

## Погода и скорость лодки

Очевидным фактом является то, что скорость лодки зависит от скорости и направления ветра, а также от температуры воды. Благодаря Клаусу Фильтеру (1) мы можем проанализировать экспериментальные данные, полученные в 1970-х годах в ГДР.

Клаус пишет: «Физические свойства воды меняются в зависимости от температуры. Подвижность молекул воды снижается при низкой температуре, что вызывает повышение сопротивления трению». Рисунок 1 показывает, что **скорость лодки снижается на 1,3% (~4 сек на 2 км) при охлаждении воды с 20° С до 5° С**. Если вода нагревается до 30° С, то скорость возрастает на 0,6% (~1,8 сек на 2 км). Степенная функция моделирует экспериментальные данные ( $R^2 = 0,99$ ).

Данные по сопротивлению ветра были получены в аэродинамической трубе. Клаус пишет: «В системе гребец-лодка сопротивление выше ватерлинии составляет 13% от гидродинамического сопротивления.» Это означает, что сопротивление ветра составляет 11,5% от общего сопротивления. Лодка и отводы создают 15% от аэродинамического сопротивления (1,7% от общего), гребцы – 35% (4,0%) и весла – 50% (5,7%). Это сопротивление возрастает до 4 раз при встречном ветре и может снижаться до нуля при попутном ветре».

Рисунок 2 показывает, что ветер прямого направления и под углом 30° к лодке больше влияет на мелкие лодки: **встречный ветер 5 м/с делает одиночки на 17,4%, а восьмерки на 12,2% медленнее; попутный ветер той же скорости повышает скорость одиночек на 7,5%, а восьмерок – на 5,1%**. В соответствии с данными Клауса, встречно-боковой ветер под углом 60° к лодке влияет почти одинаково на все классы лодок (около 10% медленнее при 5 м/с), а попутно-боковой ветер той же скорости больше помогает мелким лодкам. Боковой ветер больше влияет на крупные лодки: боковой ветер в 5 м/с снижает скорость одиночек на 1,6%, а восьмерок – на 4,1%. Эти экспериментальные данные могут быть хорошо смоделированы полиномами второго порядка ( $R^2 > 0,99$ ), за исключением бокового и под углом 60° направлений ветра у восьмерок ( $R^2 = 0,93$  и  $0,53$  соответственно).

**Как можно проверить эти данные используя результаты мировых регат?** Рисунок 3 показывает, что скорости победителей, в основном, находятся в диапазоне  $\pm 5\%$  от средней скорости в данном классе за последние 17 лет. Минимальные скорости, в общем, на 8% медленнее средних, что соответствует встречному ветру 3-4 м/с по данным Клауса. К сожалению, статистические данные о погоде нам недоступны, но мы можем оценить, что самые сильные ветра на регатах имеют более высокую скорость (напр., ветер в 5 м/с классифицируется лишь, как «легкий бриз» n=3 по шкале Бофорта). Поэтому, возможно, что представленные графики завышают влияние ветра. Заметно,

что встречный ветер имеет наибольшее влияние на классы легковесов, что понятно принимая во внимание их меньшую массу и мощность. Также, двойки парные меньше подвержены влиянию ветра, чем распашные.

Приведенные данные позволили нам построить модель, которая предсказывает скорость лодки при различных скоростях и направлениях ветра, а также при различной температуре воды. Это было воплощено нами в Веб-программу совместно с моделью настройки лодки (<http://www.biorow.com/RigChart.aspx>)

**Что мы можем сделать, чтобы снизить влияние сопротивления ветра?** Клаус рекомендует следующее: «В командах с различной длиной туловища имеет смысл самых высоких гребцов сажать на нос лодки. Гребцы должны одевать шапочки, чтобы убрать длинные волосы при встречном ветре. Одежда не имеет особого влияния, если только она не полощется по ветру».

Мы можем добавить к этому, что **очень важна техника накрытия/раскрытия весла**. Во время подготовки скорость лопасти весла может достигать 15 м/с (50 км/час), которая складывается из скорости лодки (она имеет наибольшую величину на подготовке и может достигать 7 м/с у М8+) и скорости рукоятки (до 3 м/с), умноженной на передаточное отношение весла (2,3-2,4). Аэродинамическое сопротивление лопасти очень значительно, поскольку оно пропорционально квадрату скорости. Если гребец накрывает лопасть рано на подготовке, площадь, подверженная влиянию ветра, значительно увеличивается, что создает дополнительные потери скорости. График показывает эти потери при различных долях подготовки, пройденных с накрытой лопастью:



**Если лопасть накрывать рано в середине подготовки, команда может потерять до 10 сек на 2 км при штиле и до 30 сек к встречному ветру 5 м/с.**

### Ссылки

1. Filter K.B. 2009. The System Crew – Boat. Lecture during FISA juniors' coaches' conference, Naples, 15-18 October 2009 (<http://www.scribd.com/doc/21984934/klaus-Filter>)

\* ©2009 Валерий Клешинев,

[www.biorow.com](http://www.biorow.com), [kleval@btinternet.com](mailto:kleval@btinternet.com)

**Счастливого Нового 2010 Года и веселого Рождества!**



## Приложения

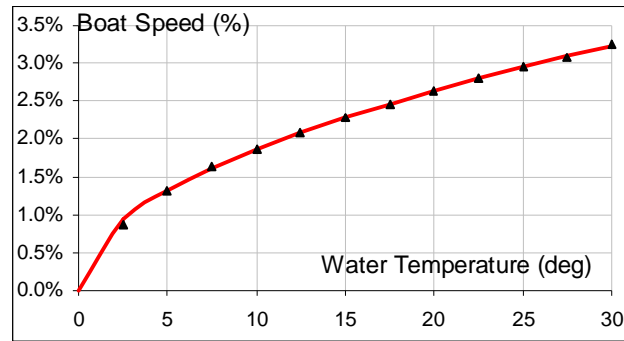


Рисунок 1. Зависимость скорости лодки от температуры воды. Точки – экспериментальные данные Клауса Фильтера (1), линия – модельная линия, представленная степенной функцией.

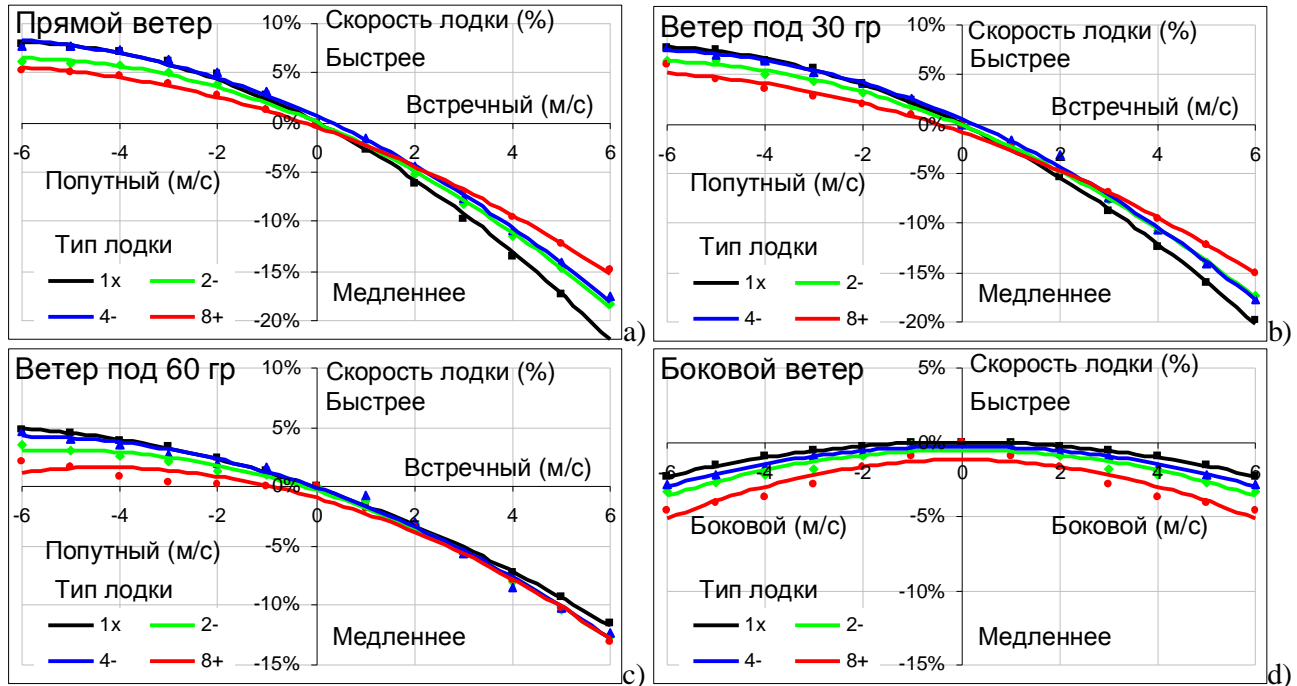


Рисунок 2. Зависимость скорости лодок различных классов от направления и скорости ветра. Точки – экспериментальные данные Клауса Фильтера (1), линия – модельная линия, представленная полиномом второй степени.

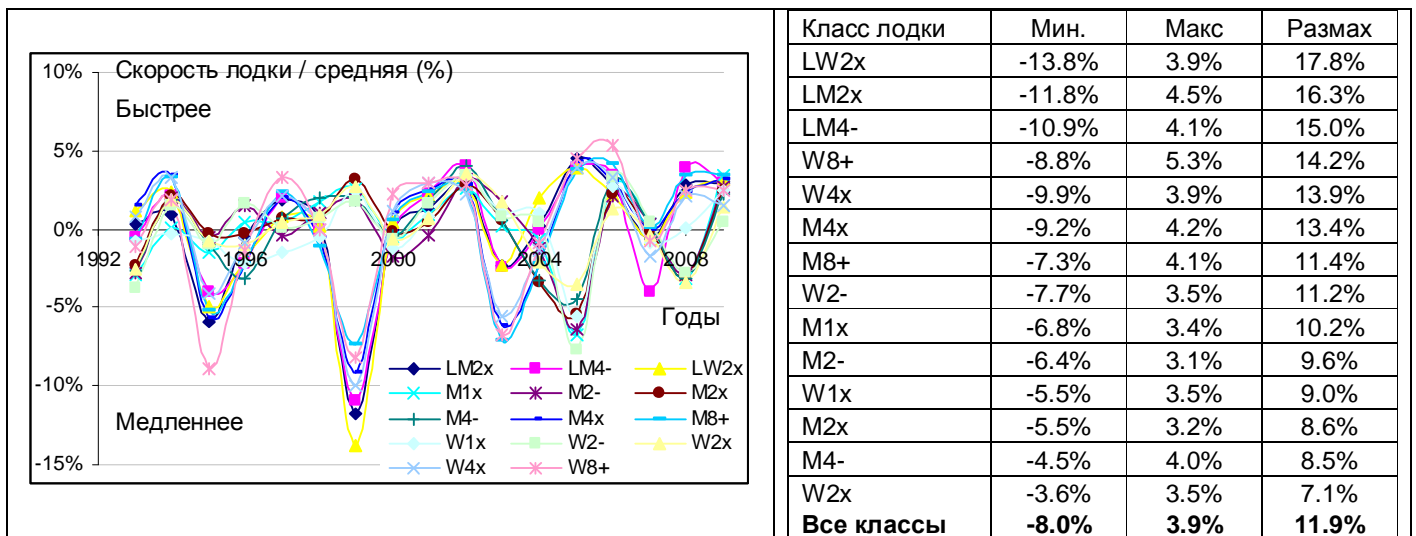


Рисунок 3. Вариация скорости лодки относительно средней в данном классе по результатам победителей Чемпионатов Мира и Олимпийских Игр за 1993-2009.