

**Причины подъемной силы в гребле**

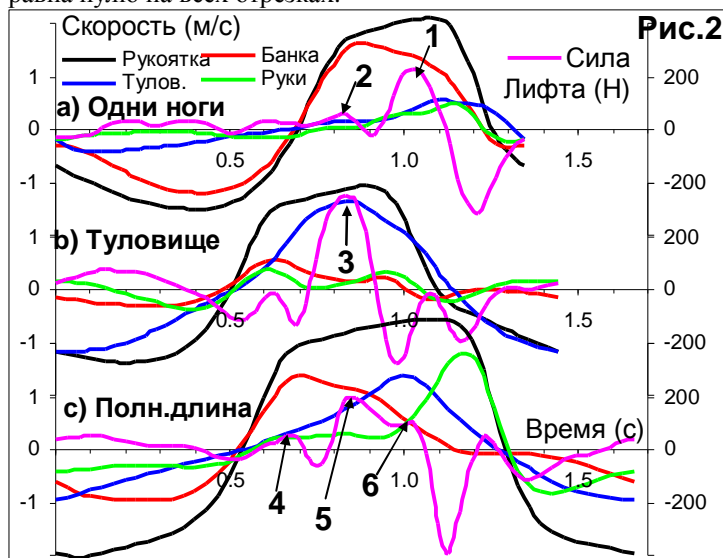
Еще два эксперимента были выполнены для исследования причин подъемной силы. Эргометр Concept2 был установлен на слайды через три датчика, измерявшие полную силу веса. Подъемная сила определялась, как разница между статичным весом и измерявшейся вертикальной силой при гребле. Эргометр был оборудован для измерений усилия на рукоятке и перемещений рукоятки, банки и туловища.



**Рис.1**

**Датчики**

Были выполнены три отрезка по 10 гребков каждый с различной техникой: а) одними ногами (темп 44 гр/мин), б) одним туловищем (41 гр/мин), с) с полной длиной (36 гр/мин). Как и ожидалось, средняя подъемная сила за цикл гребка была равна нулю на всех отрезках.



**Рис.2**

Максимальная подъемная сила при гребле «одними ногами» была 220Н (Рис.2) и наблюдалась во второй половине проводки (1), когда скорость банки замедлялась, а бедра и голени двигались вниз. Намного меньшая сила лифта 55Н была измерена при максимальной скорости банки (2). Подъемная сила при гребле «одним туловищем» была наиболее значительна с пиком в 350Н, который наблюдался при максимальной скорости туловища (3). Сила лифта при гребле «с полной длиной» имела даже три пика: при макс. скорости банки (4), туловища (5) и наибольший 190Н - между ними (6).

Второй эксперимент был проведен в подвижном гребном бассейне «БРИС» (Рис.3), где датчики вертикальной силы были установлены между опорной тележкой и рамой с рабочим местом гребца («лодкой») так, что они измеряли полный вес гребца с «лодкой», минус выталкивающая сила воды. Также, измерялись углы весла, усилия на рукоятке и положения банки и туловища. Были выполнены аналогичные три отрезка по 10 гребков в темпе 40, 37 и 33 гр/мин соответственно. Средняя подъемная сила за цикл гребка была больше нуля: 33, 39 и 30Н, что составляло 9-13% от средней силы на рукоятке. Это можно объяснить вертикальной силой на лопасти

при угле ее накрытия  $6^\circ$  ( $\sin(6^\circ) = 10.5\%$ ). Несмотря на то, что средняя величина этой подъемной силы близка к той, что мы измерили на воде (НБГ 2013/08-9), их природа различна: на воде измерялись силы между гребцом и корпусом лодки, а в данном случае - между «лодкой» вместе с гребцом и внешней опорой. Поэтому, внешняя вертикальная сила на лопасти измерялась, как подъемная сила в данном эксперименте, но на воде вертикальная сила на рукоятке тянула гребца вниз и снижала подъемную силу между ним и лодкой. Положительное смещение средней подъемной силы на воде, вероятно, можно объяснить передачей части вертикальной силы через икры ног, когда они касались лодки в конце проводки.



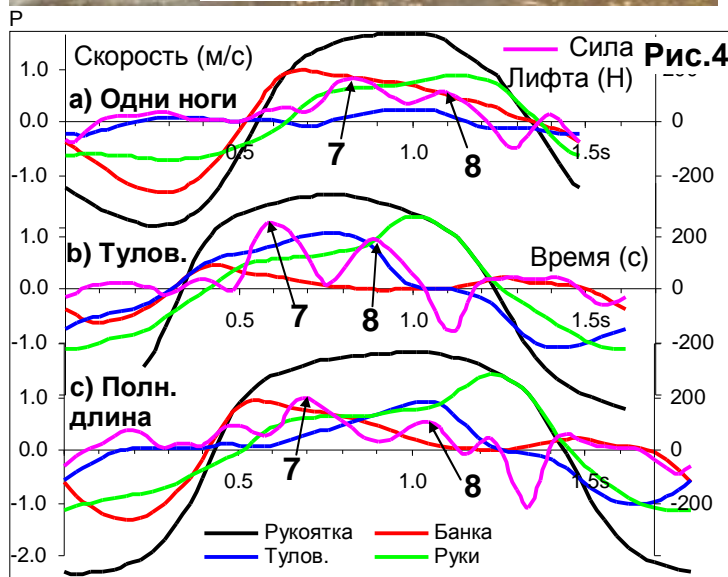
**Рис.3**

**Рама с раб. местом («лодка»)**

**Рельсы**

**Датчики**

**Тележка**



**Рис.4**

Динамика подъемной силы была похожа на таковую на эргометре (Рис.4): она имела наибольшую величину 250Н при гребле «одним туловищем», и 170-200Н при гребле «одними ногами» и «на полную длину», а пики были после макс. скорости банки (7) и совпадали с пиком скорости туловища (8).

**Заключения: 1. Центробежная сила вращения туловища представляет основным фактором подъемной силы при гребле.**

**2. Меньшая подъемная сила вызывается вертикальным ускорением ног во второй части проводки.**

**3. Вертикальная сила на лопасти является единственной внешней силой поднимающей всю систему лодка-гребец, но она относительно мала.**

Благодарим Сергея Белоусова из НИИФК, Санкт-Петербург, за любезное предоставление его подвижного гребного бассейна «БРИС» для проведения эксперимента.