

Раздел 1 - Нужны ли Вам топоры рубить Вашу воду?

### Анализ Больших Лопастей и как они работают

Автор: Фолкер Нольте

Большие лопасти появились на американской сцене гребли осенью 1991 года и были встречены с большим интересом и спекуляциями. Новые лопасти короче "традиционных" лопастей, имеют большую площадь, изгиб и асимметричную форму.

Реакция гребцов и тренеров была "Действительно ли мы нуждаемся в новых лопастях, будут ли они быстрее? Они требуют новой техники гребли? "

Люди экспериментировали с формой лопасти в течение многих лет. Когда весла были сделаны из дерева, почти каждый тренер имел предпочтительные формы, и вы могли бы найти различные шаблоны у производителей лодок. Даже асимметричные лопасти были доступны тогда (см. рисунок 1).

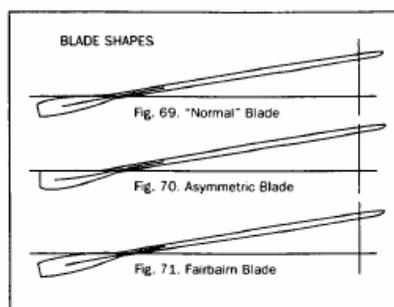


Рисунок 1: Различные формы лопастей в немецком учебнике гребли (Рудер, Boot унд Bootshaus) изданном более чем 50 лет назад.

Теоретические исследования показывают очень четко, что есть много возможностей, чтобы улучшить эффективность вёсел с "нормальной" симметричной лопастью. Например, на рисунке 2, из исследования в Германии, видно, что "нормальная" лопасть далека от оптимальной.

Большинство судостроителей в настоящее время предлагают вёсла с асимметричными лопастями. Британская компания **Hi Lock**, утверждает, что начала развивать новое направление и указывает, что британские двойки парные использовали **Hi Lock – парные вёсла с Power Blade** (мощной лопастью) в 1991 году на чемпионате мира.

#### Как работает Большая Лопасть?

Любой новый дизайн лопасти позволит вам грести быстрее, если она будет гидродинамически более эффективной, что означает: если на приложенную Вами силу к рукоятке весла Вы получаете большую выходную мощность на лопасти, то в результате получает ускорение вся механическая система гребец / лодка / весло. Эффективность (E) определяется формулой:

$$E = (\text{выход} / \text{вход})$$

Где: выход = движение в направлении гребли (или прокат лодки за гребок),  
а вход = мощность, прикладываемая к рукоятке весла.

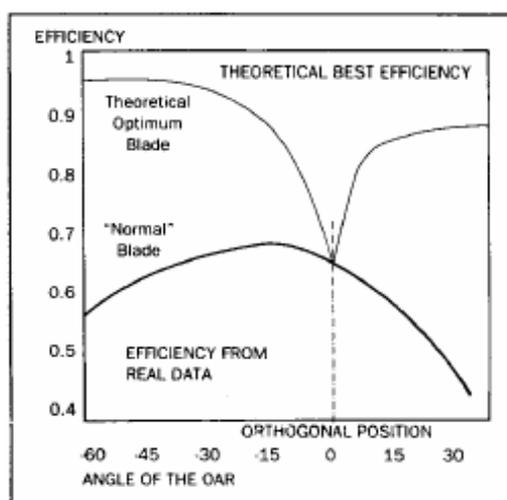


Рисунок 2: Гидродинамическая эффективность "нормальных" лопастей, в сравнении с теоретически лучшей эффективностью лопасти в зависимости от амплитуды гребка. Обратите внимание, что фигура указывает на то, что эффективность лопасти может быть улучшена почти на 15% (по Affeld / Schichl).

Таким образом, первое объяснение для повышения эффективности большой лопасти в том, что из-за уменьшения внешнего плеча весла стандартные сила и скорость приложенные к рукоятке будут генерировать большую силу и меньшую скорость на лопасти и большая сила будет двигать лодку быстрее. Хотя это объяснение выглядит логично, есть некоторые сомнения.

Во-первых, этот аргумент применим только для лопастей с большой площадью. Асимметричная форма не будет оказывать никакого эффекта. Кроме того, на основе этой теории, было бы логично увеличить площадь лопасти еще больше, однако модифицированная версия большой лопасти от Концепт II, (принятая с целью сделать модернизацию проще) имеет меньшую площадь (на 3 см короче), чем предложенная большая лопасть традиционной формы со стандартным длинным веслом. К тому же, новые лопасти испытывались в сравнении с обычными.

Во-вторых, только дальнейшие исследования могут показать, находятся ли точки центров давления на "нормальных" и больших лопастях на равном расстоянии от уключины. Если бы эти рабочие точки были на одинаковом расстоянии от уключины, то обе лопасти могли бы эффективно работать при одинаковой длине внешнего плеча и, следовательно, производить ту же работу.

В-третьих, в дальнейшем исследовании необходимо также определить, зависит ли импульс силы (площадь под кривой «сила - время») от различных лопастей. Например, более высокая максимальная сила не может автоматически обеспечить большую скорость ГМС (гребной механической системы).

Если сила больше, но она действует в течение более короткого периода времени, площадь импульса может быть меньше, чем в случае действия меньшей силы в течение более длительного периода времени.

(См. рисунок 3).

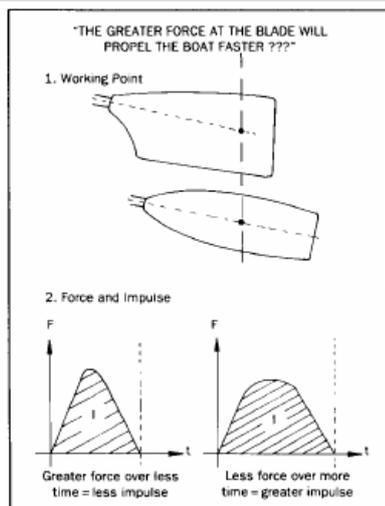
Импульс силы является реальной мерой количества движения производимом лопастью, и эффективность большой лопасти на основании исследования импульсов силы на разных вёслах и лопастях пока не известна.

Другое допущение, принятое для доказательства эффективности новой лопасти, является то, что предполагается замедление скорости большой лопасти в воде, в результате чего путь скольжения (сплывания) лопасти меньше, как утверждают авторы из Concept II в своих рекламных объявлениях.

Представители фирмы Stämpfli утверждают, что их лопасти могут устранить все скольжения. Тем не менее, двигательная сила на лопасти прямо пропорциональна квадрату скорости. Поэтому, как говорят проверенные физические законы, мы должны иметь движение лопасти относительно воды, потому что без движения, никакая сила не может возникнуть на лопасти.

И есть только один способ получить больше сил на данной лопасти – лопасть должна двигаться быстрее через воду.

## Раздел 1 - *Нужны ли Вам топоры рубить Вашу воду?*



*Рисунок 3: Увеличение площади лопасти не означает, что автоматически возрастёт скорость лодки, потому что не известно, как рабочая точка (центр давления) и импульс силы зависят от Новой формы лопасти.*

Некоторые видеоматериалы заимствованные из Дика Dreissigacker помогает обеспечить более четкое понимание того, как работает лопасть в воде. Видео было снято в вертикальной плоскости. Камера была установлена на мосту, и некоторые гребцы гребли так, чтобы попадать в кадр. Скорость съёмки = 30 кадров в секунду, а на рисунке 4 положение лопасти показано в каждом кадре гребка, когда лопасть была в воде. Лодка движется в направлении оси  $x$ , и поскольку вы можете взять внешнее плечо весла за эталон длины, перемещение и, следовательно, скорость лопасти, а также угол весла в каждом кадре могут быть измерены.

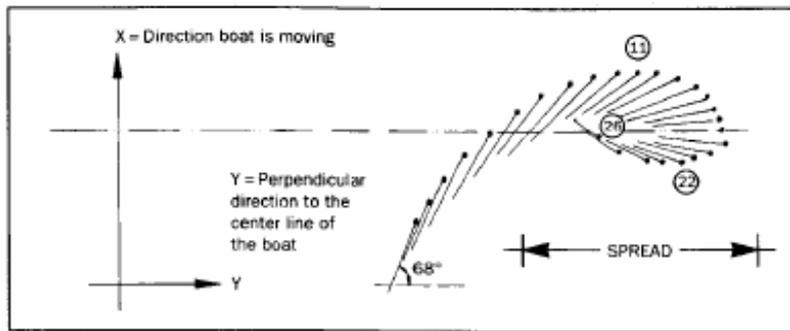


Рисунок 4. Движение лопасти правого борта одиночки во время гребка (левой рукой). Данные видеосъёмки, сделанной со стационарной камеры вертикально вниз с моста ( $x$  = направление движения лодки,  $y$  = перпендикулярное положение весла по отношению к осевой линии лодки).

Показаны все точки на конце лопасти, связанные линиями изменения угла весла для каждого кадра съёмки. Гребец держит темп близкий к гоночному и делает захват под углом 68 градусов от перпендикуляра весла к осевой линии лодки.

Лопасть движется в воде в течение 11 кадров (= 0,37 секунд) по направлению движения лодки, потом еще 11 кадров против хода лодки, а в конце гребка, четыре кадра снова по ходу лодки (= 0.13 секунды). Гребок длится 26 фотографий (= 0,87 секунды). Лопасть продвигается 57% времени гребка по ходу лодки, что соответствует данным в литературе (Nolte, Affeld / Schichl). Этот вывод может быть удивительным, на первый взгляд, но имеются доказательства того, что гребная лопасть действует как крыло самолета, когда она движется по ходу лодки. Низкое давление создаётся на обратной стороне лопасти, вовлеченной в движение по ходу лодки. Это явление называется *гидродинамический лифт* (Counsilman, Nolte), сравнимый с аэродинамической подъемной силой крыла самолета. Важно понимать, что *лифт (подъём)* указывает на тянущую силу, возникающую на обратной стороне лопасти.

Скорость лопасти в  $x$ -и  $y$ -направлении показана на рисунке 5. В итоге, лопасть движется со скоростью более 2 м /сек по ходу лодки. Несколько кадров позже, говорят о том, что скорость лопасти в направлении  $y$  максимальна. Это означает, что лопасть имеет огромную скорость относительно воды в начале гребка. Таким образом, силы, действующие на лопасти являются максимальными в этот момент, и лопасть имеет *положительное скольжение (путь лопасти)*, которое является движением лопасти по отношению к воде, в направлении движения лодки. Только тогда, когда лопасть движется с отрицательным ускорением по оси  $x$  (это означает, что лопасть движется против хода лодки и создаёт сопротивление), вы можете определить *отрицательное скольжение (путь лопасти)*.

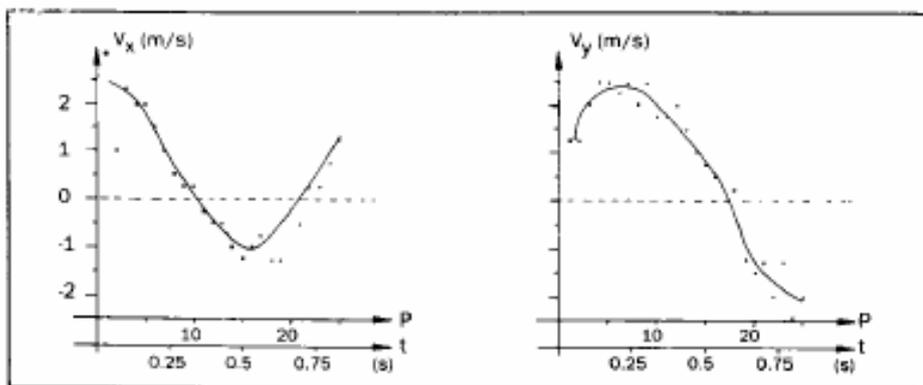


Рисунок 5. Скорость ( $V$ ) лопасти в воде во время гребка ( $V_x$  = по направлению движения лодки);  $V_y$  = в перпендикулярном к центральной линии судна направлению,  $p$  = число кадров,  $T$  = время в секундах).

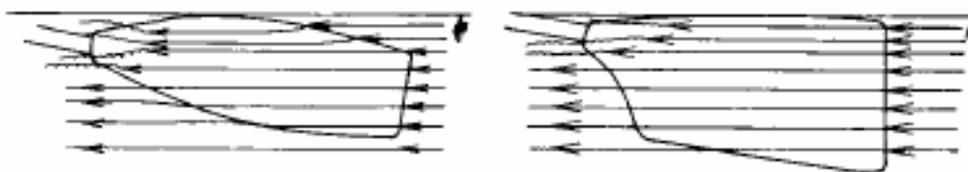


Рисунок 6. Поток воды вокруг большой лопасти (обтекание) гидродинамически выгоднее, потому что лопасть позволяет струям потока легче обтекать её поверхность.

С учётом гидродинамического лифта теперь можно объяснить, почему большая лопасть предположительно работает более эффективно. Новая лопасть позволяет воде лучше обтекать её поверхность без каких-либо вихрей, которые гидродинамически менее эффективны. Рисунок 6 иллюстрирует эту идею.

Эти рассуждения указывают на то, что большая лопасть может работать более эффективно, чем симметричная. Это означает, что представляется возможным добиваться большего положительного скольжения с асимметричной лопастью, которая двигала лодку на большее расстояние перемещения во время гребка, что подразумевает более высокую скорость лодки. Дело теперь за научными тестами, чтобы доказать справедливость этой теории.

### Некоторый опыт работы с Топорообразной лопастью

С новыми лопастями уже были проведены некоторые исследования. Концепт II сообщил результаты проведенных тестовых гонок и объявил о том, что новые лопасти оказались на "несколько процентов быстрее." Любой, кто когда-либо пытался проверить эффект технических усовершенствований по результатам тестовых гонок знает, как это трудно. Не только из-за погодных условий, но и психологического и физического состояния гребцов (могут ли они работать с одной мощностью в последовательных стартах?). А трудность обеспечения точности наладки разных лодок, комплектов сменных вёсел при переходе от теста к тесту, что делает сравнение и выводы очень сложной задачей.

Приведенный ниже анализ пытается преодолеть эти проблемы, используя результаты официальных гонок, предполагая, что сильнейшие в мире экипажи национальных восьмерок показывают свои лучшие результаты в крупнейших регатах, и что они в состоянии повторить их в последовательных гонках.

Старты главной регаты в прошлом году были выбраны для сравнения. Результаты полуфинального и финального заездов оказались почти равными, что означает, что условия были очень похожи.

*Таблица 1: Сравнение результатов заездов сильнейших мужских восьмерок в международных гонках в 1992 году. Прямое сравнение возможно только если обе лодки находились в одном заезде.*

*Часть I*

Страна	Отбороч. заезд – Ол. Игры			Финал - Олимпийские игры		
	Лопасть	Время	Разница	Лопасть	Время	Разница
ROU	Большая	5:30.21		Большая	5:29.67	
GER	Масоп	5:32.98	2,77 сек	Большая	5:31.00	1,33 сек
2,77 сек - 1,33 сек = 1,44 сек $\approx$ 0,4%						

*Часть II*

Страна	Финал – Люцерн			Полуфинал – Ол. игры			Финал – Ол. игры		
	Лопасть	Время	Разница	Лопасть	Время	Разница	Лопасть	Время	Разница
США	Больш.	5:30.35		Больш.	5:37.11		Больш.	5:33.18	
GER	Больш.	5:28.71	1,64сек	Больш.	5:35.60	1,51сек	Больш.	5:31.00	2,18сек
2,18 сек - 1,51 сек = 0,67 сек $\approx$ 0,2%									

В первой части таблицы 1, сравниваются восьмерки Германии и Румынии. Немцы гребли в их отборочном заезде на Олимпийских играх вёслами с Масоп ("нормальными") лопастями, а в финале с новыми лопастями (топоры). Румыны выиграли у Германии свой заезд с преимуществом 2,77 секунды, а в финале победили с перевесом в 1,33сек. Немцы «сбросили» со своего результата в заезде почти 2сек., а проигрыш румынам стал на 1,44 секунды меньше, или немцы были на 0,4% быстрее в финале, по отношению к румынам.

Относительно восьмёрки США немцы провели хорошую гонку в финале, результат которой указывает, что замена лопастей привела к увеличению среднестанционной скорости на 0,2%.

Очевидно, что сравнение включает в себя только один пример. Таким образом, результаты анализа не позволяют сделать окончательный вывод, но они поддерживают несколько утверждений:

- лодка получает небольшое преимущество, используя большие лопасти.
- увеличение скорости составляет менее 1%.

### **Дальнейшие соображения**

Некоторые тренеры могли заметить большее улучшение в скорости их экипажей после переключения на большие лопасти, и некоторые результаты могут даже доказать это. В частности, небольшие технические усовершенствования создают большое преимущество, но стоит изучить это

явление более подробно. Есть причины не только физического или биомеханического характера для изменения скорости лодки после переключения на большие лопасти:

- **Психологические:** особенно для неопытных гребцов, которые могут очень волноваться получая новые весла, о которых они слышали так много магических вещей.

- **Оснастка:** большие лопасти менее чувствительно реагируют на прокат и баланс лодки. В некоторой степени прокат может стать меньше, а это означает, что плохо налаженные подкатные лодки оказывают меньшее влияние на качество гребли.

Предполагая, что менее опытные команды, как правило, также имеют менее опытных тренеров и менее качественное оборудование, новые лопасти могут помочь скорректировать эти недостатки.

- **Техника:** Неопытным гребцам с меньшими техническими навыками можно рекомендовать грести в основном большой лопастью, так как эти весла не реагируют так чутко на ошибки.

- **Несоответствие:** Прогресс команды противоречив от гонки к гонке.

Иногда очень трудно судить, в чём причина неудач. Гребля с большими лопастями также порождает некоторые проблемы, но они меньше при работе над техникой гребли, так как эти весла менее чувствительны к техническим ошибкам. В противном случае новички дольше овладевают хорошей техникой и не могут раскрыть свой гребной потенциал. Некоторые тренеры могут быть увлечены развитием у их экипажей из начинающих гребцов преимущественно грубой силы в ущерб работе над освоением техники гребли. Кроме того, большие лопасти увеличивает нагрузку на нижнюю часть спины, в частности, во время первой части гребка (захват), что может привести, без правильного инструктажа и техники, к возможности получения травмы.

## **Выводы**

Новые лопасти вызвали много волнений в гребном мире. Несколько просьб поступило в *FISA – тренер о* включении статей о лопастях - никакая другая тема не получила так много внимания. Некоторые тренеры были так взволнованы появлением «вёсел с топорами», что они хотели запретить их использование, но ни одна из национальных или международных управляющих организаций не потребовала их запрещения. Понятно, что большая лопасть может только помочь прогрессу гребли в долгосрочной перспективе, и запрет был бы шагом в неправильном направлении. Считаю, что мы все еще гребли бы более тяжелыми, более дорогими и более хрупкими деревянными веслами, если бы судостроители не разработали пластиковые.

При этом нет необходимости слишком остро реагировать и заменить все Масон лопасти. Новые весла не увеличивают скорость лодки настолько, чтобы все нуждались в них, чтобы оставаться конкурентоспособными. Подавляющее большинство средних школ, университетов и клубов различаются в классе больше, чем большие лопасти могли бы уравнять.

Большинство экипажей, вероятно, может улучшить свои результаты больше за счёт надлежащей физической и технической подготовки. Важно также учитывать, что большие лопасти могут увеличить возможность травм и усложняют изучение техники, что особенно важно для мастеров и начинающих. Решение о том, чтобы купить большие лопасти должно быть основано на здравом смысле.

Если у вас есть команда, которая имеет небольшое преимущество над соперниками, то чтобы оставаться конкурентоспособными (национальные команды или команды, которые имеют реальные надежды на победу в чемпионате), вы должны получить новейшие весла. Все остальные команды должны рассмотреть очень серьезно вопрос - действительно ли они должны тратить дополнительные деньги на новые весла. Если ваша программа в гребле рассчитана на покупку новых весел в любом случае, то вы должны, конечно, купить новейший тип лопастей.

*Корректировал текст «машинного переводчика PROMT» к.п.н., змс А.П.Ткачук*

#### **Дальнейшее чтение**

Affeld, K. и K. Schichl. Untersuchungen der Kräfte am Ruderblatt mithilfe eines Mechanischen Simulator. (Перевод: Сравнение сил на гребной лопасти и на Механическом тренажёре). Репортаж с Technische Universität Berlin, 1985.

Борманн, Хуго, ред. Рудер. унд Bootshaus. (Перевод: весла, лодки и Эллинги). Берлин, 1941 год.

Counsilman J.E. Применение принципа Бернулли для движения человека в воде. Индиана, 1972 год.

Нольте, Фолкер. Die Effektivität de Ruderschlages. (Перевод: Эффективность Гребка). Берлин, 1984 год.

*Примечание редактора: FISA хотел бы поблагодарить US Rowing за разрешение на публикацию этой статьи, которая первоначально появилась в июле / августе 1993 года в журнале « Вопросы Американской гребли».*