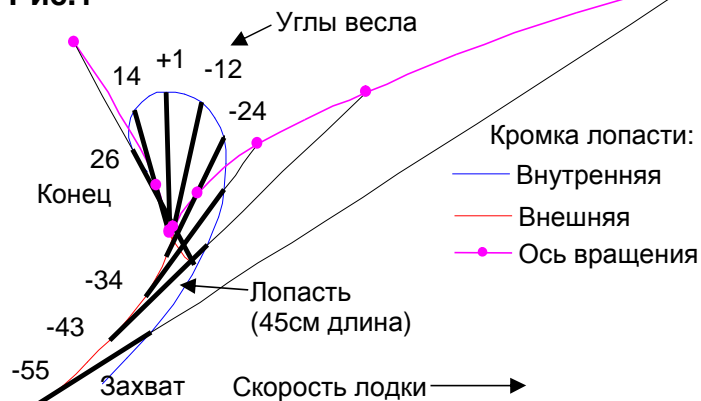


Глубина погружения лопасти

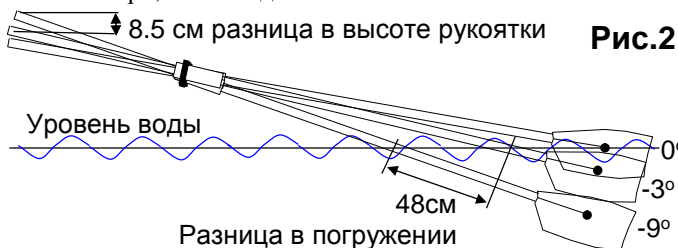
Недавно были опубликованы несколько статей, пропагандирующих более глубокое ведение лопасти на проводке. Основным аргументом был более высокий КПД лопасти из-за ее меньшего сплывания. При этом, дополнительное сопротивление на древке весла, якобы, невелико, поскольку «ось вращения весла (воображаемая стационарная точка – центр вращения весла на проводке) расположена далеко внутри от лопасти, а скорость движения древка весла в воде невысока и потери не велики». Правда ли это?

Конечно, лопасть должна быть полностью погружена в воду на проводке, но ее чрезмерное погружение – очень сомнительно. Объективных фактов связи глубины погружения лопасти в ее КПД представлено не было. Мы уже писали про глубину лопасти (НБГ 2009/10) и ее КПД (НБГ 2007/12, 2012/06, 2013/11-12), но должны снова коснуться этой темы. Положение мнимой оси вращения было представлено в НБГ 2014/02, а Рис.1 ниже представляет его снова для большей ясности (реконструкция по данным M1x при 33 гр/мин, измерения с системой BioRow™)

Рис.1



Ось вращения расположена на древке весла (около 5 см внутри от лопасти) лишь при $\pm 10^\circ$ от перпендикулярного положения весла. Она располагается на лопасти при углах весла от -30° в захвате до 25° в конце проводки, но при более острых углах, она находится за внешней кромкой лопасти: более 4м от нее при угле захвата 65° . Между прочим, это – хорошая иллюстрация концепции динамического передаточного отношения весла (НБГ 2015/06): расстояние от оси уключины до оси вращения весла представляет собой воображаемый действующий внешний рычаг, который становится намного длиннее при острых углах весла, а передаточное отношение – тяжелее. Поэтому, древко весла двигается через воду почти также быстро, как и лодка.



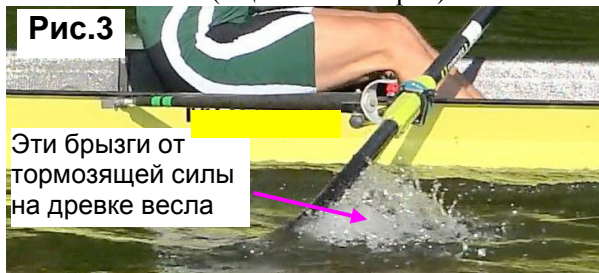
В среднем, каждый градус более глубокого погружения лопасти дает 8см дополнительной длины весла в воде. Поэтому, разница между нормальным погружением на 6° (40см оси весла в воде) и очень глубоким погружением на 12° (88см) составляет почти полметра дополнительно погруженного в

воду древка весла (Рис.2). Точное вычисление дополнительной силы сопротивления, созданной этой излишней глубиной лопасти, достаточно сложно, поскольку смачиваемая поверхность и угол атаки постоянно меняются на проводке. Однако, ее можно грубо оценить с помощью уравнения 1:

$$F_d = 0.5 \rho c_d v^2 A \quad (1)$$

где ρ – плотность воды, c_d – коэффициент сопротивления формы ($=0,47$ для цилиндра), v – скорость вала весла в воде (меняется от 1,7 до 5,2 м/с на проводке), A – площадь поперечного сечения смоченной части древка, которая зависит от его диаметра (38мм для стандартного парного весла) и угла атаки. **Дополнительные 6° глубины лопасти увеличивают силу сопротивления на 12Н на проводке, потребляют почти 50Вт мощности гребца ($\approx 10\%$) и снижают скорость на 3,5% (14с на 2км при 6:40).**

Эту потерянную энергию можно хорошо видеть в виде фонтанов воды, создаваемых древком весла на проводке (Рис.3), что можно устранить или значительно уменьшить при лучшей работе весла в воде. При одинаковой глубине погружения, использование более тонкой оси весла предпочтительно: весла Concept2 Skinny (толщина 32мм в середине оси) снижают потери скорости на 0,7%, а весла WinTech RDS (28мм) на проводке сохраняют до 1,2% скорости (5с на 2км). Это – дополнительное преимущество тонких весел, в дополнение к их меньшему аэродинамическому сопротивлению на заносе (еще 2-4с быстрее).



Более глубокое ведение лопасти имеет другой негативный эффект: оно увеличивает высоту рукоятки (Рис.2) примерно на 1,5см на каждый градус погружения. Это увеличивает рычаг и вращающий момент усилия на рукоятке и делает его тяжелее для мышц туловища и позвоночника.

Какова оптимальная глубина погружения лопасти? Статистика, собранная в течение последних пяти лет измерения и оценки с помощью системы BioRow™ (более 20 тыс образцов данных), дает средний минимальный угол весла от уровня воды $-5.9 \pm 1.4^\circ$ для распашной и $-7.6 \pm 1.5^\circ$ для парной гребли. Это позволяет разработать шкалу для оценки глубины погружения весла (Табл.1), которая будет постоянно использоваться в отчетах вместе с оценкой промашки в захвате, сплывания лопасти в конце и полезного угла весла.

Таблица 1	Очень мелко	Мелко	Норма	Глубоко	Очень глубоко
Распашн	<1.5	<3.0	4.5-7.5	>9.0	>10.5
Парная	<3.0	<4.5	6-9	>10.5	>12.0

Простейший практический метод контроля глубины лопасти: намотайте яркую изоленту на древко в 40см от основания лопасти. Затем, старайтесь держать эту метку на уровне воды во время проводки, и это даст Вам оптимальные 6-7° погружения лопасти.

©2015 Валерий Клешинев, www.biorow.com
valery@biorow.com, valery.kleshnev@yandex.ru