

Вопросы и Ответы

В: Саба Гироши, гребец из клуба Кюлкер в Будапеште, Венгрия спрашивает: «У меня есть самодельные слайды для эргометра Концепт-2, тележка которых весит почти 20 кг. Как Вы думаете, этот дополнительный вес повлияет на мою технику гребли?».

О: Этот вопрос относится к разделу инерционных потерь в гребле, когда две значительных массы, гребец и лодка или тренажер, двигаются один относительно другого (1). Гребля на эргометре – простейший случай, гребля на воде – похожа, но там есть ускорения всей системы гребец-лодка, что мы рассмотрим позже. Начиная из стационарного положения в захвате или конце проводки, некоторая энергия должна быть затрачена для достижения скорости V между центром массы (ЦМ) гребца и эргометром на слайдах. Эта скорость является суммой скоростей гребца V_{row} и эргометра V_{erg} :

$$V = V_{row} + V_{erg} \quad (1)$$

Ускорения компонентов и, поэтому, скорости V_{row} и V_{erg} обратно пропорциональны их массам:

$$V_{row} / V_{erg} = M_{erg} / M_{row} \quad (2)$$

где M_{row} – масса гребца и M_{erg} масса эргометра с тележкой слайдов. Эта энергия превращается в кинетическую энергию E_k , которую можно определить, как:

$$E_k = (M_{row} V_{row}^2 + M_{erg} V_{erg}^2) / 2 \quad (3)$$

Гребец также может затратить метаболическую энергию на торможение масс в конце проводки или подготовки. Однако, эти потери могут быть минимизированы при использовании эластичных свойств мышц и связок, а также, кинетическая энергия может быть превращена в продвигающую (НБГ 2006/10). Поэтому, мы не учитываем здесь торможение и умножаем E_k на два, принимая во внимание тот факт, что ускорение случается дважды за цикл гребка: во время проводки и подготовки.

Объединяя все три уравнения выше, общие инерционные потери энергии P_{in} можно выразить, как:

$$P_{in} = (M_{row}(V/(1+k))^2 + M_{erg}(V/(1+k))^2) = V^2(M_{erg}M_{row}/(M_{erg}+M_{row})) \quad (4)$$

где k есть отношение масс M_{erg}/M_{row} . Чем больше масса эргометра или лодки, тем выше инерционные потери, которые имеют максимальное значение при гребле на стационарном эргометре (M_{erg} равно бесконечности):



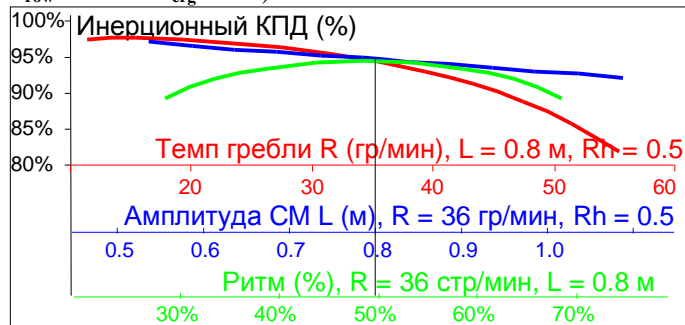
Ответ на вопрос Сабы: дополнительные 16 кг его тележки (в сравнении с 4 кг стандартных слайдов Концепт-2, принимая $M_{row}=90$ кг и темп 36 гр/мин) увеличат инерционные потери на 35% (с 32Вт до 43Вт) и более чем на 100% в сравнении с лодкой или РоуПфект (21Вт), что потребует более раннего приложения усилий к подножке, чем к рукоятке (НБГ 2005/03). Изменения сопротивления эргометра здесь не поможет. Однако, инерционные потери все же составляют лишь 37% от таковых на стационарном эргометре (116 Вт).

Что мы можем сделать, чтобы уменьшить инерционные потери? Скорость V – это максимальная скорость между ЦМ гребца и эргометром и определяется средней скоростью V_{av} и формой кривой мгновенной скорости. Наиболее эффективна прямоугольная форма с постоянной скоростью

$V=V_{av}$, однако, это недостижимо на практике. Треугольная форма с постоянным ускорением и замедлением дает $V=2V_{av}$ и увеличивает инерционные потери в четыре раза. Синусоидальная форма, наиболее типичная для гребли (НБГ 2004/07) и используемая в нашей модели здесь, дает $V=1.65V_{av}$, что 2.7 раз менее эффективно, чем прямоугольная форма.

Средняя скорость V_{av} определяется временем проводки подготовки (T_{dr} и T_{rec}) и амплитудой перемещения L ЦМ гребца относительно тренажера: $V=L/T$. T_{dr} и T_{rec} зависят от темпа гребли R и ритма Rh ($= T_{dr} / T_{cycle}$).

Абсолютные инерционные потери P_{in} значительно возрастают при повышении темпа гребли и удлинении перемещения между центрами масс. Однако, производимая гребцом мощность P_{row} также растет (НБГ 2004/09), так что инерционные КПД E_{in} ($=P_{row}/(P_{row}+P_{in})$) снижается не сильно. График ниже показывает E_{in} при различных комбинациях R , L и Rh ($M_{row}=90$ кг и $M_{erg}=18$ кг):



Между темпами 20 и 40 гр/мин КПД E_{in} снижается немного: с 96.9% до 93.8%, но затем кривая становится круче и круче, поэтому **42-44 гр/мин могут быть инерционным пределом темпа гребли.**

Амплитуда влияет на КПД линейно: в два раза большее L (0.5-1 м) снижает КПД E_{in} с 96.5% до 93.2%. Измерить амплитуду между ЦМ непросто, поэтому мы полагаем ее равной половине перемещения рукоятки Фолькер Нольте (2) выразил мнение, что гребец должен минимизировать перемещение ЦМ для снижения инерционных потерь и увеличивать перемещение рукоятки для увеличения мощности. Это правильно механически но может привести к снижению использования крупных мышц ног и туловища в пользу рук и плеч, что снизит общий КПД и результативность гребца.

КПД E_{in} наиболее высок при ритме $Rh=50\%$ (проводка/подготовка=1/1). Отклонение на 10% снижает E_{in} всего на 0.7%, но еще 10% дают уже 3.7% потерь.

В заключении, **инерционные потери могут быть снижены при резком ускорении между ЦМ гребца эргометром/лодкой в начале проводки и подготовки и поддержании постоянной скорости между этими массами как можно дольше.** Это еще один аргумент пользы раннего пика усилий и быстрой работы ног в захвате. **Оптимальный баланс темпа гребли, длины ритма должен быть найден для максимизации мощности гребли и снижения инерционных потерь.**

Литература

1. Marinus van Holst. 2009. <http://home.hccnet.nl/m.holst/KinEn.html>
2. Nolte, V. 1991. Introduction to the biomechanics of rowing. FISA Coach (1):1-5.

Пишите нам:

* ©2010 Валерий Клешиев,

www.biorow.com, kleva1@btinternet.com