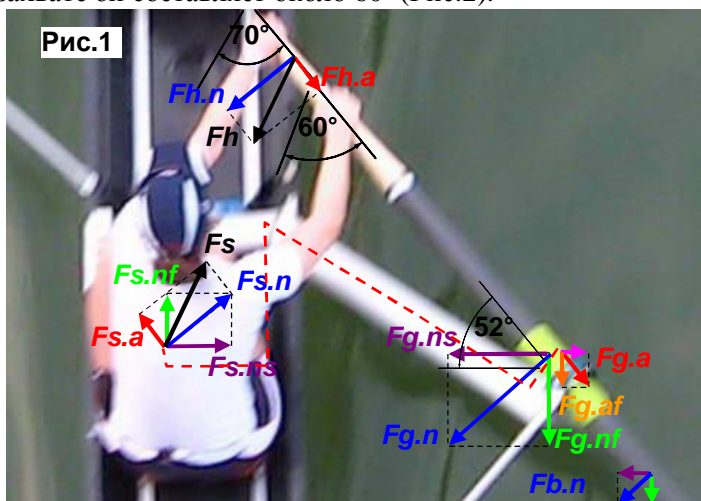


### Динамика в горизонтальной плоскости

Когда гребец тянет рукоятку в лодке, сила обычно прикладывается не точно в направлении перпендикуляра к оси весла. Это – одно из отличий гребли на воде от эргометра, где сила всегда перпендикулярна рукоятке. В распашной гребле, в захвате, угол между веслом и предплечьем наружной руки – около 70°, а внутренней – 60° (Рис.1), т.е. линия результирующей силы действует под углом 66-68° к оси весла (наружная рука прикладывает большую силу). В парной гребле, этот угол острее: в захвате он составляет около 60° (Рис.2).



Результирующая сила на рукоятке  $F_h$  может быть разложена на два компонента: перпендикулярную силу  $F_{h.n}$  и осевую  $F_{h.a}$ . При угле тяги  $A=60^\circ$  перпендикулярный компонент  $F_{h.n}$  равен  $\sin(A)=86.7\%$  от общей силы  $F_h$ , а осевой -  $F_{h.a}=\cos(A)=50\%$  от  $F_h$ .

Когда осевой компонент  $F_{h.a}$  переносится через весло на уключину, он создает такую же осевую силу  $F_{g.a}$  (не принимая во внимание небольшую осевую силу гидродинамического сопротивления со стороны лопасти). С другой стороны, чтобы создать осевую силу на рукоятке, гребец должен приложить к подножке силу той же величины, но обратного направления. Поскольку подножка соединена с осью уключины через отвод, эти силы уравновешивают друг друга, т.е. они – внутренние силы и **осевая сила на рукоятке не участвует в движении системы гребец-лодка**. Она не создает какой-либо мощности и потерь энергии, поскольку нет движения весла относительно лодки в этом направлении, но **работает, как более тяжелое передаточное отношение**: общая сила выше (на 13,3% при  $A=60^\circ$ ), но медленнее.

Перпендикулярная сила на рукоятке  $F_{h.n}$  также переносится на уключину, где она суммируется с силой на лопасти  $F_{b.n}$ , созданной реакцией воды. Поэтому, эта сила на уключине  $F_{g.n}$  выше, чем на рукоятке:

$$F_{g.n} = F_{h.n} + F_{b.n} = F_{h.n} \text{Lout.a} / (\text{Lout.a} + \text{Lin.a}) \quad (2)$$

где  $\text{Lin.a}$  – действующий внутренний рычаг,  $\text{Lout.a}$  – действующий внешний рычаг. Перпендикулярная сила на уключине может быть разложена на продвигающий  $F_{g.nf}$  и боковой  $F_{g.ns}$  компоненты. С другой стороны, сила на рукоятке создает обратную силу реакции  $F_s$ , приложенную к системе через тело гребца. Ее осевой компонент сбалансирован на уключине, а перпендикулярный  $F_{s.n}$  может быть разложен на две составляющие:

продольную  $F_{s.nf}$  и боковую  $F_{s.ns}$ . Поскольку сила на уключине  $F_{g.n}$  выше, чем на рукоятке  $F_{h.n}$  и ее реакция  $F_{s.n}$ , то это же относится и к их продольным компонентам. Разница составляет продвигающую силу, которая таким образом переносится с лопасти и ускоряет всю систему гребец-лодка вперед. Лишь перпендикулярная сила на рукоятке  $F_{h.n}$  вращает весло вокруг оси и создает скорость в этом направлении. Произведение этих сил и скорости дают мощность на рукоятке, которая переносится через рычаг весла, прикладывается лопастью к воде и расходуется на продвижение системы гребец-лодка, а часть ее теряется на плавание лопасти (НБГ 2007/12, 2012/06). Суммируя: **Лишь сила перпендикулярная рукоятке весла создает продвижение системы гребец-лодка**.

Когда усилия измеряются на оси уключины лишь в продольном направлении, на выходе получается комбинация продвигающего-перпендикулярного  $F_{g.nf}$  и осевого-паразитного  $F_{g.af}$  компонентов, и невозможно разделить их. Поэтому, сила на оси должна измеряться в двух плоскостях и перпендикулярный компонент должен рассчитываться через угол уключины-весла. Измерение силы на уключине проще, поскольку дает перпендикулярный компонент напрямую (НБГ 2010/03).

В парной гребле, боковые компоненты двух сил на рукоятке компенсируют себя в теле гребца (Рис.2). Поэтому, результирующая сила не имеет боковых компонентов и прикладывается параллельно лодке. Это может быть причиной, почему усилия выше в парной гребле, чем в распашной (НБГ 2010/08) и скорость лодки выше.

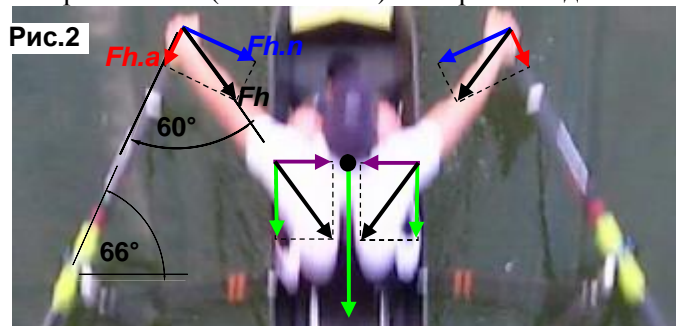
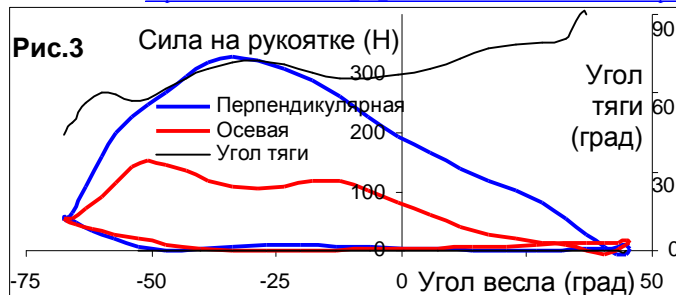


Рис.3 показывает перпендикулярную и осевую силы в ЛМ1х при 33 гр/мин (2D измерительная уключина (BioRowTel [http://www.biorow.com/PS\\_tel\\_files/BioRowTel%20Gate%202012.pdf](http://www.biorow.com/PS_tel_files/BioRowTel%20Gate%202012.pdf)))



Угол тяги (между результирующей силой о осью весла) рассчитан из соотношения сил и достигает 90° в самом конце проводки. В заключение: **Гребец должен максимизировать перпендикулярную силу на рукоятке, прикладывая минимальную осевую силу для удержания весла в уключине**.