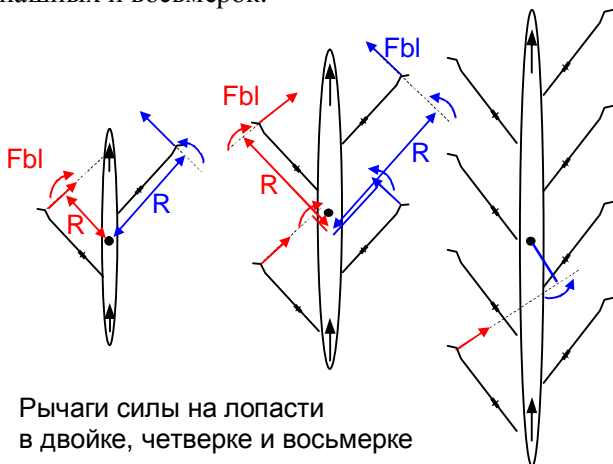


Недавно была опубликована статья Джона Барроу из Кембриджского университета (1) **по рассадке в распашной лодке**, которая получила достаточно широкий отклик в прессе. Джон пишет: «Мы рассмотрели оптимальное расположение гребцов в распашной лодке с целью избежать вихляния корпуса лодки из стороны в сторону. Мы показали, что традиционная (попеременно справа и слева) рассадка всегда имеет колебательные ненулевые боковые моменты и связанное с этим вихляние лодки. Мы нашли, что одна рассадка с нулевым моментом существует для четверки распашной и четыре рассадки для восьмерки, из которых лишь две (т.н. Итальянская и Немецкая рассадки) были известны ранее...»

Мы уже рассматривали вихляние лодки в двойке распашной (НБГ 2002/04, 2008/01-2) и определили, что модель, предложенная Эйнарсом Гессингом, где рассматриваются моменты силы на лопасти, является наиболее подходящим методом анализа данной проблемы. Теперь мы применили эту модель для четверок распашных и восьмерок.



Рычаги силы на лопасти в двойке, четверке и восьмерке

Рычаги сил на лопасти были рассчитаны для наиболее обычного диапазона углов весла в распашной гребле от -55 град. в захвате до 35 град в конце. Как и ожидалось, в четверке распашной с нормальной рассадкой была найдена не нулевая сумма рычагов (0,47 м, см приложение ниже), что поворачивает нос лодки налево. Итальянская рассадка имеет нулевой суммарный момент, поэтому лодка идет прямо при равном приложении усилий. Аналогично, в восьмерке с нормальной рассадкой сумма рычагов равна 0,93 м, а при Итальянской, Немецкой и двух других рассадках, найденных Барроу, эта сумма равна нулю.

Интересно, что загребной в восьмерке с любой рассадкой имеет отрицательный рычаг от захвата до угла весла примерно -40 град. Это означает, что **загребной поворачивает восьмерку на свою сторону в начале проводки**. Это происходит потому, что линия силы на лопасти проходит ближе к корме от центра лодки и сила реакции на лопасти толкает корму в противоположную сторону.

Какая величина вихляния может быть создана обнаруженными ненулевыми моментами? Для этого сила на лопасти весла была смоделирована типичной кривой усилия с

пиком в начале проводки и величиной максимальной силы 350Н (800Н на рукоятке). Вращающий момент  $T$  был рассчитан для каждого гребца как:

$$T = Fbl * R \quad (1)$$

Этот момент создает угловое ускорение  $a$

$$a = T / I \quad (2)$$

где  $I$  – масс-момент инерции лодки с гребцами, который был определен, как сумма моментов лодки и гребцов, которые были получены, как произведения массы гребца 90 кг на квадрат расстояния между центром лодкой и центром массы гребца (Таблица 1). Угловое ускорение было проинтегрировано дважды и было найдено, что **каждый гребок с синхронным приложением усилий приводит к повороту лодки на угол 0,37° в двойке распашной, 0,076° в четверке и 0,015° в восьмерке**. Этот поворот должен быть компенсирован боковой силой, создаваемой килем и рулем лодки, что приводит к вихлянию лодки на курсе. В крупных лодках это вихляние намного меньше, что может быть объяснено квадратичным возрастанием момента инерции.

Как гребцы могут компенсировать это вихляние? В НБГ 2008/01 мы нашли, что двойка распашная идет прямо, если загребной прикладывает на 5% больше усилий. Для простоты мы смоделировали одинаковые различия между загребными и баковыми гребцами и, удивительно, обнаружили, что различия должны быть аналогичные таковым для двойки безрульной. Рисунок 1с показывает модельные кривые усилий, которые держат четверку с обычной рассадкой на прямом курсе. Загребные гребцы (ближние к корме, неважно справа или слева) должны прикладывать усилия раньше, так что их среднее значение должно быть на 5% выше. **Предпочтительно посадить самых сильных загребных гребцов ближе к носу**, поскольку эти места имеют самые длинные рычаги: 5% большие усилия (при той же кривой) на 2-м номере восьмерки дают на 10% меньшее вихляние лодки, на 4-м – на 7,5%, на 6-м – на 5% и загребной сможет дать лишь 2,5%.

Изменение длины весла/внутреннего рычага и выноса имеет очень небольшое влияние на вихляние. Так в четверке с обычной рассадкой загребная сторона должна иметь на 55 см более длинные весла и пропорционально на 18 см длиннее внутренний рычаг и вынос, чтобы компенсировать вихляние при одинаковых усилиях.

В заключение, **итальянская, немецкая и две другие рассадки являются наиболее оптимальными для гребцов одинаковой силы. Лодки с обычной рассадкой могут идти прямо, если более сильные гребцы сидят на загребной стороне ближе к носу.**

#### Ссылки

1. Barrow J.D. 2009. Rowing and the Same-Sum Problem Have Their Moments. DAMTP, Centre for Mathematical Sciences, Cambridge University. <http://arxiv.org/abs/0911.3551>

#### Пишите нам:

\* ©2009 Валерий Клешиев,

[www.biorow.com](http://www.biorow.com),

[kleva1@btinternet.com](mailto:kleva1@btinternet.com)

## Приложения

Таблица 1. Масс-моменты инерции в различных классах распашных лодок (кг м<sup>2</sup>)

	Boat	Rowers	Total
Двойка	15	88	103
Четверка	243	882	1125
Восьмерка	3360	7400	10760

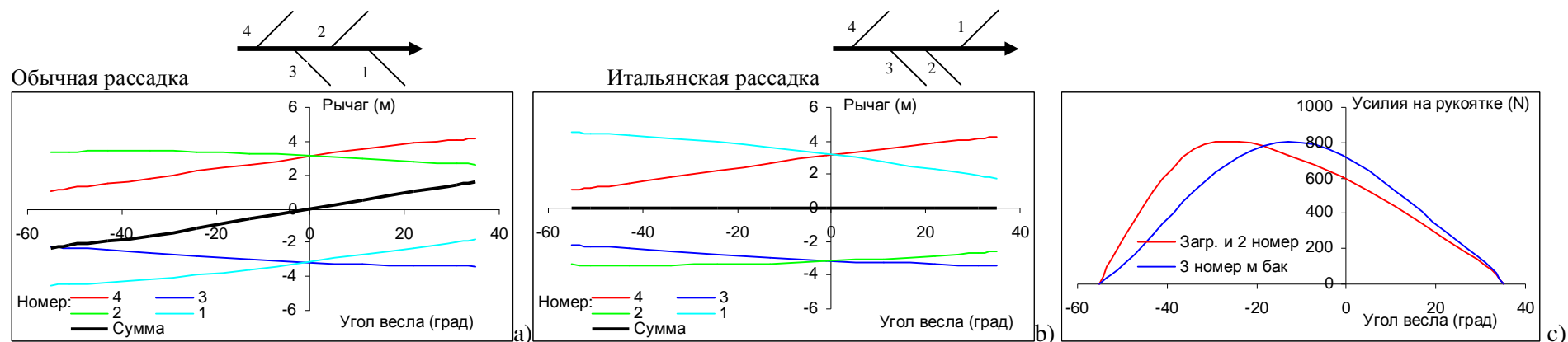


Рисунок 1. Рычаги силы на лопасти при обычной (а) и итальянской рассадке в четверке (положительный рычаг поворачивает лодку на баковую сторону, по часовой стрелке и наоборот). Модельные кривые усилий, которые создают одинаковые моменты в четверке с обычной рассадкой.

Таблица 2. Усредненные рычаги в четверке распашной (м)

Номер	Загребной	3	2	Бакный	Sum
Обычная рассадка	2.66	-2.90	3.13	-3.36	-0.47
Итальянская рассадка	2.66	-2.90	-3.13	3.36	0.00

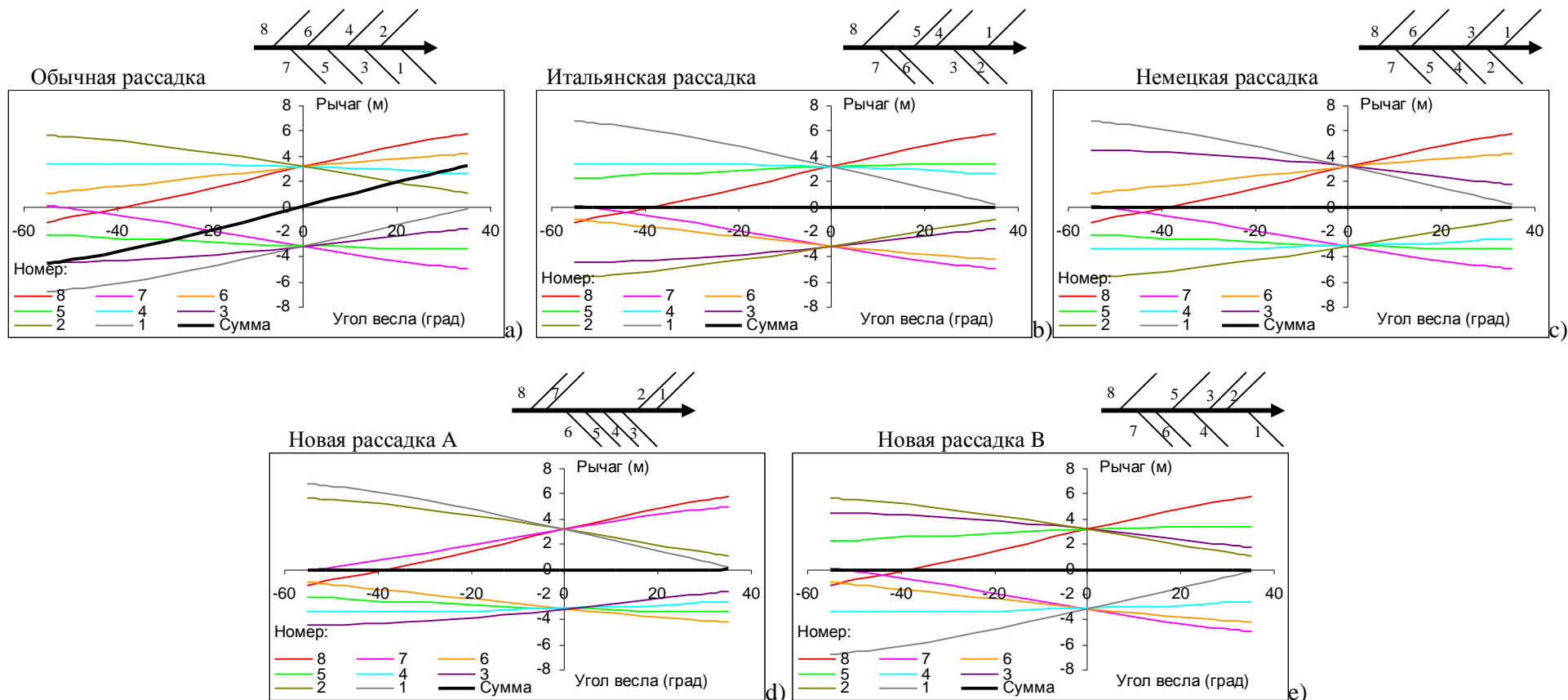


Рисунок 2. Рычаги силы на весле в восьмерках с обычной (а), итальянской (b), немецкой (c) и двумя новыми рассадками (d, e).

Таблица 3. Усредненные рычаги в восьмерке (м)

Номер	Загребной	7	6	5	4	3	2	Баковый	Sum
Обычная рассадка	2.20	-2.43	2.66	-2.90	3.13	-3.36	3.60	-3.83	-0.93
Итальянская рассадка	2.20	-2.43	-2.66	2.90	3.13	-3.36	-3.60	3.83	0.00
Немецкая рассадка	2.20	-2.43	2.66	-2.90	-3.13	3.36	-3.60	3.83	0.00
Новая рассадка А	2.20	2.43	-2.66	-2.90	-3.13	-3.36	3.60	3.83	0.00
Новая рассадка В	2.20	-2.43	-2.66	2.90	-3.13	3.36	3.60	-3.83	0.00