

## Вопросы и ответы

**Вопрос:** Роджер Мур, старший тренер школы Пембрук в Аделаиде, Южная Австралия спрашивает: «Есть ли у Вас какие-либо цифры относительно влияния веса рулевых на скорость лодки, в частности восьмерки? Нам скоро предстоят важные гонки, а наш рулевой имеет 11 кг лишнего веса.»

**Другой тренер задает аналогичный вопрос:** «Возможно ли использовать какую-либо формулу для определения влияния веса лодки на ее скорость, в частности, рассчитать скорость в рулевой четверке на основе времени на 2000 м того же экипажа в безрулевой. Другими словами: аналогична ли рулевая четверка с безрулевой плюс 55 кг багажа для сопротивления?»

**Ответ:** Есть три разнонаправленные компонента влияния дополнительного веса лодки на ее скорость:

1. Большой коэффициент сопротивления в связи с большей массой всей системы и ее большим водоизмещением.
2. Большие инерционные потери, которые снижают полезную мощность, поскольку гребцы должны тратить энергию для движения более тяжелой массы лодки вперед и назад.
3. Меньшие потери энергии, вызванные колебаниями скорости лодки.

Первый компонент может быть оценен с помощью эмпирических уравнений зависимости коэффициента сопротивления ( $DF$ ) от массы гребцов (НБГ 2007/07). Этот коэффициент зависит от массы вытесненной воды, которая равна общей массе системы. Поэтому мы можем прибавить дополнительный вес лодки к весу гребцов, а затем рассчитать две величины коэффициента  $DF_1$  и  $DF_2$  для каждой массы (без и с дополнительным весом), используя уравнения в Табл.1 НБГ 2007/07. Используя уравнение  $P = DF * V^3$  и полагая мощность  $P$  постоянной, мы можем вывести пропорцию соотношения скоростей:

$$V_1 / V_2 = (DF_1 / DF_2)^{1/3}$$

Сопротивление дополнительного 1 кг на каждого гребца снижает скорость лодки на 0,061% или 0,21с за 2 км гонку при времени 5 мин 40 сек.

Второй компонент – инерционные потери могут быть определены с использованием математического моделирования с синусоидальным перемещением двух известных масс относительно друг друга. Мы определили, что при темпе 36 гр/мин и относительном перемещении масс 0,6 м каждый дополнительный 1 кг массы лодки на гребца снижает ее скорость на 0,33% или 1,13 сек за 2 км гонку. Эта величина зависит от техники гребли и может быть снижена за счет переноса части кинетической энергии в пропульсивную энергию на лопасти при правильном выполнении конца гребка (НБГ 2006/10). Используя анализ реальных измерений мы приняли эту величину 0,24% или 0,81 сек за 2 км.

Аналогично был смоделирован третий компонент и мы нашли, что каждый 1 кг дополнительно веса лодки на гребца сделает скорость лодки более равномерной и увеличит ее среднюю величину на 0,11% или на 0,37 сек за 2км гонку. Нам представляется, что это – максимальное значение, которое можно лишь ухудшить плохой техникой, когда гребцы «дергают» лодку на подъезде и этим увеличивают колебания ее скорости (НБГ 2007/10).

Таблица ниже суммирует приведенные величины при условии хорошей техники гребли:

+1кг веса на 1 гребца	Потери скорости (%)	За 2км при 5:20	За 2км при 7:10
Коэфф.сопр.	-0,061%	+0,20s	+0,26s
Инерционные потери	-0,240%	+0,77s	+1,03s
Колебания скорости	+0,110%	-0,35s	-0,47s
<b>Sum</b>	<b>-0,191%</b>	<b>+0,61s</b>	<b>+0,82s</b>

Можно видеть, что **1 кг дополнительного веса лодки на каждого гребца снижает скорость на 0,19%, что значит 0,7 сек медленнее при 2 км гонке за 6:00.**

Если мы отнесем эти данные ко второму вопросу, то можем определить, что 55 кг дополнительного веса в четверке (13,75 кг на гребца) сделают лодку медленнее на 9,5 сек при 2 км гонке за 6:00. Аналогичный анализ для двойки (27,5 кг на гребца) даст 21,3 сек проигрыша при 2 км гонке за 6:40.

Мы сравнили эти величины с результатами на Олимпиаде-92, где рулевая и безрулевая четверки гонялись вместе последний раз. Различия в результатах между M4- и M4+ для победителей были 4,3 сек, а средние для финалистов - 6,4 сек, что несколько меньше расчетной величины выше. В M2+ и M2- эти различия были 22,1 и 20,5 сек соответственно, что очень близко к предсказанной нами величине.

Биомеханические условия, также, довольно различны: в тяжелых рулевых лодках труднее переносить мощность через подножку (НБГ 2008/12), работа ног медленнее и большая нагрузка приходится на руки и плечи, так что **гребля в рулевых лодках ближе к работе на эргометре**. В безрулевых лодках быстрая работа ногами через подножку более важна.

Определенный нами суммарный коэффициент - 0,19% согласуется довольно хорошо с результатами других авторов (1, 2). Однако, они анализировали лишь коэффициент сопротивления, который представляет только 30% от общей величины в нашем анализе. Вероятно, потребуется дополнительное обсуждение этого вопроса.

### Ссылки

1. Atkinson B. 2001. The Effect of Deadweight. <http://www.atkinsopht.com/row/deadwght.htm>
2. Duthia A. 2008. Effect of Weight in Rowing. <http://www-atm.atm.ox.ac.uk/rowing/physics/weight.html#section7>

### Пишите нам:

✉ ©2008 Валерий Клешинев, к.п.н., с.н.с.

[www.biorow.com](http://www.biorow.com) e-mail: [kleval@btinternet.com](mailto:kleval@btinternet.com)