

Вертикальная сила на рукоятке

В прошлом году с системой *BioRowTel* мы впервые провели экспресс-исследование вертикальных сил на весле и теперь обсудим результаты. Вертикальные силы на рукоятке были измерены с помощью тех же датчиков, что и горизонтальные силы, которые были расположены на оси весла под углом 90° один к другому (Рис.1). Эти датчики были ориентированы в двух ортогональных плоскостях и измеряли изгиб весла в горизонтальном и вертикальном направлениях.

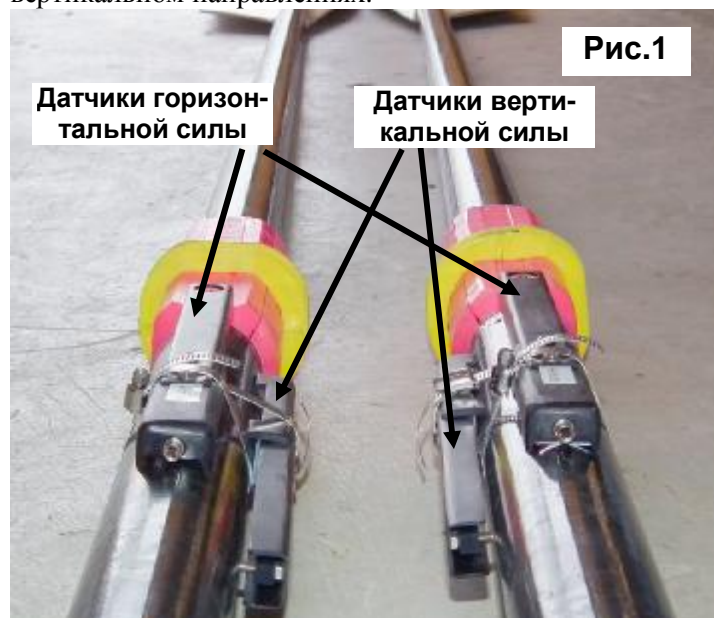


Рис.1

Датчики горизонтальной силы

Датчики вертикальной силы

Данные правого весла одиночника при темпе 36 гр/мин показаны на Рис.2.

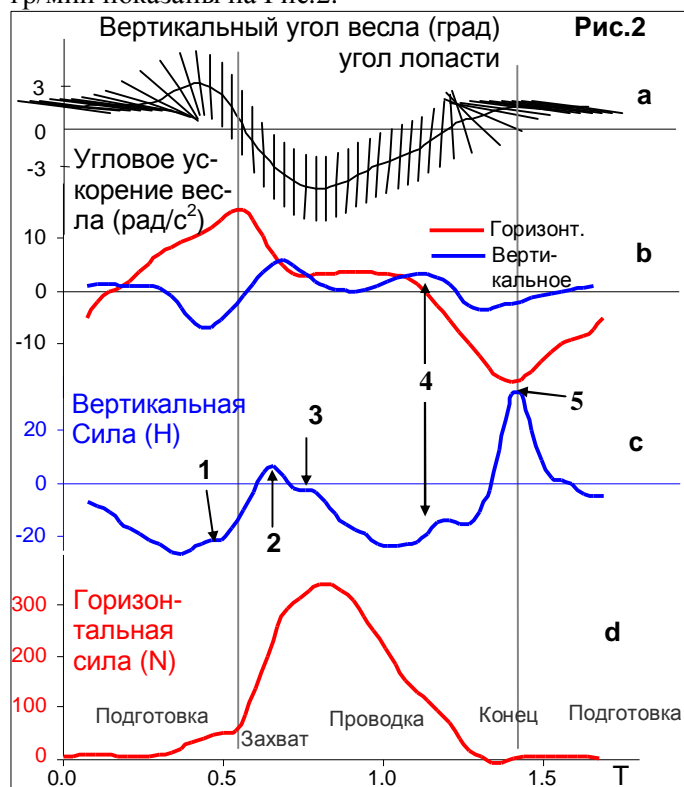


Рис.2

Поскольку весло накрывается и раскрывается в течение цикла гребка, ориентация датчиков меняется относительно горизонта. Поэтому, вращение весла (ролл) измерялось с помощью 7D датчика BioRow (НБГ 2012/10), что дало возможность определить ориентацию лопасти и датчиков. Угловые ускорения весла (Рис.2, b) были определены двойным диффе-

ренцированием углов в горизонтальной и вертикальной плоскостях, которые были измерены с помощью 2D датчика угла весла *BioRow*. Когда лопасть находится в воздухе и силы на ней пренебрежимо малы, усилие на рукоятке Fh и угловое ускорение весла a в каждой из плоскостей соотносятся как:

$$Fh = I a / Lin.a \quad (1)$$

Где I момент инерции весла относительно оси вращения уключины, $Lin.a$ действующий внутренний рычаг весла. В этом исследовании, а также в лабораторных измерениях I был определен на уровне 3,4-3,6 кг·м² для парного и 6,6-7,0 кг·м² для распашного весел.

Перед захватом, когда весло уже накрыто, но еще полностью в воздухе (Рис.2, 1), гребец прикладывает примерно 20Н (2кгС) отрицательной (направленной вверх) вертикальной силы на рукоятке, чтобы ввести лопасть в воду. Когда это происходит, вертикальное усилие становится немного положительным (2), что означает тягу рукоятки несколько вниз, чтобы остановить заглубление лопасти. В точке наибольшей глубины лопасти, вертикальная сила близка к нулю, что означает горизонтальную тягу (3).

Интересно, что в течение второй половины проводки (4) вертикальное усилие снова имеет отрицательное значение около -20Н, но вертикальное угловое ускорение весла становится положительным. Это означает, что гребец тянет рукоятку несколько вверх и старается держать лопасть на глубине, но оно выходит из воды. Этот факт можно объяснить лишь значительной силой на лопасти, направленной вверх, что связано с положительным углом накрытия лопасти (+6°). При ~200Н горизонтальной силы это создает ~20Н вертикальной силы ($\sin(6^\circ)=0,1$). В конце проводки (5) лопасть уже раскрыта, поэтому, значительное положительное ускорение, измеряемое этим датчиком связано с горизонтальным ускорением весла.

При более высоком темпе гребли (Рис.3), возрастают отрицательные силы на подготовке (1) и в конце (2), что объясняется более резкими горизонтальными ускорениями. Подбрасывание рукоятки вверх перед захватом (3) остается примерно тем же самым, но положительные силы после ввода лопасти возрастают (4).

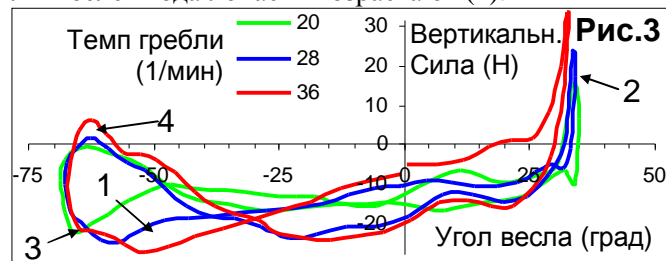


Рис.3

В заключение, **вертикальные силы на рукоятке довольно малы и еще меньше на лопасти (около 10Н = 1 кгС), так что они реально не влияют на вертикальные движения системы лодка-гребец.**

Значительная часть усилий направлена вертикально: от 7% при накрытии 4°, до 14% при 8°.

Переменное накрытие (завал оси наружу) можно рекомендовать для минимизации вертикальных сил и более горизонтальной проводки (НБГ2010/09).