

Новости Биомеханики Гребли за 2010 год

© 2010 Валерий Клешнев к.п.н., с.н.с.

Содержание

Выпуск	Краткое содержание
1 Январь	Программа расчета скорости и настройки лодки: вопросы и ответы, описание алгоритма
2 Февраль	Поясничный и грудной контуры спины у ведущих одиночников мира
3 Март	Сравнение измерений усилий на рукоятке весла, на уключине или ее оси.
4 Апрель	Скорости лодки в финалах В, С и D мировых регат.
5 Май	Инерционные потери при гребле на эргометре
6 Июнь	Инерционные потери при гребле на воде
7 Июль	Система координат и инерционные потери при гребле на воде, Вариация скорости лодки при различных стилях гребли.
8 Август	Почему парные лодки быстрее распашных.
9 Сентябрь	Связь между покрытием, высотой тяги и "прихватом" на руки
10 Октябрь	Исследование нового динамического гребного эргометра фирмы Концепт2.

Ежемесячно издается одна статья, которая рассылается всех желающим по электронной почте, а также публикуется на сайте www.biorow.com

При любом использовании данных материалов ссылка на первоисточник обязательна.

Вопросы и Ответы

Мы получили довольно много откликов на нашу программу расчета параметров настройки лодки, которую Вы можете найти на <http://www.biorow.com/RigChart.asp>. Например, Джеми Кроули из Южной Африки пишет: «Если говорить о программе, Вы, кажется, попали в точку! В 2006 г. я тренировал одиночницу в юниорском чемпионате мира в Амстердаме, которая финишировала 4-й. Введя ее рост 167см, вес 62 кг, результат на эргометре 7:17, программа выдала внутренний рычаг 87 см, длину весла 282 см, размах между осями 160 см и расчетное время 7:53. На самом деле, Кирстен показала 7:52 при внутреннем рычаге 87 см, длине весла 281 см и размахе 159 см. Правда, ее темп был около 29-30.»

Ниже мы приводим ответы на наиболее типичные вопросы, которые мы получаем по программе.

В: «Когда я ввел свои данные для женской четверки распашной легковесов, я получил ошибку программы»

О: В программе мировых регат нет такого класса, как ЛЖ4-. Поэтому, у нас нет статистики по этой категории гребцов, а также нормативных данных для моделирования. Вы все же можете использовать инновационный метод для гребцов малого роста и веса, но их категория должна быть введена, как открытая.

В: «Лодки/весла, которые мы имеем, не подходят для инновационного выноса/длины весла. Как мы можем настроить лодку в этом случае?»

О: Вы все же можете использовать традиционный метод. Мы надеемся, что инновационный метод сможет стимулировать производство большего разнообразия гребного инвентаря. На самом деле, рост гребцов варьируется более чем на 20% (от 165 до 200 см), но вариация имеющегося в продаже инвентаря составляет всего 3% (весла распашные от 367 до 378 см, парные – от 282 до 292 см). В других аналогичных видах спорта размеры инвентаря обычно пропорциональны размерам спортсмена: напр. размеры беговых лыж изменяются на 17% (от 177 до 207 см), велосипедных рам – более чем на 30% (от 17 до 23 дюймов).

В: «Гребцы нашей команды имеют значительные различия в росте. Как мы можем настроить лодку и весла, чтобы сделать углы гребка одинаковыми?»

О: По нескольким причинам синхронность времени захвата и конца гребка являются наиважнейшими в командной гребле. С другой стороны, не существует биомеханических, причин почему должны быть одинаковы углы весла, за исключением того, что команда выглядит от этого красивее. Поэтому, время проводки – основной критерий синхронизации команды, но оно зависит не только от углов гребли, но и от характера приложения

усилий и глубины погружения весла. Вы можете использовать укороченные весла для невысоких гребцов, но Вы должны установить передаточное отношение (внешний/внутренний рычаг) таким образом, чтобы время проводки было одинаковым для всех членов экипажа. Можно использовать видео-анализ по кадрам, чтобы проверить синхронность.

В: «Когда я выполнил расчет передаточного отношения и скорости для 8+ и 4- при различной скорости ветра, я смог увидеть постоянную скорость рукоятки лишь в пределах одного класса лодки, но не между классами. Что я сделал неправильно?»

О: Да, все верно, скорость рукоятки различна у разных классов лодок, поскольку они имеют различное отношение скорости лодки и темпа (более высокая скорость при том же темпе в крупных лодках). Это связано с относительно более низких коэффициентом сопротивления в расчете на одного гребца.

Ниже приводится алгоритм инновационного метода расчета настройки лодки, для экспертов:

1. Коэффициент сопротивления **DF** был получен, как функция массы (веса) гребца **Wr** для каждого класса лодки:

$$DF = a_1 * Wr + b_1$$

2. Мощность **P** рассчитана из результата на эргометре **Te**:

$$P = Kde * V^3 = Kde * (2000 / Te)^3$$

3. Скорость **Vp** и время **Tr** были спрогнозированы их мощности **P** коэффициента сопротивления **DF**

$$Vp = (P * n * Eb / DF)^{1/3}$$

где **n** – количество гребцов в лодке, **Eb** – КПД весла.

$$Tr = 2000 / Vp$$

Иначе, время гонки **Tr** может быть введено в программу или скорректировано на скорость и направление ветра.

4. Длина дуги **Larc** была определена, как линейная функция роста гребца **Hr**

$$Larc = a_2 * Hr + b_2$$

5. Реальный **Lin_a** и измеренный внутренний рычаг **Lin** был получен, как

$$Lin_a = (180 * Larc) / (\pi * A)$$

$$Lin = Lin_a - 2cm + Wh / 2$$

где длина рукоятки **Wh** = 12см для парной и **Wh** = 30см для распашной гребли. Угол весла **A** был взят из нормативных данных для каждой категории гребцов (НБГ 2007/08) и скорректирован для U23 как 98% и для юниоров как 96% от величины для взрослых.

6. Средняя скорость рукоятки **Vh** были определена из **Larc** и времени проводки **Tdr**

$$Vh = Larc / Tdr$$

Время проводки **Tdr** было получено, как функция темпа гребли **Rr**

$$Tdr = a_3 * Rr + b_3$$

7. Передаточное отношение **Gr**, реальный **Lout_a** и измеренный **Lout** внешний рычаг был получен из **Vh** и **Vp**.

$$Gr = Vp / Vh * Eb$$

$$Lout_a = Gr * Lin_a$$

$$Lout = Lout_a + 2cm + Lbl/2$$

где **Lbl** – длина лопасти

8. Наконец, длина весла **Loar** была получена, как

$$Loar = Lin + Lout$$

Мы продолжаем работать над программой, чтобы сделать ее более точной и полезной. Будем признательны за Ваши отклики и вопросы.

* ©2009 Валерий Клешиев,

www.biorow.com, kleva1@btinternet.com

Новости

Новая телеметрическая система BioRowTel v.4 была успешно использована во время сбора ФИСА для развивающихся стран в Севилье 11-13 марта. Были протестированы 24 спортсменки из Швеции, Норвегии, Эстонии, Южной Африки, Египта, Пакистана и Пуэрто-Рико, которые получили информации основным параметрам техники гребли и рекомендации.

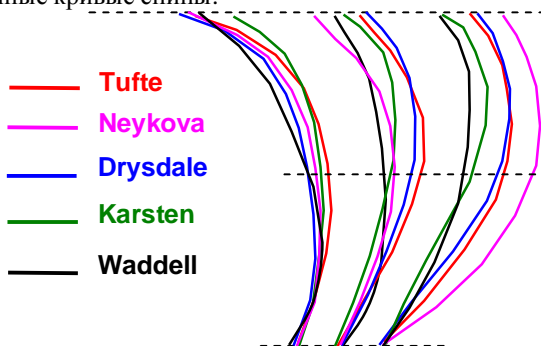
Идеи.

Эта идея появилась у меня, когда я увидел это фото в электронном журнале Голос Гребли, который издает Крис Додд (<http://www.total.rowing.org.uk/voice/voice5-i.pdf>):



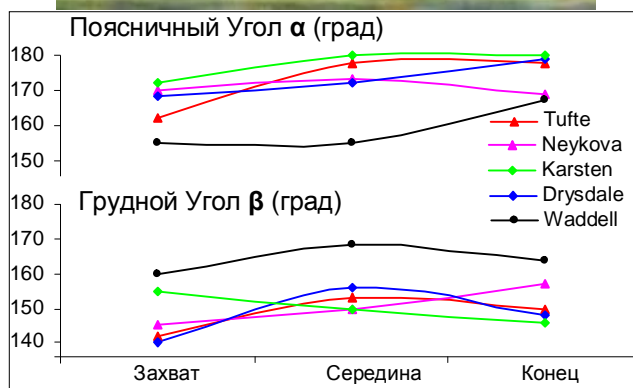
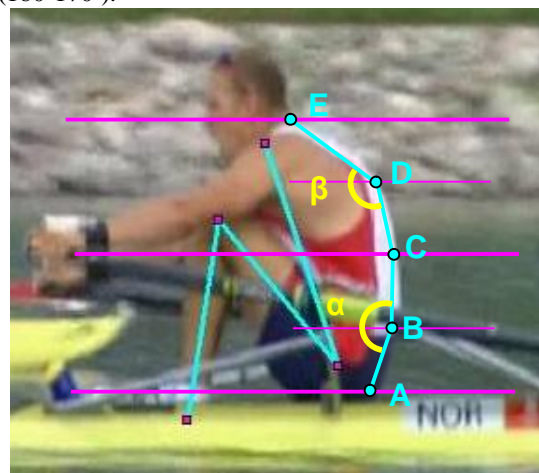
Можно видеть, насколько различны линии спины у этих двух выдающихся одиночников-новозеландцев (Олимпийский чемпион Сиднея-2000 Роб Ваделл на переднем плане и многократный чемпион мира Махи Драйсдейл – на заднем). Когда мы обвели контуры спины, масштабировали и наложили их, различия стали очевидны: у Махи более прямая нижняя часть спины и согнутая верхняя, а у Роба – наоборот.

Затем, мы сравнили кривые спины у пяти лучших одиночников мира (см. Приложение) в захвате, середине (около перпендикуляра весла к лодке) и в конце проводки. Следующий рисунок показывает масштабированные и наложенные кривые спины:



Можно видеть, что кривые Ваделла определенно отличаются от четырех других по отмеченным выше характеристикам. Чтобы получить численное выражение этих различий, мы выполнили простую оцифровку контура спины, которая была разделена на четыре зоны с одинаковой высотой по оси Y. Были получены координаты пяти точек А, В, С, D и E в местах, где контур спины пересекает границы зон. Поясничный угол α был определен между линиями АВ и ВС, грудной угол β был измерен между линиями CD и DE.

ров над центрами суставов, поскольку линия спины обычно четко видна при съемке сбоку. Анализ поясничного и грудного углов подтвердил наши наблюдения: у четырех лучших парников – значительно более прямые поясничные углы (160-180°) и более острые грудные (140-160°), в то время как у Ваделла – более согнутая поясница (150-160°) и более прямая грудь (160-170°).



Гипотеза следующая: прямая поясница позволяет более жестко передать усилия от тазобедренного сустава к плечевому и предотвратить травмы нижнего отдела позвоночника. Однако более согнутая грудная зона может быть более экономичной за счет использования эластичных свойств мышц и связок, а не силы сокращения мышц. Первая часть гипотезы хорошо известна и многие тренеры подчеркивают более прямое положение поясницы с вращением таза вокруг бедер вместе с туловищем (RBN 2005/07). Однако, вторая - не обсуждалась широко, насколько нам известно. Наоборот, особенность некоторых стилей гребли - прямая спина, что можно видеть на методических изданиях по технике гребли.

Причины значительной кривизны грудного отдела у ведущих парников пока не совсем ясны. Это может быть адаптация к значительным нагрузкам в течение многих лет, поскольку это более заметно у опытных гребцов. С другой стороны, это может быть и естественный отбор спортсменов с характерной осанкой, которая позволяет им тратить меньше энергии на передачу усилий и быть более результативными. Дальнейшие исследования необходимы в этой области.

* ©2010 Валерий Клешинев,
www.biorow.com, kleva1@btinternet.com

Триложение



№1х Норвегия Олаф Туфте – двукратный Олимпийский чемпион Афин-2004 и Пекина-2008



№1х Болгария Ромияна Нейкова – Олимпийская чемпионка Пекина-2008, многократная чемпионка мира



M1x Новая Зеландия Махи Драйсдейл (Mahe Drysdale), четырехкратный чемпион мира 2005-7 и 2009 гг., бронзовый призер Олимпиады в Пекине-2008



W1x Белоруссия Екатерина Карстен-Ходотович – двукратная Олимпийская чемпионка Атланта-1996 и Сиднея-2000, многократная чемпионка мира.

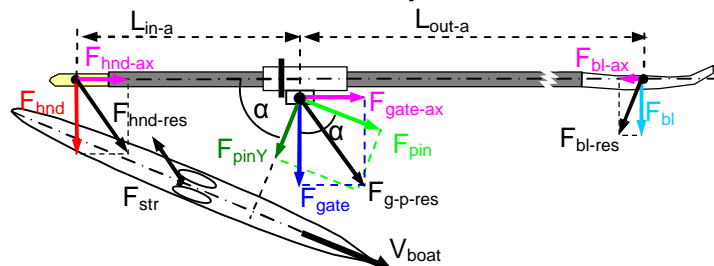


M1x Новая Зеландия Роб Вадделл (Rob Waddell), Олимпийский чемпион Сиднея-2000

Вопросы и Ответы

В: Мы получили несколько вопросов со следующим смыслом: «В чем различия между измерением усилий на рукоятке весла и на уключине или не ее оси? Какой метод более точный?»

О: Мы уже обсуждали за и против измерений угла весла на весле или на уключине (НБГ 2003/05). Аналогично с углом, сила может быть измерена на рукоятке весла или не его на лопасти, на уключине или не ее оси.



Этим методам присущи следующие характеристики:

1. Сила на рукоятке F_{hnd} может быть измерена в перпендикулярном к веслу направлении с помощью тензодатчиков наклеенных или прямо на весло, или с помощью съемного датчика (1). Фактически, датчик измеряет изгиб весла, который пропорционален изгибающему моменту M силы F_{hnd} и может быть откалиброван, как сила приложенная к известной точке на рукоятке. Мощность P производимая гребцом может быть определена:

$$P = M * \omega = F_{hnd} * L_{in-a} * \omega \quad (1)$$

где L_{in-a} действующий внутренний рычаг весла, ω - угловая скорость весла, которая может быть измерена с помощью датчика горизонтального угла весла. В этом случае, определение мощности не зависит от точки приложения усилий гребца на рукоятке, которая неизвестна и значительно меняется, особенно в распашной гребле. Поэтому, это наиболее точный метод определения мощности гребца, ошибку которого мы оцениваем примерно в 1%. Практическая проблема этого метода – необходимость калибровать каждое весло, которая может разрешена с помощью современных технологий (1).

Результирующая сила $F_{hnd-res}$ прикладываемая гребцом к рукоятке не всегда направлена перпендикулярно к оси весла. Поэтому, она может быть разложена на перпендикулярный F_{hnd} и осевой F_{hnd-ax} компоненты. Последний довольно трудно измерить, но он не производит механической работы на весле. Он статически переносится через весло и создает осевую силу на уключине $F_{gate-ax}$, которая является суммой векторов осевых сил на рукоятке F_{hnd-ax} и лопасти F_{bl-ax} . Затем, осевая сила $F_{gate-ax}$ переносится через уключину, ось, отводы и статически балансируется силой на подножке F_{str} . Поэтому, **гребец должен прикладывать лишь небольшое осевое усилие для удержания каблука в контакте с уключиной и стараться тянуть рукоятку по возможности перпендикулярно.**

Перпендикулярный компонент силы на лопасти F_{bl} можно измерить теми же методами, которые были описаны выше для силы на рукоятке, что дает ту же точность определения мощности гребца.

2. Уключина вращается вместе с веслом, поэтому перпендикулярный F_{gate} и осевой F_{bl-ax} компоненты силы могут быть измерены в координатной системе весла с

помощью различных моделей измерительных уключи (2, 4). Мощность гребца может быть определена по уравнению 1, но сила на рукоятке должна быть рассчитана предварительно как:

$$F_{hnd} = F_{gate} * (L_{out-a} / (L_{in-a} + L_{out-a})) \quad (2)$$

где L_{out-a} – действующий внешний рычаг от оси до точки приложения усилия на лопасти. Мы не знаем точно L_{in-a} и L_{out-a} , поскольку точки приложения усилий во время гребли неопределены и можем лишь допустить, что они находятся в центрах рукоятки и лопасти. Ошибка расчета мощности при этом по нашей оценке может достигать 5%. Сумма нормального F_{gate} и осевого $F_{gate-ax}$ компонентов дает результирующую силу на уключине $F_{g-p-res}$, которая переносится на ее ось.

3. Ось закреплена относительно лодки, поэтому датчик на оси измеряет силы в координатной системе лодки (3). Обычно, измеряется лишь параллельный оси лодки компонент F_{pin} от результирующей силы на уключине-оси $F_{g-p-res}$. Мощность гребца может быть определена с помощью формул 1 и 2, но сначала сила на уключине F_{gate} должна быть рассчитана как:

$$F_{gate} = F_{pin} * \cos \alpha \quad (3)$$

Фактически, лишь часть усилий гребца может быть измерена этим методом (напр. лишь половина при угле в захвате 60° , т.к. $\cos(60^\circ) = 0.5$). Также, на показатели влияет осевая сила $F_{gate-ax}$, которая не производит никакой мощности, как мы показали выше. Оценка погрешности измерений мощности с использованием этого метода составляет до 10% в парной гребле и до 20% - в распашной (см. Приложения). Точность этого метода может быть улучшена, если использовать двух-координатные датчики и измерять также перпендикулярный к лодке компонент F_{pinY} . В этом случае, точность будет соответствовать датчикам силы на уключине: величина и направление результирующей силы на уключине $F_{g-p-res}$ может быть определена и перпендикулярный компонент F_{gate} вычислен с учетом известного угла α .

Положение с точностью противоположное, если целью измерений является баланс сил на корпусе лодки, что бывает целью некоторых исследований. Обычно, сила на подножке F_{str} измеряется в таких проектах и определяется пропульсивная сила F_{prop} для каждого гребца:

$$F_{prop} = F_{pin} - F_{str} \quad (4)$$

Если измеряется усилие на рукоятке, тогда F_{gate} должна быть определена через F_{hnd} , L_{in-a} и L_{out-a} , а затем F_{pin} получена с использованием угла α . В этом случае, измерение F_{pin} – наиболее точный метод, а определение последней через силу на рукоятке F_{hnd} может дать 20% погрешности в распашной гребле.

Ссылки

1. BioRow Ltd. BioRowTel telemetry system. http://www.biorow.com/PS_files/BioRowTel.pdf
2. Клешнев В.В. 1988. Устройство для измерения работы гребца. Patent СССР №1650171.
3. Peach Innovations Ltd.. PowerLine Rowing Instrumentation system. www.peachinnovations.com
4. WEBA Sport. RowX Outdoor. www.weba-sport.com/weba/rowx_outdoor.html

* ©2010 Валерий Клешнев,
www.biorow.com, kleva@btinternet.com

Приложение 1. Сравнение измерений сил на рукоятке весла и оси уключины в парной гребле

Сила на рукоятке была измерена с помощью съемного датчика системы BioRowTel v.3 (1)

Сила на оси уключины была измерена с помощью измерительной уключины системы PowerLine (3), а затем сила на рукоятке была рассчитана с использованием уравнения 2 выше.

Обе силы измерялись одновременно на протяжении отрезка около 1 мин, а затем усреднялись за один типичный цикл гребка.

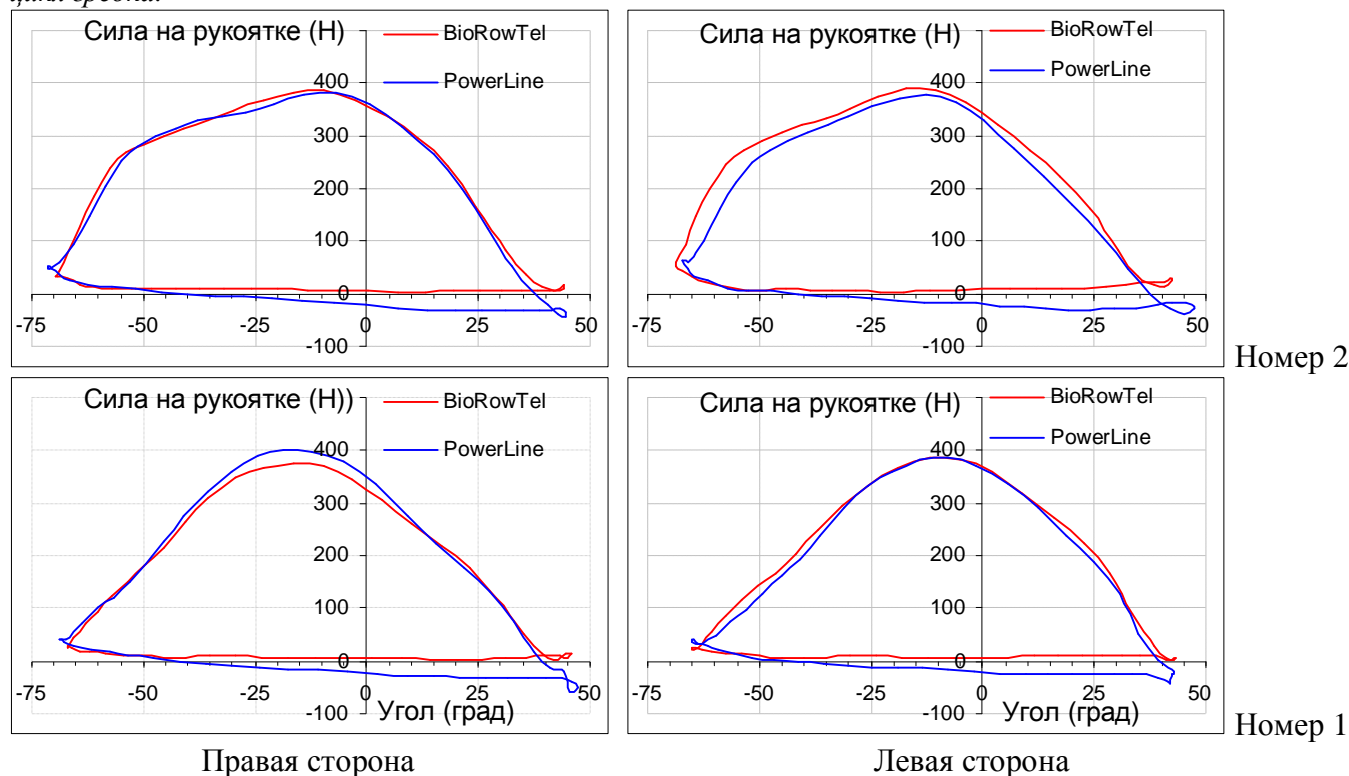


Figure 1. Сравнение кривых сила/угол при гребле в двойке парной на темпе 30 гр/мин

Table 1. Сравнение производных величин при гребле в двойке парной на темпе 30 гр/мин

Данные с	Угол BioRowTel (град)	Угол PowerLine (град)	Абсолютная разница (град)	Относительная разница (%)	Макс. Сила BioRowTel (N)	Макс. Сила PowerLine (N)	Абсолютная разница (N)	Относительная разница (%)	Средняя Сила BioRowTel (N)	Средняя Сила PowerLine (N)	Абсолютная разница (N)	Относительная разница (%)
№ 2 Правое	111.1	114.9	-3.81	3.4%	391	377	13.3	3.5%	220	196	24.0	11.5%
№ 2 Левое	114.0	116.0	-2.06	1.8%	387	381	5.8	1.5%	210	196	13.8	6.8%
№ 1 Правое	108.3	107.8	0.48	0.4%	386	385	1.0	0.3%	173	180	-7.1	4.0%
№ 1 Левое	112.8	115.7	-2.91	2.5%	376	401	-24.5	6.3%	178	184	-5.7	3.1%
Среднее	111.5	113.6	-2.1	2.0%	385.1	386.2	-1.1	2.9%	195.5	189.2	6.3	6.4%
Данные с	Мощность BioRowTel (W)	Мощность PowerLine (W)	Абсолютная разница (W)	Относительная разница (%)	Нарастание до 70% BioRowTel (deg)	Нарастание до 70% PowerLine (deg)	Абсолютная разница (deg)	Относительная разница (%)	Снижение с 70% BioRowTel (deg)	Снижение с 70% PowerLine (deg)	Абсолютная разница (deg)	Относительная разница (%)
№ 2 Правое	144	130	13.3	9.7%	15.1	18.6	-3.5	20.7%	31.8	38.5	-6.7	19.1%
№ 2 Левое	146	144	2.7	1.9%	16.8	18.3	-1.6	8.9%	29.7	30.1	-0.4	1.3%
№ 1 Правое	127	123	3.8	3.1%	30.8	31.8	-1.0	3.2%	27.2	27.9	-0.7	2.6%
№ 1 Левое	127	133	-5.7	4.4%	26.2	28.4	-2.2	8.1%	36.1	38.6	-2.5	6.7%
Среднее	135.9	132.4	3.5	4.7%	22.2	24.3	-2.1	10.2%	31.2	33.8	-2.6	7.4%

Приложение 2. Сравнение измерений сил на рукоятке весла и оси уключины в распашной гребле

Сила на рукоятке была измерена с помощью съемного датчика системы BioRowTel v.3 (1)

Сила на оси уключины была измерена с помощью измерительной уключины системы PowerLine (3), а затем сила на рукоятке была рассчитана с использованием уравнения 2 выше.

Обе силы измерялись одновременно на протяжении отрезка около 1 мин, а затем усреднялись за один типичный цикл гребка.

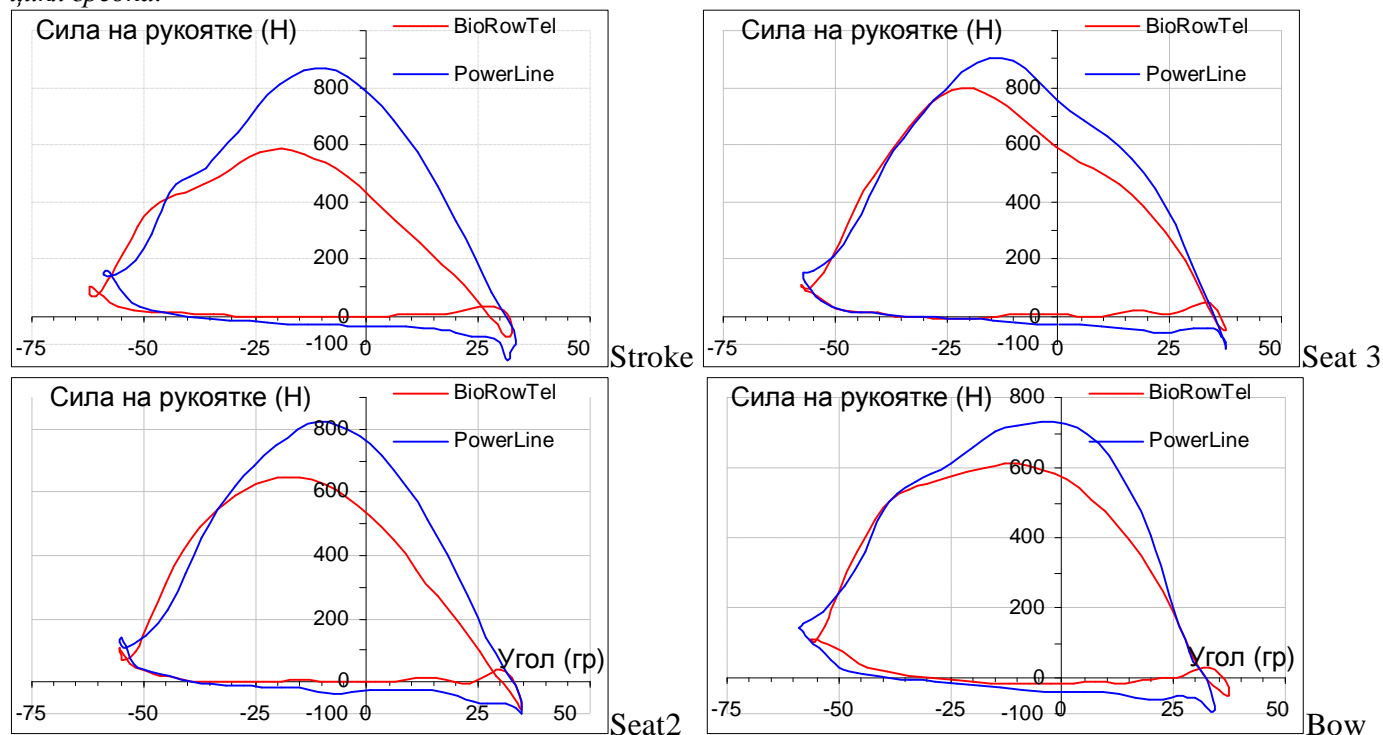


Figure 2. Сравнение кривых сила/угол при гребле в четверке распашной без рулевого на темпе 34 гр/мин

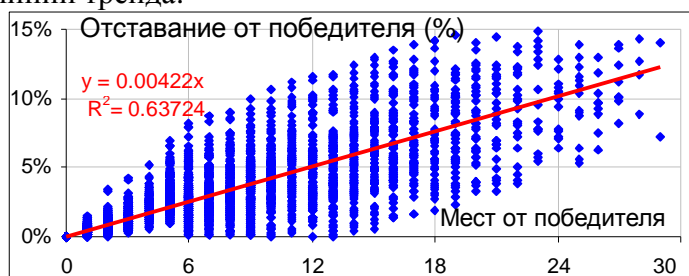
Table 2. Сравнение производных величин при гребле в четверке распашной без рулевого на темпе 34 гр/мин

Данные с	Угол BioRowTel (град)	Угол PowerLine (град)	Абсолютная разница (град)	Относительная разница (%)	Макс. Сила BioRowTel (N)	Макс. Сила PowerLine (N)	Абсолютная разница (N)	Относительная разница (%)	Средняя Сила BioRowTel (N)	Средняя Сила PowerLine (N)	Абсолютная разница (N)	Относительная разница (%)
Загреб.	94.5	92.4	2.03	2.2%	583	865	-282.3	39.0%	297	457	-159.5	42.3%
№ 3	94.9	94.9	0.01	0.0%	800	905	-105.3	12.3%	398	459	-61.0	14.2%
№ 2	90.1	90.2	-0.07	0.1%	649	822	-173.0	23.5%	320	428	-108.4	29.0%
Баковый	93.5	92.9	0.61	0.7%	614	733	-119.0	17.7%	339	432	-93.2	24.2%
Среднее	93.2	92.6	0.6	0.7%	661.6	831.4	-169.9	23.1%	338	444	-105.5	27.4%
Данные с	Мощность гребли BioRowTel (W)	Мощность гребли PowerLine (W)	Абсолютная разница (W)	Относительная разница (%)	Парастание до 70% BioRowTel (deg)	Парастание до 70% PowerLine (deg)	Абсолютная разница (deg)	Относительная разница (%)	Парастание до 70% BioRowTel (deg)	Парастание до 70% PowerLine (deg)	Абсолютная разница (deg)	Относительная разница (%)
Загреб.	233	335	-101.7	35.8%	17.4	28.0	-10.7	47.1%	30.8	23.8	7.0	25.6%
№ 3	321	363	-42.5	12.4%	19.4	23.2	-3.8	17.9%	34.4	27.2	7.3	23.6%
№ 2	248	308	-59.2	21.3%	16.2	23.5	-7.3	37.0%	29.2	24.1	5.1	19.0%
Баковый	271	314	-43.1	14.8%	13.3	21.1	-7.8	45.3%	24.6	18.0	6.5	30.7%
Среднее	268.2	329.8	-61.6	21.1%	16.5	23.9	-7.4	36.8%	29.7	23.3	6.5	24.7%

Вопросы и Ответы

В: Вилсон Рибберг, президент Бразильской Федерации Гребли, спрашивает: «Я планирую послать на чемпионат мира лишь команды, способные войти в число 12 лучших. Есть ли у Вас таблица с временами скорости лодок с 7 по 12-е место (финал Б) для взрослых, юниоров и категории до 23, для мужчин и для женщин? Какой % я должен добавить к модельному времени победителей ЧМ, чтобы иметь реальный шанс быть в числе 12 лучших команд?»

О: Чтобы ответить на эти вопросы, мы использовали нашу базу данных результатов Чемпионатов Мира и Олимпийских Игр с 1993 по 2009 (n=3760). Проблема была в том, что часто финалы А, Б, С и другие проводятся в различные дни, а значит погодные условия различны и невозможно надежно сравнивать скорости команд. Мы построили график отставаний (отношение времени каждого места ко времени победителей) относительно занятого места, получили тренд и отфильтровали выбросы за пределы $\pm 3\sigma$ (среднеквадратических отклонений) от линии тренда:



Наклон линии тренда свидетельствует, что, в среднем, снижение в ранге на одно место соответствует снижению скорости лодки на 0,42% (т.е. различие в 11 рангов между 1-м и 12-м местами должно давать 4,64% (=0,42% *11) разницы в скорости лодки). Эта величина варьируется между классами, что отражает однородность участников (в М2х – без явных лидеров, в Ж2- - с наибольшими отставаниями от лидеров):

M2x	M4x	M4-	LM2x	M8+	LW2x	LM4-
0.30%	0.36%	0.39%	0.40%	0.42%	0.42%	0.43%
W8+	M1x	M2-	W2x	W4x	W1x	W2-
0.44%	0.44%	0.45%	0.48%	0.49%	0.50%	0.53%

Следующие таблицы показывают средние отставания от победителей в четырех финалах ЧМ и ОГ:

Table 1. Средние отставания от победителей ЧМ и ОГ с 1993 по 2009.

Финал	1	2	3	4	5	6
FA	0.0%	0.5%	0.8%	1.4%	2.1%	3.0%
FB	2.8%	3.1%	3.4%	3.8%	4.3%	5.1%
FC	4.8%	5.2%	5.8%	6.9%	7.7%	8.1%
FD	7.6%	8.2%	8.9%	9.4%	10.6%	12.6%

Table 2. Средние отставания у мужчин

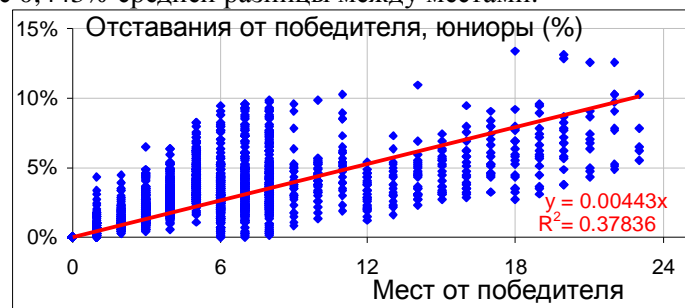
Муж.	1	2	3	4	5	6
FA	0.0%	0.4%	0.8%	1.3%	2.0%	2.9%
FB	2.5%	2.9%	3.2%	3.5%	4.0%	4.7%
FC	4.5%	4.9%	5.5%	6.5%	7.1%	7.3%
FD	6.8%	7.7%	8.2%	9.2%	9.7%	10.4%

Table 3. Средние отставания у женщин

Жен.	1	2	3	4	5	6
FA	0.0%	0.5%	0.9%	1.5%	2.3%	3.2%
FB	3.1%	3.5%	3.8%	4.1%	4.8%	5.5%
FC	5.0%	5.5%	6.2%	7.3%	8.4%	9.0%
FD	8.3%	8.8%	9.7%	9.6%	11.4%	14.9%

Победители финалов В обычно быстрее, чем самые медленные команды финалов А, что отражает остроту борьбы за первое место в финале. Аналогичную закономерность можно заметить при сравнении финалов С-Е С-Д и других. Отставания в мужских классах несколько меньше, чем у женщин. Не было обнаружено заметного временного тренда этих данных за последние 17 лет.

У юниоров мы имели данные лишь для первых двух финалов за большинство из анализируемых лет. Поэтому, тренд был менее надежен. Наклон линии тренда аналогичный со взрослыми, лишь немного более круто с 0,443% средней разницы между местами.



Интересно, что однородность результатов у юниоров была наибольшей в М2х и М4х, т.е. в тех же классах, что и у взрослых:

ЮМ2х	ЮМ4х	ЮМ2-	ЮЖ1х	ЮМ4-	ЮМ1х	ЮМ4+
0.29%	0.33%	0.34%	0.38%	0.38%	0.39%	0.42%
ЮЖ4х	ЮЖ2х	ЮМ8+	ЮЖ2-	ЮЖ8+	ЮМ2+	ЮЖ4-
0.43%	0.51%	0.52%	0.53%	0.67%	0.74%	0.82%

Table 4. Средние отставания от победителей Юниорских Чемпионатов Мира с 1993 по 2009.

Финалы	1	2	3	4	5	6
FA	0.0%	0.8%	1.3%	2.0%	3.0%	4.1%
FB	3.2%	3.9%	4.4%	4.3%	4.2%	5.1%
FA муж	0.0%	0.6%	1.2%	1.8%	2.7%	3.8%
FB муж	2.7%	3.4%	4.0%	3.4%	3.9%	4.8%
FA жен	0.0%	0.9%	1.6%	2.4%	3.4%	4.5%
FB жен	3.8%	4.6%	4.9%	5.5%	4.8%	5.6%

Краткий анализ в категории до 23 дал аналогичные результаты со взрослыми и юношами, но статистика была менее надежной, поскольку мы имели данные лишь после 2001 г.

В заключение, **команда имеет шанс попасть в финал Б, если ее скорость не более чем на 4,5% медленнее скорости победителей в мужских классах и на 5,0% медленнее в женских классах в обеих взрослой и юношеской категориях.** Эт величины варьируются между классами лодок от 3,3% в М2х до 5,8% в Ж2- и даже до 9% в ЮЖ4-.

Пишите нам:

* ©2010 Валерий Клешинев,
www.biorow.com, kleva1@btinternet.com

Вопросы и Ответы

В: Саба Гироши, гребец из клуба Кюлкер в Будапеште, Венгрия спрашивает: «У меня есть самодельные слайды для эргометра Концепт-2, тележка которых весит почти 20 кг. Как Вы думаете, этот дополнительный вес повлияет на мою технику гребли?».

О: Этот вопрос относится к разделу инерционных потерь в гребле, когда две значительных массы, гребец и лодка или тренажер, двигаются один относительно другого (1). Гребля на эргометре – простейший случай, гребля на воде – похожа, но там есть ускорения всей системы гребец-лодка, что мы рассмотрим позже. Начиная из стационарного положения в захвате или конце проводки, некоторая энергия должна быть затрачена для достижения скорости V между центром массы (ЦМ) гребца и эргометром на слайдах. Эта скорость является суммой скоростей гребца V_{row} и эргометра V_{erg} :

$$V = V_{row} + V_{erg} \quad (1)$$

Ускорения компонентов и, поэтому, скорости V_{row} и V_{erg} обратно пропорциональны их массам:

$$V_{row} / V_{erg} = M_{erg} / M_{row} \quad (2)$$

где M_{row} – масса гребца и M_{erg} масса эргометра с тележкой слайдов. Эта энергия превращается в кинетическую энергию E_k , которую можно определить, как:

$$E_k = (M_{row} V_{row}^2 + M_{erg} V_{erg}^2) / 2 \quad (3)$$

Гребец также может затратить метаболическую энергию на торможение масс в конце проводки или подготовки. Однако, эти потери могут быть минимизированы при использовании эластичных свойств мышц и связок, а также, кинетическая энергия может быть превращена в продвигающую (НБГ 2006/10). Поэтому, мы не учитываем здесь торможение и умножаем E_k на два, принимая во внимание тот факт, что ускорение случается дважды за цикл гребка: во время проводки и подготовки.

Объединяя все три уравнения выше, общие инерционные потери энергии P_{in} можно выразить, как:

$$P_{in} = (M_{row}(V/(1+k))^2 + M_{erg}(V/(1+k))^2) = V^2(M_{erg}M_{row}/(M_{erg}+M_{row})) \quad (4)$$

где k есть отношение масс M_{erg}/M_{row} . Чем больше масса эргометра или лодки, тем выше инерционные потери, которые имеют максимальное значение при гребле на стационарном эргометре (M_{erg} равно бесконечности):



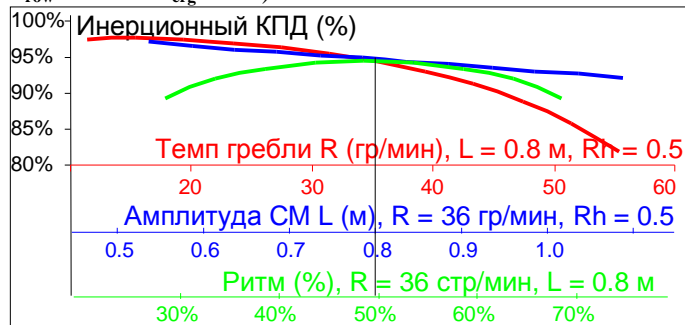
Ответ на вопрос Сабы: дополнительные 16 кг его тележки (в сравнении с 4 кг стандартных слайдов Концепт-2, принимая $M_{row}=90$ кг и темп 36 гр/мин) увеличат инерционные потери на 35% (с 32Вт до 43Вт) и более чем на 100% в сравнении с лодкой или РоуПфект (21Вт), что потребует более раннего приложения усилий к подножке, чем к рукоятке (НБГ 2005/03). Изменения сопротивления эргометра здесь не поможет. Однако, инерционные потери все же составляют лишь 37% от таковых на стационарном эргометре (116 Вт).

Что мы можем сделать, чтобы уменьшить инерционные потери? Скорость V – это максимальная скорость между ЦМ гребца и эргометром и определяется средней скоростью V_{av} и формой кривой мгновенной скорости. Наиболее эффективна прямоугольная форма с постоянной скоростью

$V=V_{av}$, однако, это недостижимо на практике. Треугольная форма с постоянным ускорением и замедлением дает $V=2V_{av}$ и увеличивает инерционные потери в четыре раза. Синусоидальная форма, наиболее типичная для гребли (НБГ 2004/07) и используемая в нашей модели здесь, дает $V=1.65V_{av}$, что 2.7 раз менее эффективно, чем прямоугольная форма.

Средняя скорость V_{av} определяется временем проводки подготовки (T_{dr} и T_{rec}) и амплитудой перемещения L ЦМ гребца относительно тренажера: $V=L/T$. T_{dr} и T_{rec} зависят от темпа гребли R и ритма Rh ($= T_{dr} / T_{cycle}$).

Абсолютные инерционные потери P_{in} значительно возрастают при повышении темпа гребли и удлинении перемещения между центрами масс. Однако, производимая гребцом мощность P_{row} также растет (НБГ 2004/09), так что инерционные КПД E_{in} ($=P_{row}/(P_{row}+P_{in})$) снижаются не сильно. График ниже показывает E_{in} при различных комбинациях R , L и Rh ($M_{row}=90$ кг и $M_{erg}=18$ кг):



Между темпами 20 и 40 гр/мин КПД E_{in} снижается немного: с 96.9% до 93.8%, но затем кривая становится круче и круче, поэтому **42-44 гр/мин могут быть инерционным пределом темпа гребли.**

Амплитуда влияет на КПД линейно: в два раза большее L (0.5-1 м) снижает КПД E_{in} с 96.5% до 93.2%. Измерить амплитуду между ЦМ непросто, поэтому мы полагаем ее равной половине перемещения рукоятки Фолькер Нольте (2) выразил мнение, что гребец должен минимизировать перемещение ЦМ для снижения инерционных потерь и увеличивать перемещение рукоятки для увеличения мощности. Это правильно механически но может привести к снижению использования крупных мышц ног и туловища в пользу рук и плеч, что снизит общий КПД и результативность гребца.

КПД E_{in} наиболее высок при ритме $Rh=50\%$ (проводка/подготовка=1/1). Отклонение на 10% снижает E_{in} всего на 0.7%, но еще 10% дают уже 3.7% потерь.

В заключении, **инерционные потери могут быть снижены при резком ускорении между ЦМ гребца эргометром/лодкой в начале проводки и подготовки и поддержании постоянной скорости между этими массами как можно дольше.** Это еще один аргумент пользы раннего пика усилий и быстрой работы ног в захвате. **Оптимальный баланс темпа гребли, длины ритма должен быть найден для максимизации мощности гребли и снижения инерционных потерь.**

Литература

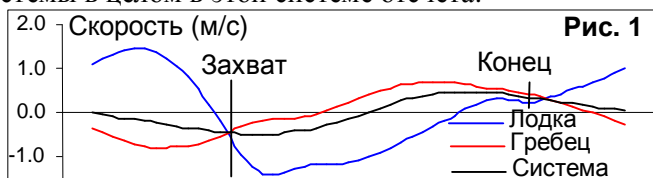
1. Marinus van Holst. 2009. <http://home.hccnet.nl/m.holst/KinEn.html>
2. Nolte, V. 1991. Introduction to the biomechanics of rowing. FISA Coach (1): 1-5.

Пишите нам:

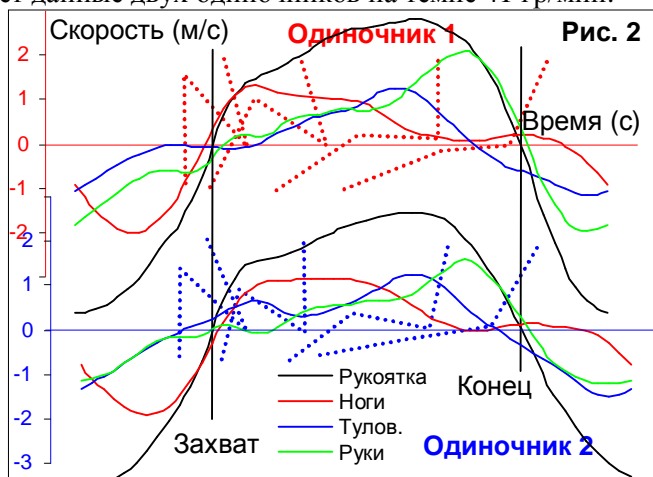
* ©2010 Валерий Клешиев,
www.biorow.com, kleva1@btinternet.com

Идеи

Мы получили хорошие отклики на предыдущую статью и продолжаем обсуждать инерционные потери, теперь при гребле на воде. Мы использовали аналогичную модель: инерционные потери равны величине кинетической энергии, которую необходимо потратить, чтобы ускорить лодку и центр массы (ЦМ) гребца до определенной максимальной скорости во время проводки и подготовки. Мы не принимаем во внимание энергию, необходимую для замедления, поскольку она может быть частично сохранена в упругой энергии в захвате и направлена для продвижения системы вперед в конце проводки (НБГ 2006/10). Здесь мы использовали систему отсчета, которая движется с постоянной скоростью, равной средней скорости системы гребец-лодка за цикл гребка. Рис.1 показывает скорости ЦМ гребца, лодки и системы в целом в этой системе отсчета:



В противоположность гребле на эргометре, на воде вся система ускоряется во время проводки и замедляется на подготовке. Гребец может перемещать акцент: или на ускорение своего ЦМ, толкая подножку жестче за счет ног, или на ускорение лодки, подтягивая рукоятку сильнее за счет туловища и рук. Для сравнения инерционной эффективности этих двух стилей гребли, Рис. 2 показывает данные двух одиночников на темпе 41 гр/мин:

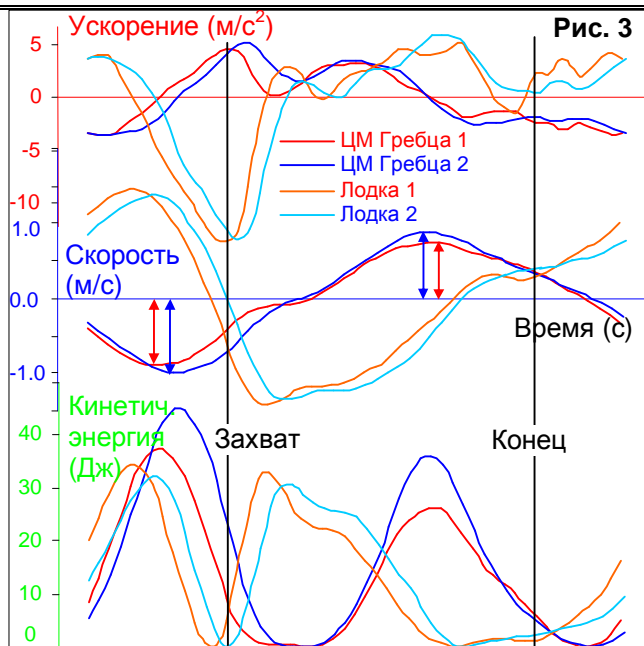


В захвате, скорость ног одиночника 1 растет быстрее, даже раньше, чем скорость рукоятки. Одиночник 2 использует туловище для той же цели: для начального ускорения при входе лопасти в воду.

В середине и конце проводки одиночник 1 использует туловище более активно и возвращает его раньше (отрицательная скорость туловища) за счет быстрой тяги руками.

Рис. 3 показывает ускорение, скорость и кинетическую энергию лодки (измеренная) и ЦМ гребца (рассчитана по методу, описанному в 1).

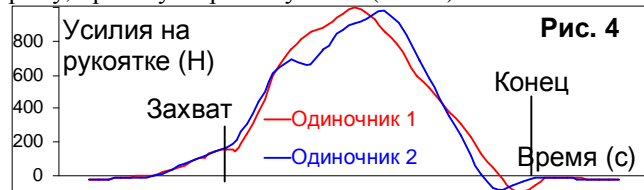
В захвате, одиночник 1 раньше наращивает оба ускорения, лодки и своего ЦМ, что ведет к меньшей величине отрицательной скорости его ЦМ. На проводке, максимальная положительная скорость его ЦМ также ниже, поскольку он более активно использует верхнюю часть тела в этот момент.



Следующая таблица показывает величины кинетической энергии, инерционные потери и КПД (отношение мощности гребли к ее сумме с инерционными потерями).

Одиночник	Инерция гребца			Инерция лодки			Всего	
	Кин. Энергия, подготовка (Дж)	Кин. Энергия, проводка (Дж)	Инерц. Мощность (Вт)	Кин. Энергия, подготовка (Дж)	Кин. Энергия, проводка (Дж)	Инерц. Мощность (Вт)	Инерционные потери (Вт)	Инерционный КПД (%)
1	37.4	26.2	44.2	34.6	33.0	47.0	91.1	88.0%
2	45.1	36.1	56.1	32.1	30.5	43.2	99.3	86.3%

Одиночник 2 должен затрачивать на 9% большую мощность для преодоления инерции своего ЦМ, будучи на 3 кг легче, чем одиночник 1. Инерционный КПД был на 1,7% ниже, причем только это снижает скорость на 0,43% или на 1,7 сек в гонке на 2000м. Эта не единственная проблема, которую создает стиль одиночника 2: он также делает захват намного менее эффективным (НБГ 2006/07, 09), неэффективно использует мышцы-антагонисты бедра (НБГ 2008/07) и приводит к разрыву, провалу в кривой усилия (Рис. 4):



В результате, при одинаковых средних усилиях и даже более высоких усилиях на кг веса тела, скорость одиночника 2 была на 8,3% медленнее, чем одиночника 1 (30сек на 2км, на это также могла повлиять погода и на 8° короче гребок).

Некоторые тренеры по гребле до сих пор верят, что целью эффективной техники гребли является поддержание равномерной скорости лодки, избегание «остановки» и «задавливания» лодки. Однако, оказывается, что равномерная скорость центра массы гребца намного важнее и эффективнее.

Литература

1. Kleshnev V. 2010. Boat acceleration, temporal structure of the stroke cycle, and effectiveness in rowing. Journal of Sports Engineering and Technology, 224, 1, pp.63-74

Пишите нам:

* ©2010 Валерий Клешинев, www.biorow.com

Вопросы и ответы

Мы получили очень позитивные отклики на предыдущую статью и имели интересную дискуссию с Мариусом Ван Хольстом о выборе системы координат (СК). Он доказывал, что должна быть использована СК привязанная к поверхности Земли, а не двигаться с постоянной скоростью системы лодка-гребец. Когда дискуссия зашла в тупик, я получил прекрасный комментарий от Мартина Ветерингса, тренера студенческой гребной ассоциации Арго из г. Вагенинген, Голландия, который и разрешил спор:

«Для определения колебаний кинетической энергии очень часто используют СК, которая зафиксирована относительно центра масс (ЦМ) системы. Использование СК движущейся с постоянной скоростью поглощает колебания скорости ЦМ системы в уравнения колебаний скорости лодки и гребца ($V_{boat} - V_{rower}$). Однако, колебания скорости ЦМ системы не включают затрат энергии потерянной на внутренние колебания масс гребца и лодки внутри системы. Поэтому, физическая интерпретация этих двух определений различна. Определение через СК, которая движется с переменной скоростью ЦМ системы, более чисто отражает внутренние потери кинетической энергии. Способ соединить эти две парадигмы выглядит следующим образом:

$$E_{kinetic\ total} = E_{rower} + E_{boat} = E_{sys} + E_{in} \quad (1)$$

$$E_{row} + E_{boat} = \frac{1}{2} M_{row} V_{row}^2 + \frac{1}{2} M_{boat} V_{boat}^2 \quad (2)$$

$$E_{sys} + E_{in} = \frac{1}{2} M_{sys} V_{sys}^2 + \frac{1}{2} M_{in} V_{in}^2 \quad (3)$$

Уравнения 2 и 3 равны, если:

$$M_{sys} = M_{row} + M_{boat} \quad (4)$$

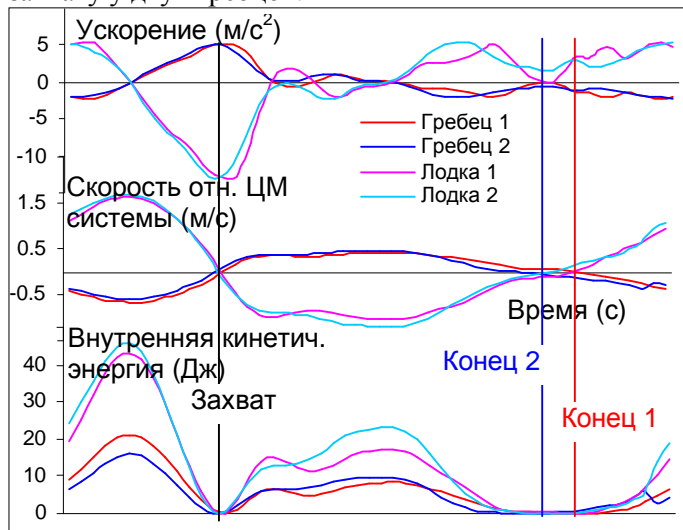
$$V_{sys} = V_{row} M_{row} / (M_{row} + M_{boat}) + V_{boat} M_{boat} / (M_{row} + M_{boat}) \quad (5)$$

$$M_{in} = M_{row} M_{boat} / (M_{row} + M_{boat}) \quad (6)$$

$$V_{in} = V_{row} - V_{boat} \quad (7)$$

Теперь, различия между двумя представлениями состоят в том, что E_{in} определяет внутренние колебания внутри системы гребец-лодка, а E_{sys} определяет колебания ...» ЦМ всей системы во внешней среде.

Мы провели дополнительный анализ и рассчитали скорости и кинетическую энергию относительно ЦМ системы, которые представлены ниже, выровненные по захвату у двух гребцов:



Следующая Таблица показывает инерционные потери, связанные с внутренней (вариация V_{row} и V_{boat}) и внешней (вариация V_{sys}) кинетической энергией:

	N	Инерция Гребца (Вт)	Инерция лодки (Вт)	Общая Инерция (Вт)	Потери энергии (%)
Внутр. энергия	1	20.5	25.4	46.0	6.4%
	2	17.9	25.5	43.4	6.5%
Энергия системы	1	23.6	21.5	45.2	5.6%
	2	35.6	15.1	50.7	6.6%
Общая энергия	1	44.2	47.0	91.1	12.0%
	2	53.5	40.6	94.1	13.1%

Внутренние инерционные потери также ниже у гребца 1, но различия очень малы, всего 0,1%. Так что, в основном различия определяются другими факторами.

Внутренние и внешние потери были примерно равны у этих двух гребцов. Фактически, вторые не являются «потерями» по своей природе: это количество кинетической энергии, которую система аккумулирует во время проводки и тратит на подготовку для преодоления сопротивления воды. В этом случае выбор СК имеет значение, поскольку более значительная мощность потребна для создания продвигающей силы F_{prop} и увеличения кинетической энергии при более высокой скорости V_{prop} относительно внешней среды:

$$P = F_{prop} V_{prop} = \frac{1}{2} M_{sys} (V_{cm2}^2 - V_{cm1}^2) / dt \quad (8)$$

Это аналогично ускорению автомобиля, которое требует большей мощности двигателя при большей скорости движения. Поэтому, для системы в целом должна использоваться СК привязанная к субстанции, используемой для создания продвигающей силы, воды в данном случае. Внутренние инерционные потери следует определять относительно ЦМ системы, что делает их аналогичными таковым на эргометре (см. НБГ 2010/05).

В: Мартин Ветерингс также спрашивает: «Было ли принято во внимание влияние скорости лодки на сопротивление воды? Мне кажется, что гребец 2 имеет меньшее среднее куба скорости лодки. Я могу предположить, что различия будут менее заметны, когда сопротивление будет принято во внимание»

О: Мы обнаружили, что, действительно, различия между максимальной и минимальной скоростями лодки на протяжении цикла гребка были ниже у гребца 2: 1,34 м/с по сравнению с 1,43 м/с у гребца 1. Однако, когда мы определили отношение этих величин к соответствующей средней скорости лодки, тогда гребец 1 имеет меньшую относительную амплитуду колебаний: 24,7% в сравнении с 25,2% у гребца 2. Определив потери энергии, мы нашли, что КПД скорости лодки был также выше у гребца 1: 93,1% в сравнении с 92,3% у гребца 2. Это означает, что первый гребец терял лишь 2,37% скорости лодки (8,2 сек в 2 км гонке) в сравнении со своим менее эффективным оппонентом, который терял 2,64% или 9,9 сек за 2 км гонку.

Мы можем заключить, что попытка достигнуть более равномерной скорости лодки за счет использования верхней части тела в захвате не сработала. Гребец 2 имел более высокую вариацию скорости лодки и потерял на 0,28% больше скорости лодки по этой причине 1,2 сек за 2 км гонку, что составило вклад в общую разницу 8,3% между этими двумя гребцами.

Пишите нам:

* ©2010 Валерий Клешинев, www.biorow.com

Вопросы и ответы

В: Вопрос «Почему парные лодки быстрее распашных при одинаковом количестве гребцов?» обсуждался на форуме <http://groups.google.com/group/rec.sport.rowing>

О: Используя нашу базу данных мы сравнили четыре категории лодок: 2x vs. 2- и 4x vs. 4- (n=2738). Длину гребка (Табл. 1) невозможно было сравнить напрямую, поскольку в парной и распашной гребле используется различная длина рычага, что вызывает различия в углах весла. Сравнение длины дуги, рассчитанной нашим методом (в 6 см от конца рукоятки в парной гребле и в 15 см – в распашной) дало очень близкие величины в двух видах гребли.

Табл. 1	Угол весла (гр)		Длина дуги (м)		Дуга/Рост (%)	
Пол	М	Ж	М	Ж	М	Ж
Распаш.	86.9	85.0	1.56	1.54	83.7%	85.2%
Парная	107.9	105.8	1.58	1.56	83.5%	89.2%

Перемещения сегментов тела была измерены и рассчитаны их доли в общей длине и мощности:

Табл. 2	Ноги (%)		Туловище (%)		Руки (%)	
Длина	М	Ж	М	Ж	М	Ж
Распаш.	35.1%	35.3%	30.7%	32.4%	35.1%	33.8%
Парная	34.1%	34.0%	27.4%	32.4%	39.0%	34.9%
Мощность	М	Ж	М	Ж	М	Ж
Распаш.	42.7%	42.1%	34.3%	35.2%	22.8%	22.4%
Парная	43.6%	44.4%	30.2%	33.8%	26.3%	21.7%

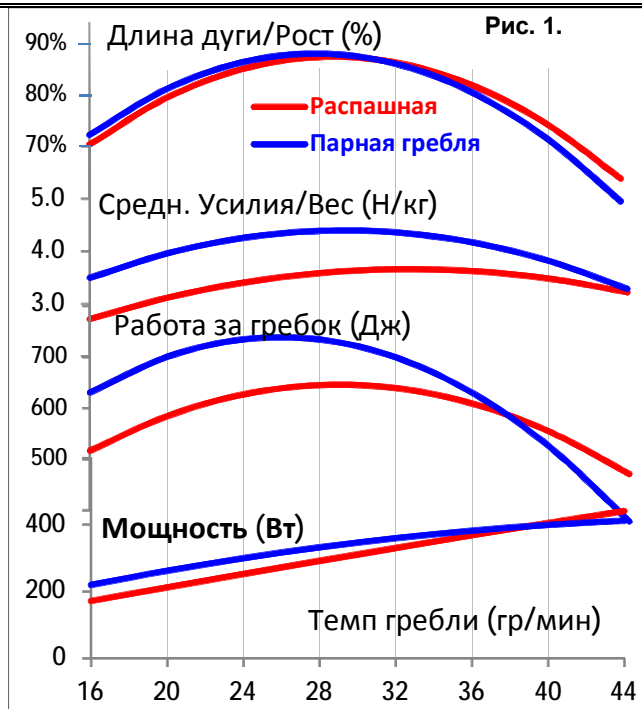
Мужчины парники используют относительно более длинную работу рук и производят ими большую мощность. У женщин эти различия менее заметны. Возможная причина – геометрия парной гребли, а также особенности стиля гребли.

Табл. 3	Макс.усилия (Н)		Средние усилия (Н)		Средн.Ус./Вес (Н/кг)	
	М	Ж	М	Ж	М	Ж
Тяж.Расп	664.9	503.3	332.8	255.6	3.78	3.48
Легк.Расп	576.0		291.5		4.02	
Тяж.Парн	739.8	529.2	388.0	274.9	4.43	3.70
Легк.Парн	699.4	465.2	370.9	250.0	5.06	4.25

Было определено, что приложение усилий значительно выше в парной гребле (Табл. 3). Возможные причины:

- При измерении усилий через вращающий момент на весле, внутренняя рука в распашной гребле имеет значительно меньший рычаг и, поэтому, создает меньший вращающий момент и изгиб весла.
- Парная гребля симметрична и более удобна.

Мощность гребли очень зависит от темпа, поэтому мы проанализировали тренды (полиномальные второго порядка) мощности, а также ее компонентов (длины, усилий и работы за гребок). Рис. 1 показывает, что относительная длина и усилия достигают своего максимума при 28-30 гр/мин в парной гребле и при 32-34 – в распашной. Затем они снижаются и их падение более заметно в парном весле. Соответственно, работа за гребок и мощность выше в парной гребле при низких темпах, они выравниваются при темпе около 38 гр/мин, а затем становятся выше у распашников при более высоком темпе. Вероятно, это является причиной того, почему гоночный темп гребли обычно выше в распашном весле (НБГ 2005/02): в среднем он 38.9 в распашных двойках и четверках и 37.8 гр/мин – в парных.



Этот график объясняет почему усилия значительно выше в парной гребле в Таблице 3: потому что данные были усреднены на всем диапазоне темпов. Однако, при гоночных темпах 36-40 гр/мин усилия в парной гребле лишь немного больше, чем в распашной, а длина – короче. Это позволяет нам довольно уверенно заключить, что **мощность гребли при гоночных темпах не отличается между парной греблей и распашной.**

Табл. 4.	2- & 2x	4- & 4x	КПД весла
Распаш.	79.7%	81.5%	80.5%
Парная	83.1%	85.3%	84.6%

Табл. 4 показывает, что КПД весла в среднем на 4,1% выше в парных лодках, что делает их на 1,4% быстрее, чем аналогичные распашные лодки. Возможные причины:

- Большая суммарная площадь парных весел, что создает меньшее удельное давление и сплывание лопасти в воде,
- Более длинные углы весла в захвате, что позволяет лучше использовать эффект гидролифта,
- Лучшая управляемость более узких парных весел, что дает меньшую промашку и сплывание (НБГ 2009/10).

Различия в скорости между аналогичными парными и распашными лодками составляет в среднем 3,3% (НБГ 2009/04) и можем предположить что остальные 1,9% могут быть связаны со следующими факторами:

- Распашные весла длинее и создают большее аэродинамическое сопротивление (на 0,3%) при заносе,
- Распашные лодки обычно ассиметричны, что создает вихляние по курсу и дополнительные потери скорости (НБГ 2009/11).
- Добавочное сопротивление руля в распашных лодках.

Мы пока не можем оценить влияние двух последних факторов и оставляем их для будущих исследований. В заключение, **различия в скорости между парными и распашными лодками могут быть объяснены лишь более высоким КПД парных весел и лодок.**

Пишите нам:

* ©2010 Валерий Клешиев, www.biorow.com

Вопросы и ответы

Постараемся ответить на вопросы о накрытии.

В: «Зачем нам нужно накрытие лопастей?»

О: Накрытие лопасти (угол наклона вертикальной оси лопасти, Рис.1) необходим, поскольку в первой половине проводки рукоятка намного ниже плечей и гребцу трудно тянуть ее горизонтально. Вектор силы на рукоятке может быть разложен на два компонента: горизонтальный и вертикальный. При переносе через весло, как рычаг первого рода, эти компоненты меняют величину (с соответствию с передаточным отношением) и направление (на обратное). Горизонтальный компонент создает продвигающую силу на лопасти, а вертикальный – топит лопасть вниз. Угол накрытия необходим, чтобы преодолеть эту вертикальную силу и позволить лопасти двигаться горизонтально.

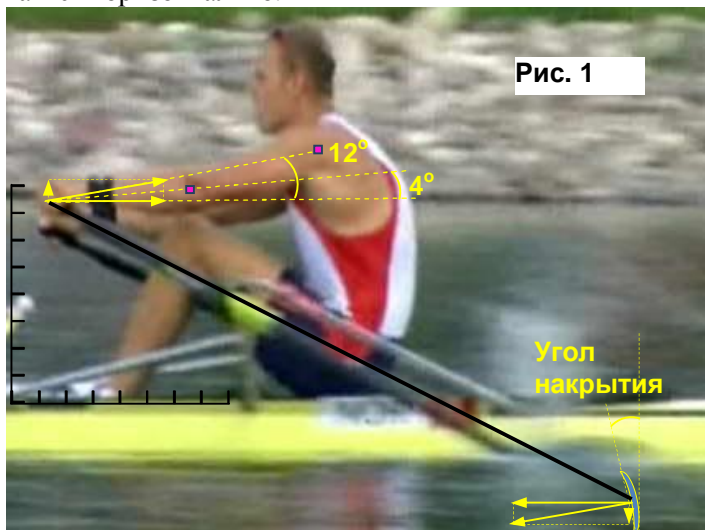


Рис. 1

В захвате, в случае тяги через прямые руки, этот угол вектора силы должен быть около 12°. Если мы установим такое накрытие, то 20% силы будет направлено вертикально ($\sin(\alpha)$), а продвигающая сила уменьшится на $2,2\%(1-\cos(\alpha))$ - значительные потери.

У гребца есть другой вариант: согнуть руки («прихватить») и тянуть более горизонтально в направлении локтей, что потребует меньшего накрытия на лопасти. Обычно, используется комбинация этих двух методов: «прихват» сочетается с тягой под небольшим углом к горизонту, что требует небольшого накрытия. **В случае общепринятого накрытия 4°, лишь 0,24% продвигающей силы теряется** (в 9 раз меньше, чем в случае накрытия 12°) и вертикальный компонент составляет 7% от общего усилия.

В: «Имеет ли смысл тянуть абсолютно горизонтально, но больше «прихватывать» на руки?»

О: Не имеет. Это потребует больше энергии мышц, а прибавка в продвигающей силе будет очень небольшая. Также, это устранил вертикальный компонент силы, который толкает лодку вверх и, уменьшая смачиваемую поверхность, снижает силу сопротивления.

В: «Можем ли мы увеличить высоту рукоятки (и вертлюга) настолько, чтобы устранить «прихват»?»

О: Это невозможно по двум причинам:

1. Чем выше рукоятка (от подножки), тем меньше усилие необходимо для того, чтобы поднять гребца с

банки (НБГ 2002/05), так что высокая рукоятка ограничивает приложение усилий.

2. В конце проводки, когда руки сгибаются, вектор силы направлен более горизонтально: через локти на уровне середины туловища (Рис.2).



Рис. 2

Наиболее удобная для гребца высота рукоятки снижается на 10-20 см на протяжении проводки. Наклон полозков уменьшает эту разницу на 1-2 см, но не может устранить полностью. Невозможно увеличить наклон более этого, поскольку гребцу придется тратить на подъем во время проводки значительную энергию, что снизит продвигающую мощность на рукоятке. Поэтому, **высота тяги определяется, в основном, удобством для гребца в конце проводки.**

В: «Нужно ли менять накрытие при изменении высоты тяги?»

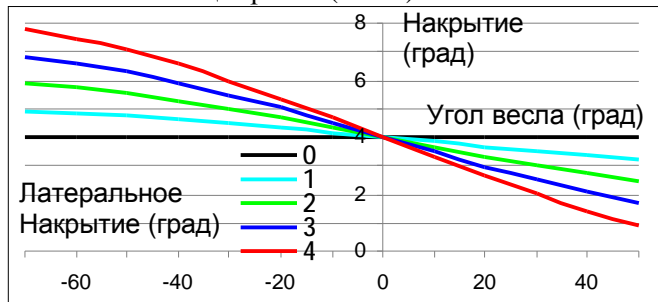
О: Изменение направления вектора силы dP в градусах можно определить, как:

$$dP = 180 dH_g L_{oar} / \pi L_{arms} L_{out} \quad (1)$$

где dH_g - изменение высоты вертлюга, L_{oar} - действующая длина весла, L_{arms} - длина рук от плеч до рукоятки, L_{out} - действующий внешний рычаг. Для обычных величин этих параметров каждый 1 см снижения высоты вертлюга делает вектор силы на 0,6° более вертикальным, и наоборот. **Чем ниже вертлюг, тем большее накрытие или больший «прихват» на руки необходим, и наоборот.** Помните, что высота рукоятки зависит также и от высоты лодки над водой.

В: «Некоторые команды используют латеральное накрытие. Имеет ли это смысл?»

О: Латеральное накрытие (наклон оси вертлюга наружу) полезно для преодоления различий в удобной высоте тяги и поддержания более постоянного вектора силы, поскольку оно увеличивает накрытие в захвате и снижает его в конце гребка (Рис.3):



Мы рекомендуем латеральное накрытие 2-3°, что увеличит накрытие до 5-6° в захвате (при 4° в середине) и снизит его до 2,5-3° в конце проводки.

Пишите нам:

* ©2010 Валерий Клешинев, www.biorow.com

Вопросы и ответы

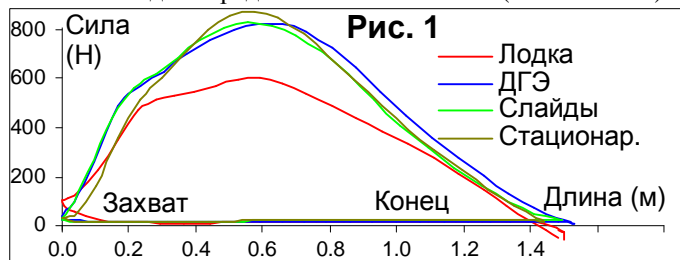
Недавно мы провели исследование нового Динамического Гребного Эргометра (ДГЭ) фирмы Концепт2 и сравнили его биомеханические особенности со стационарным эргометром, таковым на слайдах и с греблей в лодке на воде. Приводим ответы на наиболее частые вопросы тренеров:



На ДГЭ - Хаймиш Бонд, загребной новозеландской 2- Чемпионов мира-2009

В: «Каковы основные характеристики ДГЭ в сравнении с другими эргометрами и греблей на воде?»

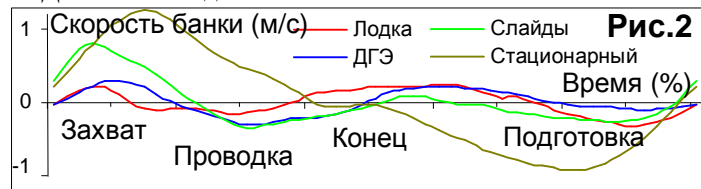
О: Гребля на ДГЭ довольно похожа на эргометр на слайдах: усилия возрастают быстрее в захвате, чем на стационарном тренажере (Рис.1), что вызвано меньшей величиной подвижной массы и меньшими силами инерции (НБГ 2003/10). Величины усилий на рукоятке довольно близки на всех типах эргометров и значительно выше, чем на воде, что объясняется наличием в лодке передаточного отношения (НБГ 2005/03).



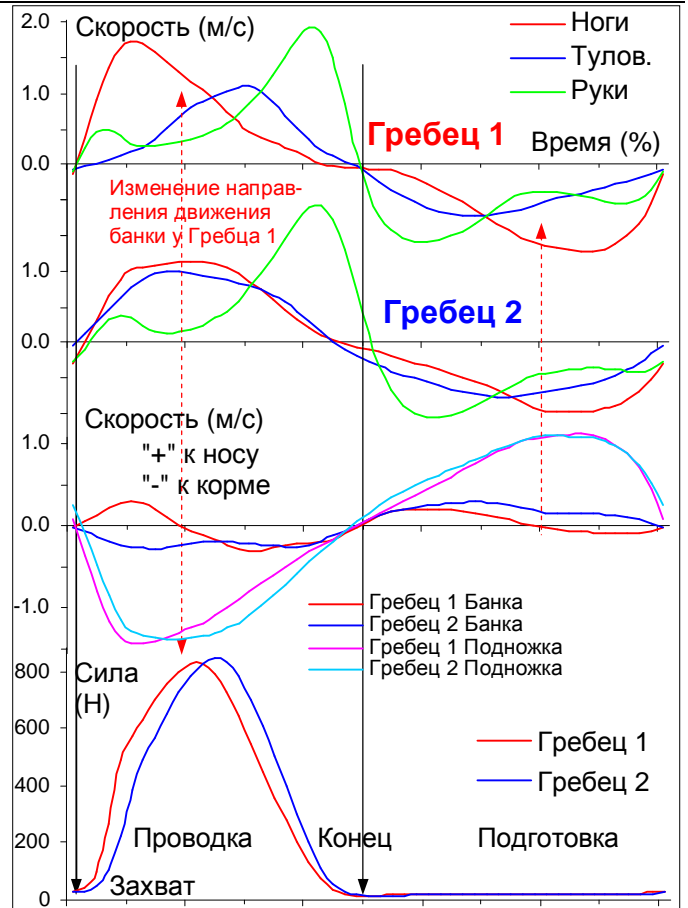
ДГЭ имеет самый высокий инерционный КПД (НБГ 2010/07) 98,1% при 37 гр/мин, в сравнении с лодкой (95,3%), эргометром на слайдах (91,6%) и стационарным (82,1%). Это позволяет использовать более высокий темп на ДГЭ и, возможно, показывать лучшие результаты, чем на стационарном.

В: «Как интерпретировать движение банки на ДГЭ?»

О: Скорость банки тесно связана со скоростью центра массы (ЦМ) гребца. На воде, эта скорость может быть представлена относительно системы координат, движущейся с постоянной скоростью, равной средней скорости лодки за цикл гребка. В этом случае, кривые скорости банки похожи на воде, на ДГЭ и на слайдах:



Скорости ЦМ гребца и лодки (или мобильной подножки на ДГЭ) – есть интегралы их ускорений, которые зависят от отношения усилий на подножке и рукоятке: акцент на усилие на подножке ускоряет ЦМ гребца, но замедляет лодку, и наоборот. Гребец может управлять этими усилиями, используя различные стили гребли: использование ног в захвате увеличивает усилие на подножке и ускорения ЦМ гребца, раннее использование туловища увеличивает усилие на рукоятке и ускоряет лодку, но замедляет ЦМ гребца. Рис.3 показывает скорости сегментов в связи со скоростями банки и подножки на ДГЭ для двух гребцов различного стиля при 37 гр/мин:



Гребец 1 имеет «последовательный» стиль (где-то между стилями Розенберга и Иванова, НБГ 2006/03) и выполняет захват за счет быстрой работы ног. Банка (и ЦМ гребца) движется сначала на нос, а затем начинает двигаться на корму, когда скорость ног снижается и гребец начинает включать туловище. Подножка резко замедляется к корме в захвате, но затем ее скорость возрастает быстрее, что аналогично ускорению лодки на воде. На подготовке, Гребец 1 сначала возвращает туловище, затем быстро сгибает ноги, затем давит в подножку раньше, чем Гребец 2: поэтому скорость банки меняет направление от носа на корму.

Гребец 2 с «одновременным» стилем (между стилями Адама и ГДР) в захвате работает ногами совместно с туловищем. Банка медленно движется на корму на всем протяжении проводки, а движение подножки намного равномернее: нет быстрого замедления в захвате, но нет и ускорения во время проводки. На подготовке, Гребец 2 возвращает ноги и туловище более совместно (принцип «зеркала», НБГ 2006/03), что вызывает постоянное движение банки на нос.

Интересно, что Гребец 1 быстрее наращивает усилия, чем Гребец 2, что может рассматриваться, как преимущество и более высокая эффективность последовательного стиля.

В заключение, движение банки на Динамическом Эргометре Концепт2 является хорошим индикатором стиля гребли. Последовательный стиль вызывает изменение направления движения банки на проводке и подготовке, при одновременном стиле банка движется на корму во время проводки и на нос – на подготовке. Аналогичный феномен можно наблюдать на воде и с эргометром на слайдах, однако он более очевиден на ДГЭ, поскольку банка движется относительно стационарной рамы.

Пишите нам:

* ©2010 Валерий Клешинев, www.biorow.com

Новости

Результаты последнего чемпионата мира в Карапиро, Новая Зеландия (см. Приложение 1 ниже) показали, что лидеры, команда Великобритании упрочили свои позиции: в прошлом году они выиграли шесть медалей в Олимпийских классах лодок, одну из них золотую, а в этом году – девять медалей, четыре из них золотые. Британцы определенно собираются сокрушить оппозицию на своей домашней Олимпиаде в 2012 г.

Хозяева чемпионата новозеландская команда выиграли семь медалей в Олимпийской программе, три из них золотые. Это еще один шаг наверх по сравнению с 2009, когда «киви» выиграли «лишь» пять медалей.

Австралийцы (национальная кличка «оззи») улучшили свое положение с седьмого места в прошлом году до третьего в этом. Они удвоили количество медалей в сравнении с 2009 г. до четырех медалей, правда, ни одной золотой среди них, за исключением почетной золотой медали имени Томаса Келлера, врученной выдающемуся Джеймсу Томкинсу.

Немцы упали со второго места на четвертое, имея лишь три медали после пяти в прошлом году. Этот горький факт был подслащен золотой медалью в наиболее престижном классе – мужской восьмерке.

Греки под мудрым руководством Джианни Постиглионе улучшили свое положение с девятого места до пятого. Они выиграли три медали, на одну больше чем год назад, хоть и без золота сейчас.

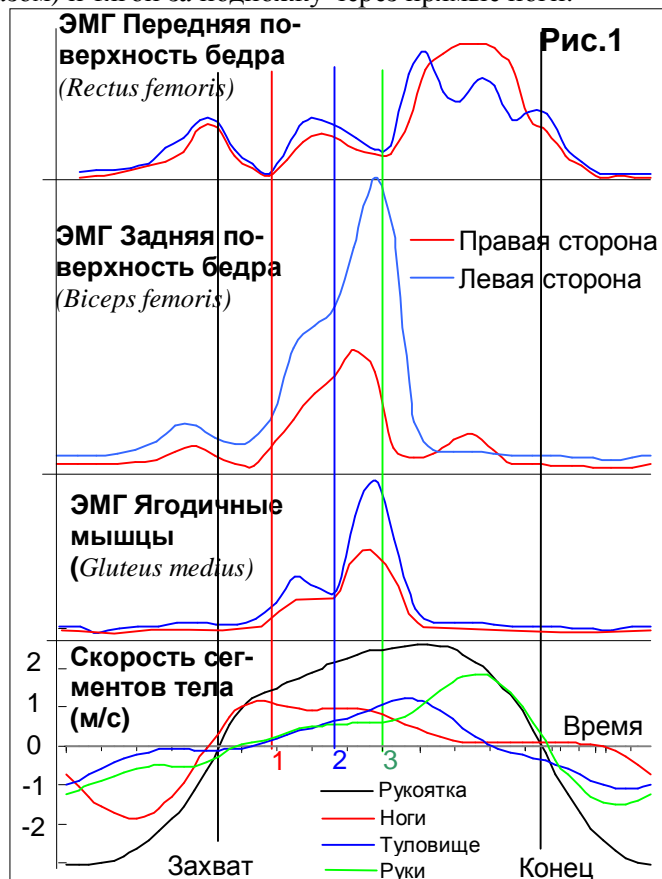
Американцы замыкают шестерку лучших гребных стран с большим, чем у греков, количеством очков, но лишь с двумя медалями, на одну меньше, чем год назад.

Факты. Знаете ли Вы, что...

...использование ЭМГ (электро-миографии) является лучшим методом исследования активности мышц человека в движении? Нами было выполнено экспресс-исследование на подвижном эргометре с целью оценки последовательность включения мышц в цикле гребка. Были выбраны три наиболее мощные группы мышц: четырех-главая мышца на передней поверхности бедра (*Rectus femoris*), задняя поверхность бедра (*Biceps femoris* and *Semimembranosus*) and ягодичные мышцы (*Gluteus medius*). Была использована беспроводная ЭМГ система Delsys Myomonitor® с восемью электродами установленными на левую и правую стороны указанных выше мышц. Шесть образцов данных были получены на одиночнике международного уровня при темпе гребли 20, 24, 28, 32, 36 и 40 гр/мин. Рис. 1 показывает ЭМГ трех основных групп мышц, соотношенные со скоростями сегментов тела гребца.

Активность мышц передней поверхности бедра начинается значительно раньше захвата потому, что гребцу нужно затормозить движение масс в конце подготовки и начать их ускорение в начале проводки. Интересно, что активация передней поверхности снижается до нуля после того, как скорость ног достигает максимальной величины (момент 1 на Рис.1) и гребец начинает использовать свое туловище. Задняя поверхность и ягодичные мышцы быстро увеличивают свою активацию в этот момент. Это может быть специфической чертой данного

спортсмена, поскольку у него наблюдается западение скорости ног в этот момент, что может свидетельствовать о недостатке координации активности мышц передней и задней поверхностей бедра (НБГ 2008/07). Кривая активации мышц передней поверхности имеет три пика на протяжении проводки и второй пик (момент 2) соответствует второму пику скорости ног. Третий пик включения четырех-главых мышц в конце проводки – начале подготовки имеет наибольшую электрическую активность. Это можно объяснить движением сгибания в тазобедренном суставе (*rectus femoris* соединяется с тазом) и тягой за подножку через прямые ноги.



Пик скорости туловища (момент 3) совпадает по времени с пиком ЭМГ мышц задней поверхности бедра и ягодичных, которые производят наибольшую мощность во время проводки через вращение в тазобедренном суставе.

Заметно, что кривые ЭМГ довольно ассиметричны: левые мышцы задней поверхности бедра и ягодичные производят больший электрический импульс в середине проводки, а правые мышцы передней поверхности бедра работают больше в конце проводки. Это может быть связано со спецификой данного спортсмена.

В заключение, **метод ЭМГ показывает хорошее соответствие с механическими характеристиками гребли и может быть использован для оценки технической результативности гребца.** Метод требует дальнейшего совершенствования алгоритмов анализа на основе данных, полученных на различных вариантах техники гребли, как на эргометре, так и на воде.

Автор благодарит Английский Институт Спорта и Федерацию Гребли Великобритании за поддержку этого исследования.

Приложение 1

Места стран на Чемпионате Мира – 2010 в Карапиро, Новая Зеландия по результатам в 14 Олимпийских классах лодок и их сравнение с результатами Чемпионата Мира – 2009 в Познани, Польша

Место 2010	Страна	Количество мест в 2010							Медалей 2010	Очков 2010	Место 2009	Медалей 2009	Очков 2009
		1	2	3	4	5	6	7					
1	GBR	4	4	1	2	2			9	75	1	6	50
2	NZL	3	1	3		1	2	2	7	54	3	5	39
3	AUS		2	2	3	1		1	4	38	7	2	23
4	GER	1	1	1	2	1	3	3	3	39	2	5	55
5	GRE		1	2					3	16	9	2	14
6	USA	1		1		3	1	1	2	25	5	3	27
7	CAN	1	1		1	1		1	2	22	13	1	13
8	ITA		2		1		2		2	20	12	1	16
9	FRA	1		1			1	1	2	16	6	2	27
10	CZE	1			2				1	16	8	2	18
11	CHN			1		2	1	2	1	15	23	0	3
12	SWE	1						1	1	9		0	0
13	CRO	1							1	8	21	0	4
14	BLR		1						1	6	14	1	10
15	UKR		1						1	6	16	1	8
16	ROU			1				1	1	6	11	2	12
17	POL			1					1	5	4	4	32
18	NED				1	2			0	10	10	2	12
19	NOR				2				0	8	24	0	2
20	RUS					1	1		0	5	22	0	4
21	POR						1		0	2		0	0
22	SLO							1	0	2	15	1	9
23	SRB							1	0	2	25	0	3

Красный цвет означает улучшение результатов

Синий цвет означает ухудшение результатов.

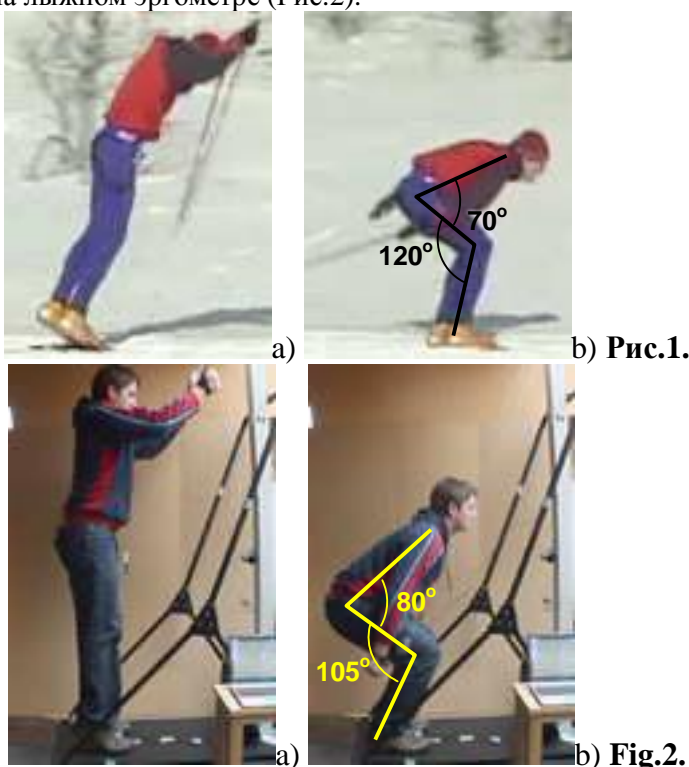
Пишите нам:

* ©2010 Валерий Клешнев, www.biorow.com

Факты. Знаете ли Вы, что...

...бег на лыжах является прекрасным аэробным упражнением, которое гребцы часто используют зимой, как средство общефизической подготовки? Благодаря лыжному эргометру Concept2 Skierg это упражнение теперь доступно нам в помещении в любую погоду. С первого взгляда, кажется, что работа на лыжном эргометре дает нагрузку лишь на руки, аналогично передвижению с помощью одновременного бесшажного хода на лыжах. Однако, наш анализ показал, что лишь менее половины мощности производится руками (в среднем 44%), а остальные 56 % производятся туловищем и ногами.

Чтобы соотнести наше исследование с реальным передвижением на лыжах по снегу, мы провели краткий видео-анализ квалифицированного лыжника в движении одновременным бесшажным ходом (Рис.1) и спортсмена на лыжном эргометре (Рис.2).

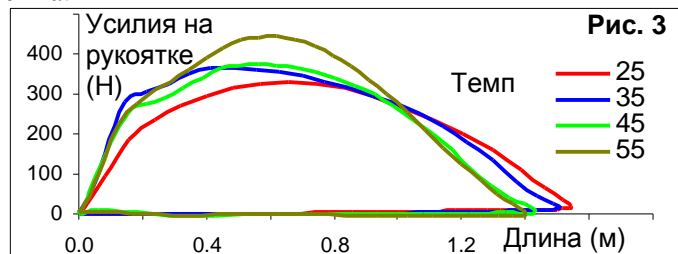


Положения в начале рабочей фазы были довольно похожи: рукоятки на уровне верха головы, ноги почти прямые и подняты на носках. Различием является наклон тела вперед у лыжника: это определяется необходимостью ускорения при движении на лыжах, которое отсутствует на эргометре. Положения в конце рабочей фазы были также похожи: ступни на пятках, угол в колене 105-120°, угол в тазобедренном суставе 70-80°.

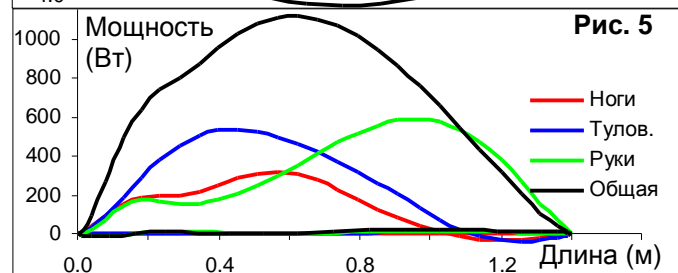
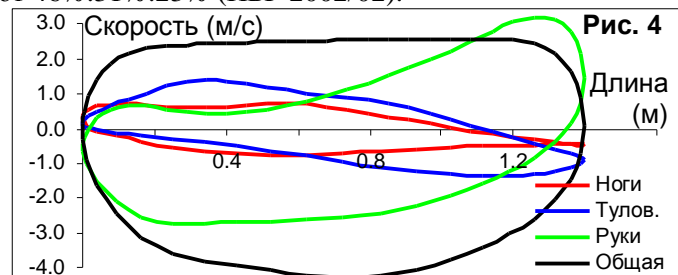
Лыжный эргометр был оборудован двумя датчиками усилий, установленными между рукояткой и тросом, а также тремя датчиками перемещений, которые измеряли положения рукоятки, верха туловища (*Th1-C7*) и таза (*Sacrum*). Три спортсмена выполняли тест из 4 отрезков по 1 мин каждый в темпе 25, 35, 45 и 55 дв/мин. Данные записывались с частотой 50 Гц и усреднялись.

Рис. 3 показывает усредненные кривые усилий (сумма правой и левой рукояток), формы которых довольно похожи на таковые в гребле. Максимальные пиковые усилия были порядка 500 Н, средние усилия – около 280 Н,

что на 20-30% меньше таковых при гребле для данного спортсмена. Напротив, длина рабочего движения была очень близка к длине дуги в гребле: при низком темпе она составила 1,55 м и уменьшалась до 1,4 м при высоком темпе. Мощность работы была сравнима с греблей (около 400 Вт), что достигалось за счет более высокого темпа.



Последовательность работы сегментов тела была также похожа на греблю: ноги и туловище доминировали на протяжении первой половины рабочей фазы, а руки заканчивали ее (Рис. 4 и 5 представляют темп 55). Ноги давали около 20% общего перемещения рукоятки, туловище – 32% и руки – остальные 48%. Однако, поскольку пик усилий совпадал с наивысшей скоростью туловища, доли мощности были 20%:36%:44% (ноги/туловище/руки). Это выглядит почти, как зеркально отражение гребли, где доли работы сегментов составляют 46%:31%:23% (НБГ 2002/02).



Удивительно, что четырехглавые мышцы бедра (*quadriceps femoris*) особенно тяжело нагружались в этом лыжном упражнении, поскольку они использовались как в рабочей, так и в возвратной фазе и не имели возможности расслабиться. Во время рабочей фазы эти мышцы сгибали тазобедренный сустав через свои верхние головки, соединенные с тазом. В фазе подготовки передняя поверхность бедра использовалась для разгибания колена через нижнюю сторону, соединенную с голенью. Сила тяжести помогает ногам и туловищу в выполнении рабочей фазы на *Skierg*, но возвратное движение должно выполняться мышцами-антагонистами. Поэтому, **тренировка на лыжном эргометре является прекрасным упражнением для всего тела.**

С Новым 2011 Годом и Рождеством!

* ©2010 Валерий Клешнев, www.biorow.com

