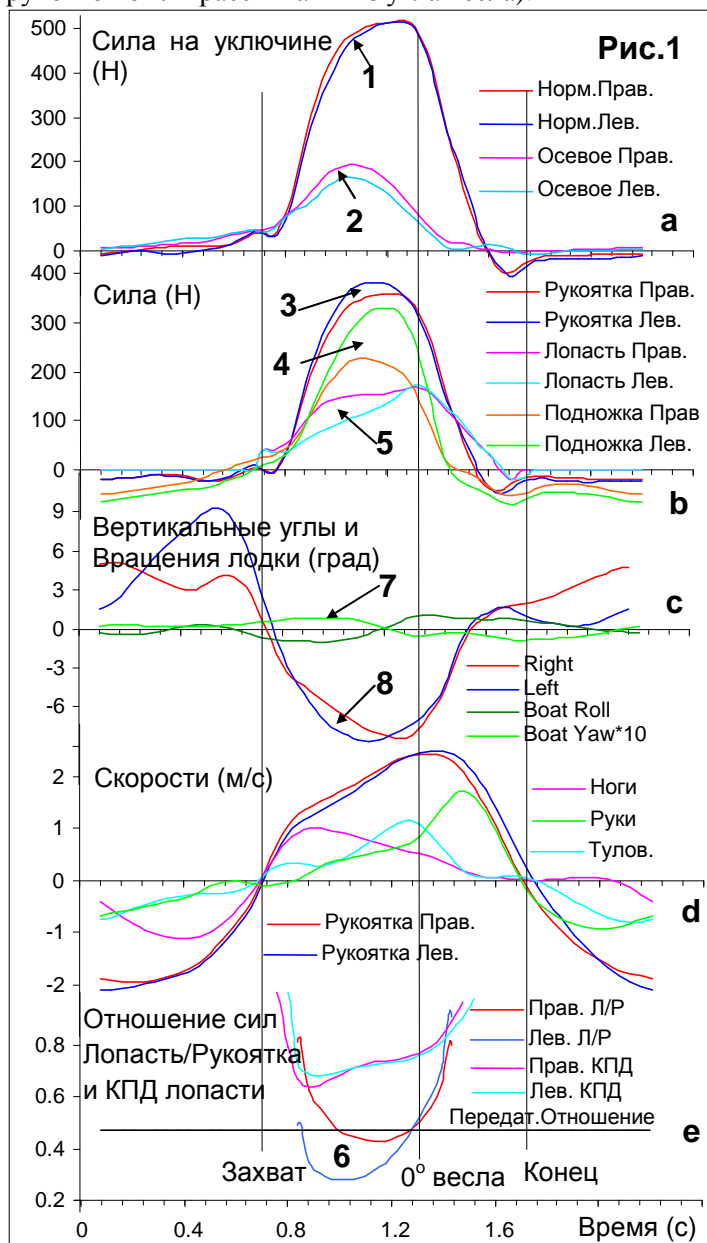


Соотношение сил на лопастях и рукоятке

Недавно новый интересный феномен был обнаружен при анализе данных, полученных в М1х при 32 гр/мин (те же измерения, что и в НБГ 2013/08), который наблюдался и у других гребцов при различных темпах. Усилия на рукоятке измерялись совместно с нормальной и осевой силами на уключине (Рис.1,а), а горизонтальные компоненты силы на подножке измерялись в трех точках (Рис.1, б показывает верхние правый и левый компоненты). Также измерялись: горизонтальные и вертикальные углы весла и вращения лодки (с), скорости ног и туловища (d, скорости рукояток были рассчитаны из угла весла).



Сила на лопасти весла F_b была получена (Рис.1,б), как разница между нормальной силой на уключине F_g и на рукоятке F_h , опуская небольшие силы инерции весла:

$$F_b = F_g - F_h \quad (1)$$

Рис.1, е показывает КПД весла (НБГ 2007/12), а также отношение сил Rb/h на лопасти F_b и рукоятке F_h , которое должно быть равно передаточному отношению весла, определенному геометрически, как отношение действующих внешнего L_{out} и внутреннего L_{in} рычагов весла (от оси до центров лопасти и рукоятки):

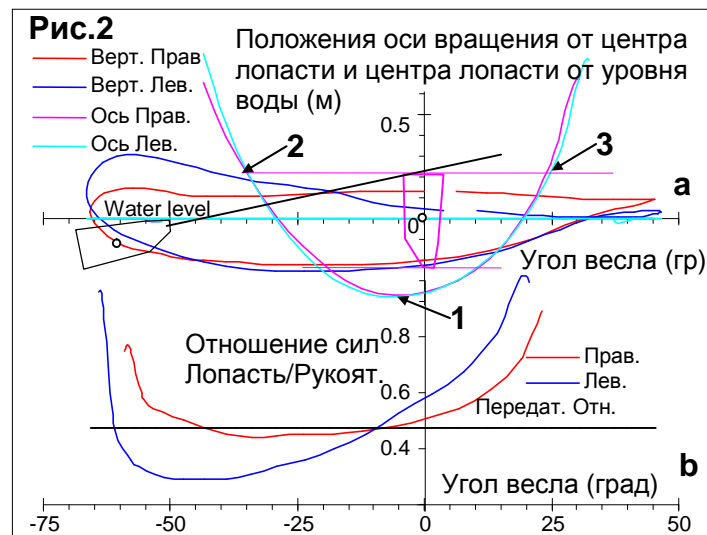
$$Rb/h = F_b/F_h = L_{out}/L_{in} = G \quad (2)$$

Было обнаружено, что в первой половине проводки левое и правое нормальные усилия на уключине довольно близки (1), правое осевое (2) и усилие на рукоятке (3) - несколько ниже, а правое усилие на подножке - значительно ниже (4), чем соответствующие левые. Однако, сила на правой лопасти была значительно выше, чем на левой (5), так что отношение усилий Rb/h - значительно выше для правого весла (6), что подтверждалось данными о повороте (рысканье) лодки в левую сторону (7). Относительно меньшая сила на левой лопасти соответствовала более глубокому ее погружению в воду (8). Также, Rb/h было выше в захвате и в конце проводки, когда погружение лопасти невелико. Это позволило нам выдвинуть гипотезу о том, что глубина погружения лопасти может быть связана с отношением сил на лопастях и рукоятке: чем глубже погружение, тем меньше усилие на лопасти при том же усилии на рукоятке.

Первым предположением о причинах этого феномена было влияние отрицательной силы, действующей на внутренние поверхности лопасти и ось весла: когда весло вращается в воде, внешние части движутся назад быстрее и создают продвигающую силу, а внутренние части и ось движутся медленнее, могут увлекаться вперед вместе с лодкой и создавать тормозящую силу. Чтобы это выявить, положение оси вращения весла (стационарной точки) L_{piv} было определено:

$$L_{piv} = V_b / (\omega \cos(\alpha)) - L_{out} \quad (2)$$

где V_b скорость лодки, ω угловая скорость весла (рад/с), α угол весла. Рис 2 показывает эти положения совместно с вертикальным положением центра весла и отношением сил Rb/h .



В середине проводки, центр вращения расположен на оси весла в 15-20 см от внутреннего края лопасти (1), что означает: любое более глубокое погружение тянет ось весла вперед в воде и создает дополнительное сопротивление. Однако, в захвате и конце стационарная точка сдвигается намного дальше от уключины: она расположена на внешней кромке весла при 35° в захвате (2) и при 25° в конце (3). При более острых углах, виртуальная стационарная точка находится дальше лопасти, что значит - вся она увлекается вперед вместе с лодкой. Необходим дальнейший анализ для получения ясности в этом вопросе. Ваши соображения?