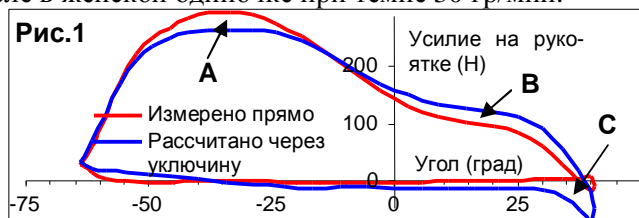


На переднем крае науки

Недавно, мы провели тестирование новой измерительной уключины (1) на шести спортсменах различного уровня и пола. Главной целью было сравнение с нашим стандартным методом: (измерением усилий на рукоятке через определение изгиба весла) и верификация точности измерения усилий и мощности Мы уже обсуждали различные методы измерения усилий в гребле (НБГ 2010/03). Поскольку новый датчик измеряет усилие на уключине F_{gate} в направлении, перпендикулярном оси весла, усилие на рукоятке F_{hnd} рассчитывается как:

$$F_{hnd} = F_{gate} * (L_{out} / (L_{in} + L_{out})) = F_{gate} * (L_{out} / L_{oar}) \quad (1)$$

где L_{out} - реальный внешний рычаг весла (от оси до центра лопасти), L_{in} - реальный внутренний рычаг (от оси до центра рукоятки) и L_{oar} - реальная длина весла, равная сумме двух первых величин. Рис.1 показывает кривые усилий, полученных двумя методами на правом весле в женской одиночке при темпе 30 гр/мин.



Было обнаружено, что кривые немного различны:

- Усилие, измеренное через изгиб весла было немного выше в первой половине проводки (А);
- Усилие, рассчитанное через данные уключины было немного выше во второй половине проводки (В);
- Измерительная уключина измеряла значительные отрицательные усилия с начале проводки (С), которые объясняются инерцией быстро ускоряемого весла. Датчик на весле не чувствителен к этой силе, поскольку весло уже развернуто.

Мощность P была рассчитана, как:

$$P = F_{hnd} * L_{in} * \omega \quad (2)$$

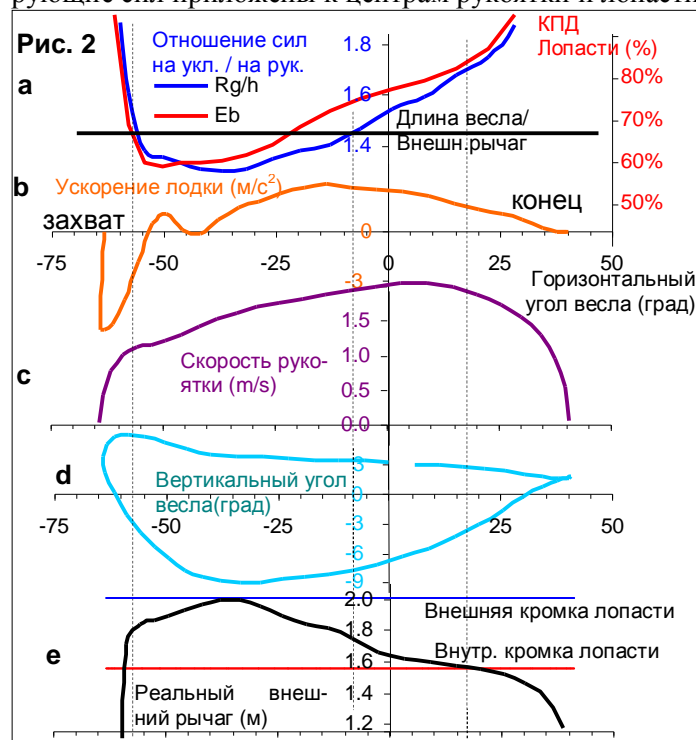
где ω – угловая скорость весла. Было определено, что величины мощности, вычисленные этими двумя методами хорошо соответствовали: среднее различие было $0.45\% \pm 0.17\%$ (min. 0.11%, max. 1.07%). Это позволило нам заключить, что **новая измерительная уключина может надежно использоваться для определения мощности гребли.**

Затем, мы попытались проанализировать причины различий в кривых усилий, измеренных на уключине и рукоятке весла. Было рассчитано отношение этих двух сил, которое из уравнения 1 должно быть равно отношению длины весла к внешнему рычагу:

$$Rg/h = F_{gate} / F_{hnd} = L_{oar} / L_{out} \quad (3)$$

Когда это отношение было начерчено относительно угла весла (Рис.2а), нас поразило, что кривая очень напоминает кривую КПД лопасти весла (E_b , НБГ 2007/12). Очень маловероятно, что это сходство было вызвано систематической ошибкой датчиков, поскольку эти две переменные выведены абсолютно независимо: Rg/h через отношение двух усилий, а КПД весла – через скорость лодки, угловую скорость весла и внешний рычаг. Черная горизонтальная линия на Рис.2а представляет

отношение длины весла к внешнему рычагу L_{oar}/L_{out} , определенное геометрически, т.е. полагая, что результирующие силы приложены к центрам рукоятки и лопасти.



Отношение усилий было близко к геометрическому соотношению в середине проводки, близко к перпендикулярному положению весла относительно лодки. В первой половине проводки отношение усилий было ниже, чем отношение рычагов, что может случиться по одной из трех причин, или при их комбинации:

- Если реальный внешний рычаг длиннее, т.е. результирующая сила смещена к внешнему краю лопасти,
- Если реальный внутренний рычаг короче, т.е. результирующая сила на рукоятке приложена ближе к ее внутреннему краю,
- Из-за сил инерции при угловом ускорении весла.

Во второй половине проводки отношение усилий было ниже, чем отношение рычагов, что можно было бы объяснить причинами, обратными вышеназванным.

Маловероятно, что внутренний рычаг может значительно меняться в парной гребле, поскольку в этом случае сила должна прикладываться вне рукоятки. Также, небольшая сила инерции не должна быть причиной, поскольку угловое ускорение весла невелико на проводке.

В итоге, у нас остался лишь одна правдоподобная причина: изменение внешнего рычага, что уже отмечалось нами ранее (НБГ 2003/08). Это может быть связано со спецификой гидродинамики лопасти при различных углах весла, усилиях и глубине (Рис.2d), что аналогично влияет на КПД лопасти, так что кривые похожи. Рис.2е показывает, что **положение центра давления на лопасть выходит за ее пределы в конце проводки.** Причины этих феноменов нам до сих пор не ясны, любые гипотезы – добро пожаловать.

Ссылки: 1. Телеметрическая система BioRowTel http://www.biorow.com/PS_tel.htm