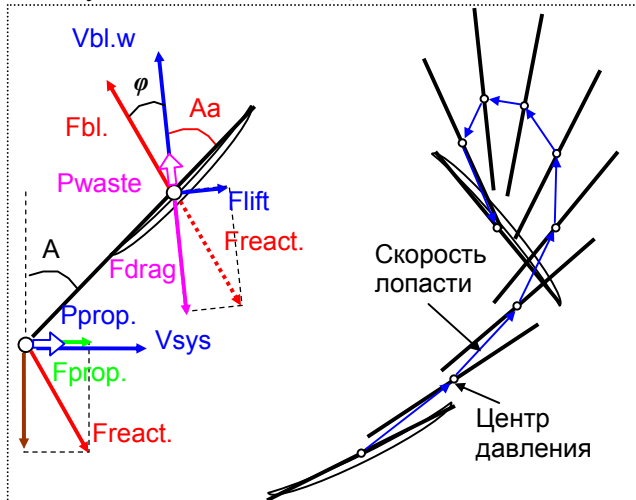


## Факты. Знаете ли Вы что...

...гребцы теряют в среднем 18,5% своей мощности из-за сплывания лопасти весла в воде? Некоторые публикации на эту тему приведены ниже. Мы также кратко упоминали ее в НБГ 2001/04, 06, 07, 2003/08. С некоторыми допущениями (3), мы определяем пропульсивный КПД весла  $E_{bl}$  используя данные измерений скорости лодки  $V_{boat}$ , угла весла  $A$  и усилия на рукоятке  $F_h$ . Следующий график показывает траекторию движения лопасти в воде и механику вычисления ее КПД:



Усилия прикладываемые к центру лопасти  $F_{bl}$  рассчитываются из измеряемых усилий на рукоятке  $F_h$  и реального передаточного отношения весла (НБГ 2006/11). Скорость сплывания лопасти относительно воды  $V_{bl.w}$  определяется через угловую скорость весла и скорость лодки  $V_{boat}$ . Потерянная мощность  $P_w$  рассчитывается, как скалярное произведение векторов силы и скорости:

$$P_w = F_b V_{bl.w} \cos \varphi \quad (1)$$

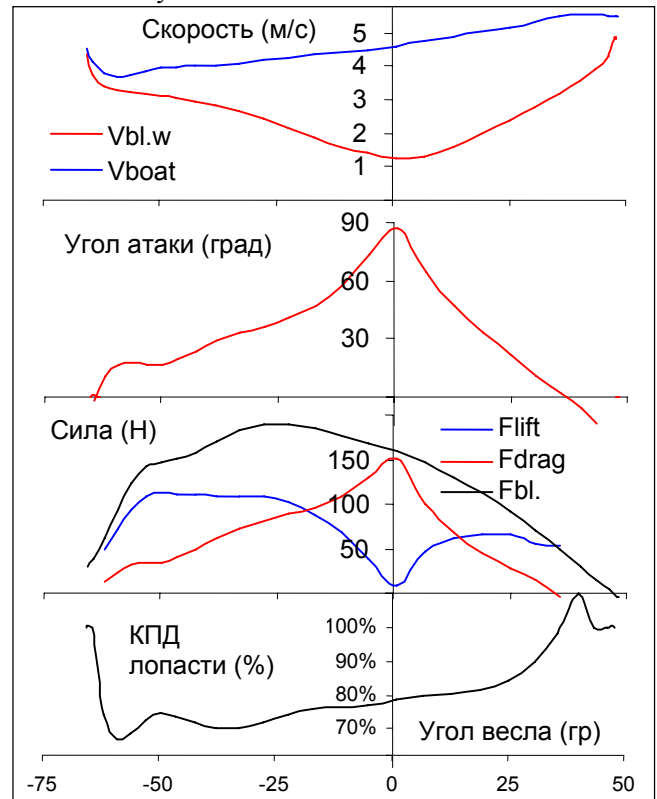
где  $\varphi$  есть угол между векторами.

Общая мощность  $P_{tot}$  прикладываемая к рукоятке рассчитывается, как произведение  $F_h$  и скорости рукоятки. Пропульсивная мощность может быть рассчитана, как произведение векторов скорости центра масс системы лодка-гребец  $V_{sys}$  и пропульсивной силы  $F_{prop}$ . Однако, определить эти переменные довольно сложно, поэтому мы рассчитываем  $P_{prop}$ , как разницу между  $P_{tot}$  и  $P_w$ . КПД лопасти  $E_{bl}$  определяется:

$$E_{bl} = P_{prop} / P_{tot} = (P_{tot} - P_w) / P_{tot} \quad (2)$$

Лопасть движется через воду под т.н. углом атаки  $A_a$ . Если он отличается от  $90^\circ$ , то возникает подъемная сила  $F_{lift}$  и лопасть работает, как подводное крыло.  $F_{lift}$  всегда направлена перпендикулярно скорости  $V_{bl.w}$  и имеет 100% КПД. Все потери энергии зависят от силы сопротивления  $F_{drag}$ , которая всегда имеет направление, противоположное скорости  $V_{bl.w}$  лопасти.  $F_{lift}$  и  $F_{drag}$  являются компонентами общей силы реакции  $F_{blR}$ , которая имеет одинаковую

величину и направлена противоположно силе на лопасти  $F_{bl}$ .  $F_{blR}$  переносится через стержень весла и раскладывается на упомянутую выше  $F_{prop}$  и боковое усилие  $F_{side}$ , которое НЕ создает потерь энергии (НБГ 2006/06). Нижеприведенный график показывает данные одиночника при темпе 36 гр/мин, представленные относительно угла весла:



Коэффициенты подъемной силы и сопротивления взяты нами из (2) для плоской пластины, поэтому они могут использоваться лишь приблизительно. В этом примере  $F_{lift}$  создает 56% от среднего усилия на лопасти, а  $F_{drag}$  определяет остальные 44%. Общее расстояние сплывания центра весла в воде составляет 1,7м, а минимальная скорость сплывания перпендикулярном положении весла. Общее КПД лопасти составляет 76,5%. В будущих выпусках Письма мы обсудим факторы, влияющие на КПД лопасти.

## Литература:

- Affeld, K., Schichl, K., Ziemann, A. (1993). Assessment of rowing efficiency. International journal of sports medicine, 14, S39 S41.
- Caplan N., Gardner T., (2006) A fluid dynamic investigation of the Big Blade and Macon oar blade designs in rowing propulsion. Journal of Sports Sciences, 1 – 8
- Kleshnev V. (1999) Propulsive efficiency of rowing. In: Proceedings of XVII International Symposium on Biomechanics in Sports, Perth, Australia, p. 224-228.
- Concept2: Scull Shaft Construction and Stiffness. <http://www.concept2.com/us/products/oars/sculls/shaft.asp>

## Пишите нам:

✉ ©2007 Валерий Клешинев, к.п.н., с.н.с.

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