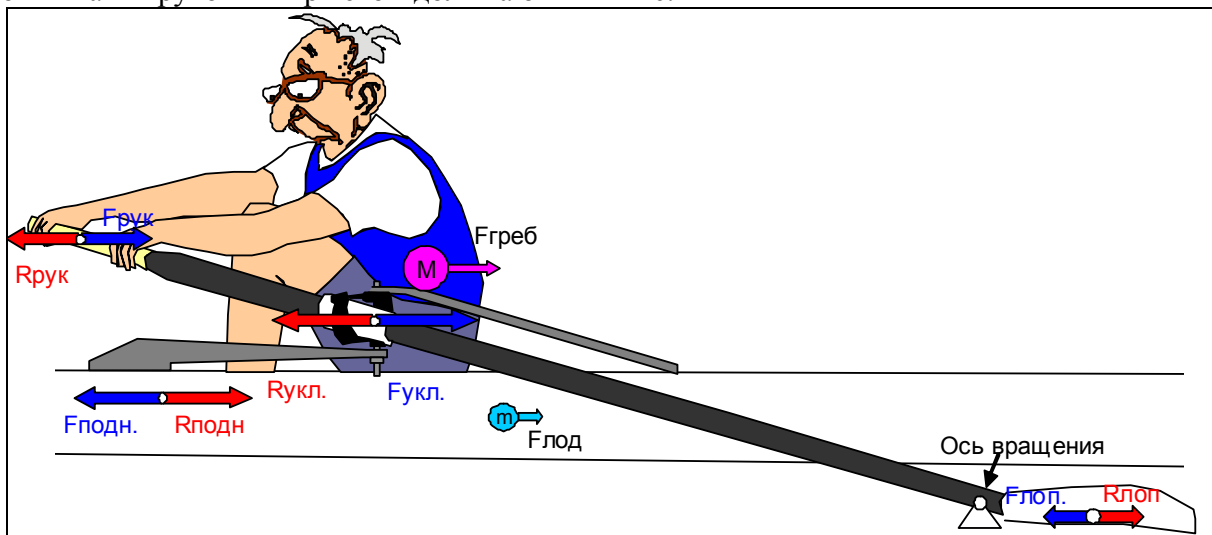


Рис. 3. Основные силы в системе гребец-лодка-весло.

Все вышеизложенные выкладки свидетельствуют о том, что **приложение максимальных усилий к подножке лодки – есть наиболее эффективный способ гребли** (обеспечив, конечно же, погружение лопасти в воду). Очевидно, что добиться этого можно, в основном, за счет активной работы ног. Не забудем также второй множитель в уравнении (2) – скорость. А значит, чтобы эффективно ускорять массу гребца работа ног должна быть быстрой.

4 Некоторые параметры контроля и оценки техники гребли

Наилучшее средство проверить технику гребли и оценить ее сдвиги в результате тренировок – это измерение и анализ механических параметров гребли с помощью датчиков и телеметрической системы. Имея более чем вековую историю, современная телеметрическая система весит чуть больше килограмма и позволяет анализировать данные в реальном времени с помощью микро-компьютера.

Программа биомеханического тестирования в настоящее время имеет три протокола с различным количеством измеряемых параметров:

- **Стандартный.** Измеряются: 1) Скорость лодки, 2) Ускорение лодки, 3) Момент усилия на рукоятке, 4) Горизонтальный угол весла, 4) Вертикальный угол, 5) Перемещение банки, 6) Перемещение плечевого пояса (в мелких лодках).

- **Углубленный.** Дополнительно измеряются: 7) Поперечное усилие на уключине, 8) Продольное усилие на уключине, 9) Усилие на подножке (горизонтальная компонента, правое и левое), 10) Сила давления на банку, 11) Скорость ветра, 12) Направление ветра.
- **Исследовательский.** Дополнительно измеряются: 13) Усилие на рукоятке, 14) Усилие на лопасти, 15) Вертикальное усилие на подножке, 16) Крен лодки поперечный, 17) Дифферент лодки, 18) Ускорение банки.

За последние пять лет в ходе работы со спортсменами Института Спорта и Национальной команды Австралии было проведено тестирование более чем 450 экипажей и занесено в базу данных около 1700 образцов данных на экипаж при различном темпе гребли и более 6000 образцов данных на спортсмена. Далее мы рассмотрим результаты анализа этих данных.

4.1 Кривая усилия

Кривая усилия является наиболее традиционным параметром для оценки техники гребли и измеряется уже более столетия. Написано много работ и разработано несколько теорий на тему «идеальной кривой». Большинство отечественных и англоязычных теорий (не будем обижать авторов упоминанием) сходны в том, что целью является прямоугольная или трапецевидная кривая усилия. Обоснования этих теорий неубедительны: способность гребца к максимальному усилию ограничена, поэтому для получения наибольшего среднего усилия (площади под кривой усилия) необходимо поддерживать это максимальное усилие как можно дольше (1).

С другой стороны, немецкие специалисты (11 и др.) считают, что **кривая усилия должна выглядеть, как закругленный сверху треугольник и ее пик должен приходиться на первую треть гребка**. Обоснования: способность к максимальным усилиям выше в начале гребка (работают более мощные группы мышц), скорость рукоятки увеличивается к концу и поддержать усилие намного труднее.

Как показал опыт наблюдения более 6000 кривых усилий и их анализ вторая точка зрения является правильной. Лишь около 5% гребцов имеют форму кривой похожую на трапецию и это далеко не самые лучшие гребцы. Закономерность, которую удалось выявить связывает кривую усилия (а также скорости и мощности) с координацией включения в работы сегментов тела и состоит в следующем:

- При резком «прыжке» ногами (Рис. 4, а) и последующем включении туловища кривая приобретает желаемую треугольную форму. Пики мощности сегментов чередуются, в порядке ноги-туловище-руки. Ускорение массы тела гребца максимально при такой технике гребли.
- При опережении туловищем ног или при их одновременном включении (Рис. 4, б) кривая усилия становится похожа на трапецию. Ускорение массы тела гребца и эффективность проводки при этом значительно снижены.

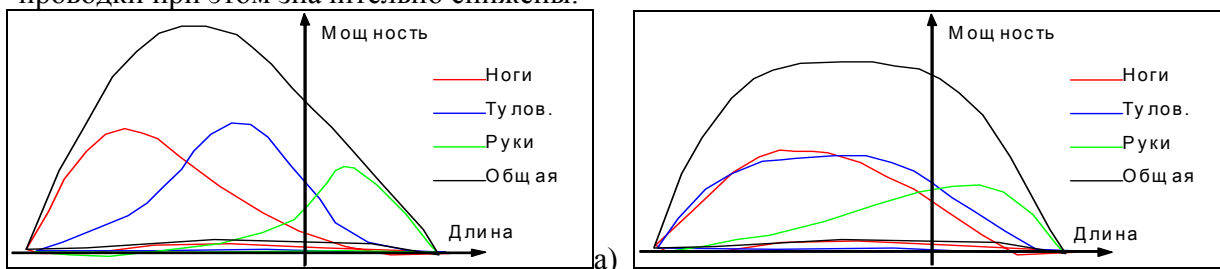


Рис. 4. Кривые усилий при правильной (а) и неправильной (б) координации сегментов тела.

Положение пика усилий зависит от класса лодки и составляет (расстояние от захвата в % от общей длины гребка): 35-40% в крупных лодках (восьмерка, четверка), 40-45% в двойках и 45-50% в одиночках. Это означает, что чем быстрее лодка, тем ближе пик усилия к началу проводки. В одиночках он приходится почти на середину проводки, однако это может быть следствием отсутствия в выборке высоко-классных одиночников.

4.2 Скорости и мощности сегментов тела

Измеряя перемещение банки и плечевого пояса в гребле, мы можем определить скорости основных сегментов тела гребца: ног, туловища и рук. Перемножая полученные скорости на усилия, которые действуют на рукоятку и подножку, мы определяем мгновенные мощности сегментов, и интегрируя их рассчитываем суммарную работу произведенную каждым сегментом. У лучших гребцов соотношение работы ног : туловища : рук составляет, в среднем, 45% : 40% : 15%.

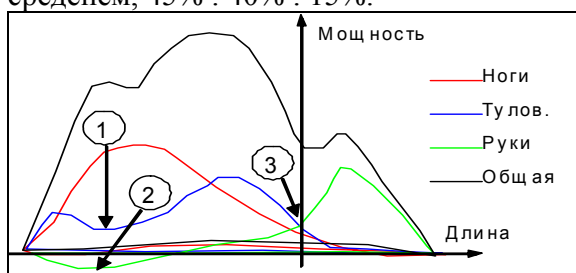


Рис. 5. Диагностика технических ошибок по кривым мощности сегментов.

Помимо приведенной выше функции определения стиля гребли, кривые мощности сегментов служат хорошим индикатором различных технических ошибок (Рис. 5). Данный рисунок может служить иллюстрацией следующих технических ошибок:

1. «Закидывание» туловища в начале проводки и его двойная активация. Очень распространенная ошибка. Ведет к «запиранию» ног, нестабильности работы лопасти и снижению разгона массы гребца.
2. Негативная, уступающая работа рук. Руки и плечи были недостаточно «натянуты» в захвате и разгибаются в начале проводки, поглощая энергию, которую производят ноги и туловище. То же самое иногда случается с туловищем и называется «прострел банки».
3. Несогласованность работы сегментов. Ноги и туловище уже закончили работу, а руки не «подхватили» ее. Это приводит к разрывам в проводке и снижению ее эффективности.

4.3 Снятие веса с банки

Теории снятия веса с банки также противоречивы. Отечественные специалисты в большинстве считают его полезным, а вот Фолкер Нольте (13), например, считает его вредным, поскольку оно ограничивает возможность приложить усилия к рукоятке.

По моему мнению, истина здесь посередине. Снятие веса тем больше, чем больше вертикальное расстояние между подножкой и рукояткой $H_{рук}$. (Рис. 6, а) и чем меньше горизонтальное расстояние $L_{вес}$ между опорой и центром массы гребца. Опуская подножку и поднимая высоту тяги можно добиться снятия всего веса в начале проводки даже при небольшом усилии на рукоятке, что конечно же будет ограничивать последнее, и здесь Нольте прав.

С другой стороны, снятие веса поднимает лодку из воды и уменьшает гидродинамическое сопротивление на проводке. Кроме того, это хороший индикатор для гребца, определяющий усилие на рукоятке. Конечно же, невозможно удержать снятие веса до конца проводки, как рекомендуют некоторые авторы, поскольку усилие на рукоятке $F_{рук}$ снижается, а плечо веса гребца $L_{вес}$ увеличивается.

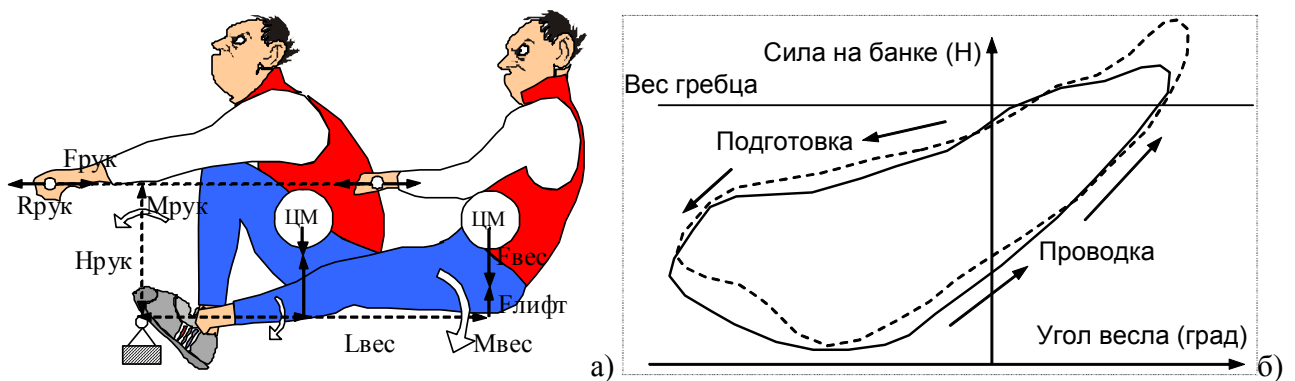


Рис. 6. Схема сил при снятии веса с банки (а); сила давления на банку (б) у высококвалифицированного гребца (сплошная линия) и гребца среднего уровня (пунктир).

В результате наших измерений было определено, что практически все более-менее квалифицированные гребцы снимают почти весь свой вес в момент пика усилий на рукоятке, оставляя на банке лишь 2-6 кг (Рис. 6, б). Элитные гребцы отличаются тем, что быстрее снимают вес в начале проводки и чуть дольше его удерживают.

Вывод такой: установите такую высоту между подножкой и рукояткой, какая соответствует силовым возможностям гребца и снимайте веса столько, сколько нужно, чтобы не слететь с банки. Если сила гребца возрасла при той же массе, необходимо уменьшить высоту тяги или поднять подножку.

В конце проводки – начале подготовки давление на банку превышает вес спортсмена на 25-30%. Возврат «за ремни» увеличивает это вертикальное давление, которое «задавливает» лодку и приводит к увеличению гидродинамического сопротивления. Кроме того, резкое опускание веса на банку и утапливание лодки приводит к образованию волны, на которую тратится энергия, что еще больше увеличивает сопротивление. Это еще один довод в пользу выполнения возвратного движения с помощью тяги за рукоятку.

4.4 Траектория движения весла

Измеряя изменения горизонтального и вертикального углов весла, мы можем начертить траекторию движения любой его точки. На самом деле эта траектория находится на поверхности сферы, но мы вынуждены перенести ее на плоскость, так же, как изображения земной сферы переносят на карты. В отличие от немецких специалистов (11), которые изображают траекторию движения рукоятки, мы интерпретируем углы весла, как траекторию движения центра лопасти (Рис. 7).

За нуль вертикального угла принимаем положение центра лопасти на уровне поверхности воды, условясь, что погружение лопасти вниз соответствует отрицательному вертикальному углу. Зная геометрию весла, мы определили какой угол соответствует полному погружению лопасти – это величина -3 град., которая была принята за критерий.

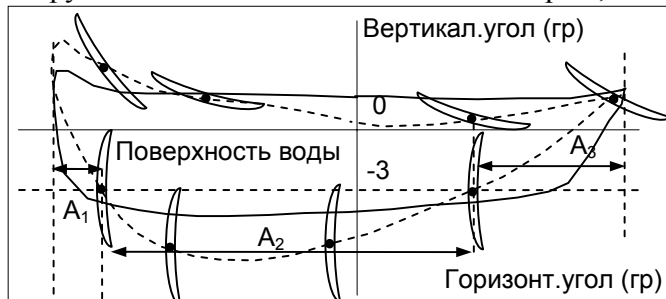


Рис. 7. Анализ траектории движения весла. Образцы кривых высококвалифицированного гребца (сплошная линия) и гребца среднего уровня (пунктир).

Далее, мы определяем для каждого гребца, на каждом отрезке во время тестирования следующие величины горизонтального угла весла:

- Угол сплывания в захвате A_1 , который требуется для полного погружения лопасти. (Оптимальные значения 4-6% от общей длины гребка).
- Эффективный угол A_2 , в течение которого весло полностью скрыто под водой (82-86%).
- Угол сплывания в конце проводки A_3 , верхняя кромка весла выше поверхности воды (10-12%).

Кроме того, максимальное погружение весла не должно превышать 7-8 град. В противном случае работа весла становится менее эффективной из-за обратного движения веретена весла в воде и вертикального разложения усилий. **Определение траектории движения весла является очень эффективным способом коррекции техники гребли.**

5 Заключение

В заключение приведем итоговую таблицу мифов и реалий в технике и биомеханике гребли:

<i>Мифы</i>	<i>Реалии</i>
<i>Ускорение лодки – главная задача в фазе проводки</i>	Ускорение массы гребца – главная задача в фазе проводки
<i>Идеальной формой кривой усилия является прямоугольник или трапеция.</i>	Идеальной формой кривой усилия является закругленный сверху треугольник с пиком в промежутке 35-45% от длины гребка.
<i>Длинный гребок ведет к потерям энергии от разложения сил в перпендикулярном к движению лодки направлении.</i>	Длинный гребок не снижает КПД весла, а лишь изменяет его передаточное отношение. Чем острее угол – тем больше силы и меньше скорости.
<i>Колебания скорости лодки в цикле гребка – основная причина потерь энергии в гребле. Гребцы должны делать все для поддержания равномерного хода лодки.</i>	Колебания скорости лодки в цикле гребка не могут быть существенно снижены из-за периодического характера гребли и перемещения массы гребца. Максимальное улучшение здесь принесет не более 0,5 сек на 2000м.
<i>Можно «обмануть» силы инерции и «перекантовать» движение гребца с подъезда на проводку.</i>	Обмануть законы механики еще никому не удавалось. Попытки сделать это приводят лишь к худшему ускорению массы гребца и снижению эффективности техники гребли.
<i>В конце проводки возврат «за ремни» более эффективен, чем возврат с помощью тяги за рукоятку, поскольку «разгружает» руки.</i>	Возврат с помощью тяги за рукоятку предпочтительнее с точки зрения долговременного поддержания усилия на лопасти и меньшего осаживания лодки.
<i>Распределение скорости лодки при прохождении гоночной дистанции должно быть равномерным.</i>	Победители мировых регат обычно имеют +2,5% от средней скорости лодки на первой пятисотке, (-1%)-(-1,5%) на 2й – 3й и 0% - на последней.

Приведенные в данной статье выдержки из теории рациональной техники гребли не претендуют на первенство в открытии основных принципов. Как говорится, новое – это хорошо забытое старое. Еще в конце XIX века выдающийся англо-австралийский тренер Стив Ферберн написал: «Найдите, как использовать свой вес и вы решите проблему, как двигать лодку» (4).

Идеи Ферберна были осмыслены и продвинуты далее выдающимися отечественными теоретиками и практиками гребли А.М.Шведовым и А.Н.Шебуевым, а также многими-многими

другими. Вот цитата из Игоря Демьянова, подготовившего трехкратного Олимпийского чемпиона Вячеслава Иванова (2, с.35): «...как ни парадоксально это кажется, основная задача гребца во время проводки – не сильное и быстрое протягивание рукоятки, а разгон собственной массы до максимальной скорости».

А вот свидетельство из совсем недавнего прошлого. Валерий Досенко говорит о технике, которую его тренер Игорь Гринько воплотил в четверке парной, завоевавшей четыре золота на чемпионатах мира в 1986-91 гг.: «У нас не было понятия - "протянуть рукоятку быстрее", где заканчивалась опора (в подножку –В.К.) - там и заканчивался гребок. Чем резче "выпрыгиваешь" от подножки тем больше скорость проводки - руки только связующее звено, ими тянуть нельзя...».

Почему же до сих пор находятся тренеры и «ученые» которые идут по ложному пути, не желая понять и осмыслить золотой запас прошлого? Оставим этот вопрос без ответа. Хотелось бы только напомнить этим «специалистам», что их невежество – на только их личное дело. За их ошибки спортсмены расплачиваются потом, слезами и лучшими годами своей жизни, потраченными впустую. Помните об этой ответственности, коллеги!

6 Литература

1. Гребной Спорт. 1987. Учебник под ред. Чупруна А.К. М. ФиС. с. 288.
2. Демьянов И.Я. 1969. Техника гребли. М. ФиС. с. 85.
3. Кирсанов В.А., Кleshnev В.В. 1996. Техника и биомеханика академической гребли. С.Пб. НИИФК, с.50
4. Fairbairn S. 1951. On Rowing. N. Kaye Ltd. pp.574.
5. Kleshnev V.1997.The effects of stroke rate on biomechanical parameters and efficiency of rowing.14th Int. Symp. Biomechanics in Sport, Lisboa, Portugal, с.122
6. Kleshnev V. 1999. Propulsive efficiency of rowing. In: ISBS '99 : XVII International Symposium on Biomechanics in Sports. Sanders and Gibson (eds.), pp. 69-72.
7. Кleshnev В.В. Гоночная стратегия в гребле на Олимпийских Играх в Сиднее. Гребной спорт в России. N4, с. 32-34
8. Kleshnev V. 2001. Racing strategy in rowing during Sydney Olympic Games. Australian-rowing. 24(1), Apr 2001, 20-23.
9. Kleshnev V. 2001. Stroke rate vs. distance in rowing during the Sydney Olympics. Australian-rowing. 24(2), Sept 2001, 18-22.
10. Kleshnev V. 2002. Power in Rowing. in: International Research in Sports Biomechanics. Edited by J.Hong. Routledge., 224-230.
11. Kleshnev V. 2002. Moving the rowers: biomechanical background. Australian rowing. 25(1), May 2002, 16-19.
12. Korner T., Schwanitz P. 1985. Rudern. Sportverlag, Berlin. 295 s.
13. Nolte V. 1991. Introduction to the biomechanics of rowing. FISA Coach. P.1-6.
14. Sanderson B., Martindale W. 1986. Towards optimizing rowing technique. Medicine and science in sports and exercise, 18, 454-468.
15. Smith R., Loschner C. 2000. Net Power Production & Performance at Different Stroke Rates & Abilities During Sculling. <http://www.education.ed.ac.uk/rowing/papers/sl.html>

С вопросами и комментариями обращаться:

Dr. Valery Kleshnev
 Mob: +44 7768 481 119
 e-mail: klevel@btinternet.com
 www.biorow.com