

Каковы причины подвешивания массы гребца?

Мы получили интересные отклики на наши данные о подвешивании массы гребца, опубликованные в предыдущей статье. Доктор Фолькер Нольте, профессор университета Западного Онтарио, Канада, считает, что единственной причиной подвешивания является инерционная сила, создаваемая вертикальным ускорением a_{CM} ЦМ (центра массы) гребца. Его версия уравнения 1

$$\Sigma F = F_{FootV} + F_{seat} + F_{HandleV} - W = m_{CM} a_{CM} \quad (1)$$

В этом случае, средняя сила подвешивания за цикл гребка должна быть равна нулю, поскольку среднее ускорение ЦМ гребца должно быть равно нулю. Однако, в нашем эксперименте средняя сила подвешивания была 43Н в данном образце данных. Если бы это объяснялось лишь ускорением ЦМ гребца, тогда его положение делалось бы на ~1м ниже после каждого гребка, т.е. на 100м ниже уровня воды после 100 гребков, что очевидно невозможно. Другое очевидное свидетельство реального существования подвешивания можно видеть невооруженным глазом: лодка поднимается на 3-5см на гребке (Рис.1, 1), что соответствует 15-20кг более легкому весу гребца и близко к измеренной нами силе подвешивания.

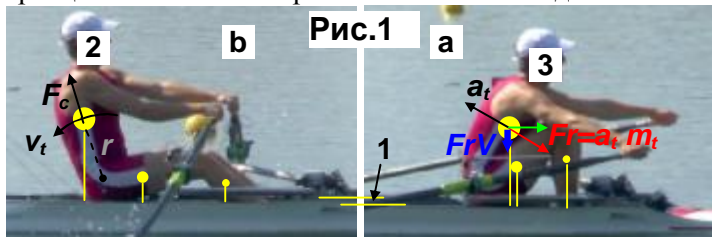
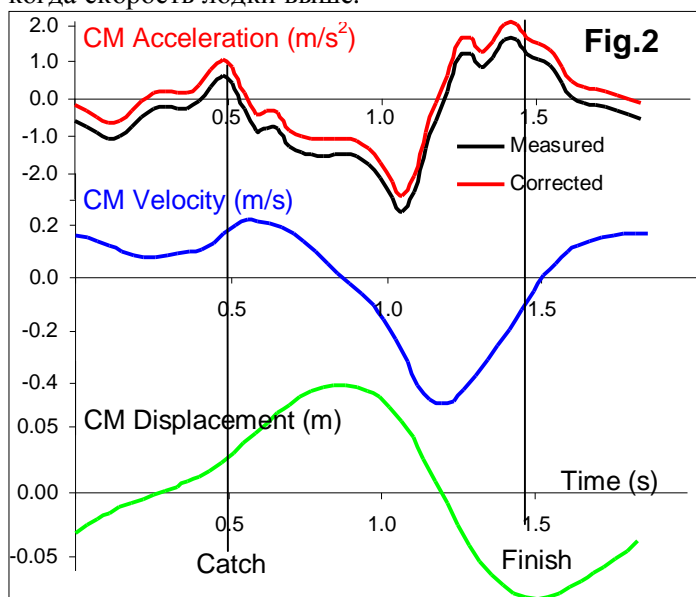


Рис.1

Контр-аргументы Фолькера были следующие: 1. Смещение средней силы подвешивания можно объяснить ошибками в измерениях. 2. Видимые вертикальные движения корпуса лодки можно объяснить силами воды: лодка «втягивается» в воду, поскольку скорость воды создает пониженное давление, особенно на подготовке, когда скорость лодки выше.



Для проверки гипотезы Фолькера, мы добавили смещение к измеренной силе подвешивания, чтобы сделать среднее ускорение ЦМ гребца равным нулю за цикл гребка (Рис.2). Однако, производное перемещение ЦМ гребца выглядит крайне странно: его положение в сере-

дине проводки на 12см выше, чем в середине подготовки, что делает эту гипотезу довольно сомнительной.

Другую интересную гипотезу мы получили от гребца-ветерана и инженера Тора Андерсона из Лос-Гатоса, Калифорния: «Кажется, что пики силы подвешивания случаются при махе туловищем, как на проводке (7, Рис.2, НБГ 2013/08), так и на подготовке (2). Похоже, что одним из компонентов этих пиков является центробежная сила F_c маха туловищем, действующая в вертикальном направлении».

$$F_c = m_t v_t^2 / r \quad (2)$$

Где m_t – масс-момент туловища с головой, v_t – его мгновенная линейная скорость, r – радиус инерции от центра тазобедренных суставов (Рис.1, 2). Подставляя данные $m_t = 25$ кг, $v_t = 1.25$ м/с и $r = 0.4$ м (примерно 50% от высоты туловища с головой), получаем силу ~100Н в вертикальном направлении, что близко к величине пика 7 на проводке.

Однако, было решено, что центробежная сила не может быть причиной того факта, что средняя сила подвешивания за цикл гребка больше нуля. Направленная вверх центробежная сила должна быть сбалансирована направленной вниз силой реакции (Рис.1, 3), вызванной ускорением туловища в захвате и в конце проводки.

Так что, механика силы подвешивания до сих пор не полностью ясна для нас. Требуется дальнейшие эксперименты и анализ.

Нормативные данные в группах гребцов

Был проведен статистический анализ данных, полученных на гребцах различного уровня в нашем стандартном тесте (НБГ 2013/03). Было определено пять групп гребцов:

Новички – гребцы с малым опытом квалифицированной тренировки,

Студенты университетов и колледжей 17-21 лет, Национальный уровень гребцов различного возраста – не членов сборных команд,

Международный уровень гребцов

Чемпионы – призеры Олимпиад и Чемпионатов мира.

Отклонения от модельных величин в каждой категории гребцов (муж/жен, парное/расапашное весло, легк/тяж вес, НБГ 2009/05) были получены и усреднены по уровням гребцов. Табл.1 показывает насколько основные биомеханические переменные (длина гребка и средние усилия) НИЖЕ модельных величин:

Таблица 1	n	Длина	Усилия
Новички	53	>8%	>30%
Студенты	245	5-8%	20-30%
Национальный	222	3-5%	12-20%
Международный	162	1-3%	5-12%
Чемпионы	15	<1%	<5%

Эту таблицу можно использовать для оценки результатов биомеханических тестирований.