Василий Алексеев

Системы обмера и гандикапа парусных яхт

Еще раньше, чем парусные гонки оформились как вид спорта, было понятно, что яхты разных размеров находятся в них не в равных условиях. Например, победа знаменитой шхуны “Америка” над яхтами английской Королевской эскадры была бы отнюдь не очевидна, если бы применялась любая из известных сейчас систем гандикапа. Однако создание первых таких систем стало возможным только на основе развития теории корабля во второй половине XIX в. Сейчас в мире существует несколько десятков различных обмерно-гандикапных систем, разобраться в которых непросто даже специалисту. В этой статье попытаемся сделать обзор наиболее распространенных из них и дать краткую характеристику их особенностей, применимости, достоинств и недостатков.

Наметившееся в последнее время оживление на российских дистанциях крейсерских гонок вновь ребром поставило вопрос: по какому принципу считать и меряться?

Устарелость (если не сказать — архаичность) большей части нашего парусного флота, его разнотипность вкупе с относительно небольшим числом вымпелов в каждом из имеющихся классов — все это крайне затрудняет объективную оценку результатов крейсерских парусных гонок. Как следствие, мы видим разброд и шараханье в применяемых системах обмера и подсчета результатов. На Онеге до сих пор гоняются по давно похороненной в мире системе IOR (справедливости ради надо отметить, что значительная часть нашего флота была построена именно под нее), новорожденный Кубок России в классе “Open-800” принял на вооружение “модерновую” отечественную систему RS-2000, а Ассоциация класса “Л-6” вообще решила гоняться “по приходам”.

Опуская последний случай как не требующий каких-либо пояснений (хотя вообще-то практически нереально найти хотя бы две одинаковых “шестерки”), скажем, что создать абсолютно объективную, работающую идеально в любой ситуации и для любых типов яхт, систему обмера и подсчета, наверное, не удастся никогда. И всегда проигравшие будут искренне полагать, что их “неверно пересчитали”.

Начиная публиковать материалы о различных системах гандикапа, мы не ставили своей целью полностью раскрыть все их тонкости — вряд ли это возможно в рамках журнала, а хотели познакомить яхтсменов (и организаторов соревнований) с основными принципами, положенными в основу действующих сейчас обмерно-гандикапных систем с тем, чтобы (перефразируя известную фразу А.Эйнштейна) дать понять: “Обмерная формула изощренна — но не злонамеренна”.

В первой части статьи известного петербургского гонщика, конструктора и мерителя Василия Алексеева рассмотрены различные принципы организации систем гандикапа (т.е. коррекции времени в зависимости от ходовых качеств яхт), системам обмера будет посвящена вторая часть материала.

Что такое гандикап? Все системы гандикапа (по-английски слово “гандикап” означает уравнивание шансов; применительно к яхтам — это система уравнивания расчетного времени прохождения дистанции) исходят из того, что соотношение между скоростями различных яхт известно. Найти это соотношение в зависимости от размеров, формы, площади парусов и других параметров яхты — задача системы обмера. Как уже сказано, таких систем — десятки. Способов расчета исправленного времени яхты гораздо меньше. Использование той или иной системы гандикапа зависит от возможностей, предоставляемых системой обмера, и от потребностей конкретных соревнований. Основные из них следующие: TOT (“время по времени”); TOD (“время по дистанции”); TOTD (“время по времени и дистанции”); системы, использующие поляру скоростей яхты.

В основу любой системы гандикапа положен следующий принцип: если считать, что качество всех яхт и квалификация их экипажей равны и они идут в одинаковых ветро-волновых условиях, то исправленное время CT_i (corrected time) у всех яхт должно быть одинаково. Как правило, для расчета исправленного времени фактическое время прохождения дистанции рассматриваемой яхтой ET_i (elapsed time) сравнивается со временем прохождения той же дистанции некоторой “яхтой сравнения” (reference boat), для которой считается, что ее фактическое время ET_0 равно исправленному CT_0:

$$CT_i = CT_0 = ET_0 . \qquad (1)$$

В качестве “яхты сравнения” может приниматься и некоторая абстрактная яхта, и одна из яхт флота. В первом случае вместо фактического времени принимается теоретическое расчетное время TT_0.

В большинстве традиционных систем обмера теоретическая скорость яхты выражается одним числом — гоночным баллом R (rating). Однако в разных системах под этим понимаются совершенно разные величины. Поэтому, чтобы избежать путаницы, введем понятие “скоростного потенциала” R_v, под которым понимается обобщенная характеристика ходовых качеств яхты, прямо пропорциональная теоретической скорости яхты v:

$$v \approx R_v . \qquad (2)$$

Система гандикапа TOT (“время по времени”). Предположим, что соотношение скоростей яхт постоянно и не зависит ни от скорости, ни от курса (рис. 1, линия *1*). Тогда исправленное время будет прямо пропорционально скоростному потенциалу яхты:

$$\frac{CT_i}{ET_i} = \frac{CT_0}{ET_i} = \frac{ET_0}{ET_i} = \frac{v_i}{v_0} = \frac{R_{v_i}}{R_{v_0}} ; \qquad (3)$$

$$CT_i = ET_i = \frac{R_{v_i}}{R_{v_0}} . \qquad (4)$$

В реальности трудно найти хотя бы пару яхт, соотношение скоростей которых не зависело бы от силы ветра и курса. Даже если гоночный потенциал яхты определен верно, такой гандикап справедлив лишь “в среднем”, при большом числе гонок на разных дистанциях и в разную погоду. В каждом же конкретном случае в зависимости от погодных условий фавориты и аутсайдеры могут быть известны еще до старта.

Система гандикапа TOD (“время по дистанции”). Если предположить, что отношение между скоростями яхт v_i и v_0 линейно зависит от v_0 и при очень малых значениях v_0 скорости v всех яхт равны (в штиль все яхты одинаково не движутся):

$$\frac{v_i}{v_0} = 1 + a \times v_i , \qquad (5)$$

то, учитывая равенство (3), получаем

$$\frac{CT_i}{ET_i} = \frac{v_i}{v_0} = 1 + a \times v_i . \qquad (6)$$

Такое предположение неплохо работает, если яхты подобны по архитектурно-конструктивному типу, как бы масштабируют друг друга. В этом случае на малых скоростях, когда основную роль играет сопротивление трения и скорость зависит главным образом от отношения площади парусности к смоченной поверхности, яхты будут идти почти одинаково, а с ростом скорости, когда все большую роль начинает играть волновое сопротивление, лодки бо̀льших размеров уходят вперед (рис. 1, *2*).

Система гандикапа TOTD (“время по времени и дистанции”). Если принять, что приращение скорости яхты относительно “яхты сравнения” линейно зависит от скорости, т.е.

$$\frac{v_i}{v_0} = a + b \times v , \qquad (7)$$

то аналогичным образом получим

$$\frac{CT_i}{ET_i} = \frac{v_i}{v_0} = a + b \times v . \qquad (8)$$

Здесь, как и в системе TOD, учитывается, что отношение скоростей яхт зависит от силы ветра, но этот учет делается косвенно, через среднюю скорость яхты. Тем не менее эта система позволяет учитывать влияние энерговооруженности на относительную скорость. Например, если рассматриваемая яхта легче “яхты сравнения”, то ее относительная скорость v_i/v_0 на малых скоростях будет больше 1, на больших — меньше, и наоборот (рис.1, *3*). Однако корректно это сравнение работает только, если одновременно учитывается тип дистанции. В самом деле, одна и та же скорость в 2–3 уз по генеральному курсу может получиться и при лавировке против штормового ветра, и при затяжных штилях.

Системы гандикапа, основанные на полярах скоростей. Современные системы обмера, использующие математическое моделирование движения яхты, позволяют получать зависимость скорости яхты от курса и силы ветра — поляры скоростей, которые используются непосредственно для определения гандикапа и для расчета упрощенных систем гандикапа, перечисленных выше.

Непосредственное использование поляры скоростей. Если замерить силу и направление ветра на каждом участке дистанции (w_1, w_2, ... , w_i), то для каждой яхты на основании таблицы скоростей v_i можно рассчитать теоретическое время TT_i прохождения каждого участка дистанции D_i. Участки с косой лавировкой разбиваются на участок с чистой лавировкой D_{i_1} и участок, пройденный в гоночный бейдевинд одного галса

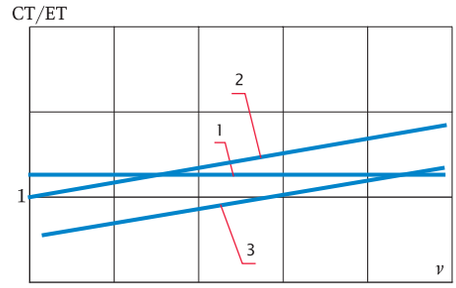


Рис. 1. Зависимость исправленного времени от скорости
1 — CT/ET = const (TMF);
2 — CT/ET = 1+*av* (TOD);
3 — CT/ET = *a*+*bv* (TOTD)

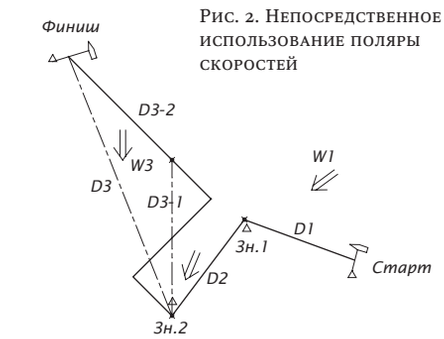


Рис. 2. Непосредственное использование поляры скоростей

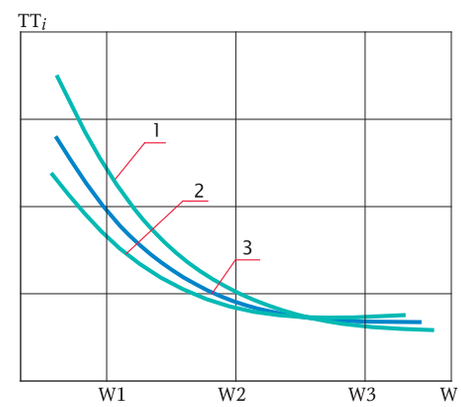


Рис. 3. Зависимость расчетного времени от силы ветра
1 — тяжелая яхта;
2 — легкая;
3 — “яхта сравнения”

D_{i_2} (рис 2). Теоретическое время прохождения дистанции

$$TT_i = \Sigma(D_i / v_i). \qquad (9)$$

Теоретическое время сравнивается с фактическим:

$$CT_i = ET_i - TT_i ,$$

и далее яхты занимают места в соответствии с минимумом CT.

Недостаток такой системы — необходимость высокой квалификации гоночного комитета, хорошей организации соревнований (должна быть возможность замерить силу и направление ветра на дистанции) и зак-

Рис. 4. Пересчет по времени “яхты сравнения” 1–3 те же, что и на рис. 3

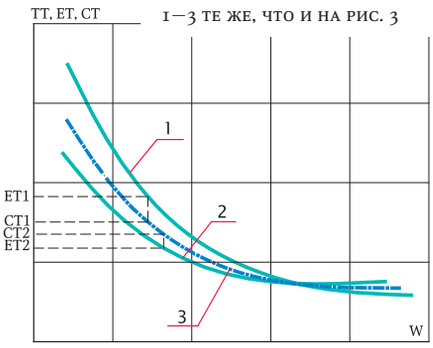


Рис. 5. Зависимость поправки к расчетному времени от расчетного времени. 1 — поправка для относительно тяжелой яхты; 2 — для легкой

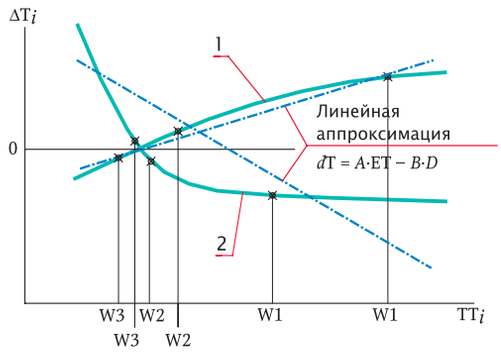
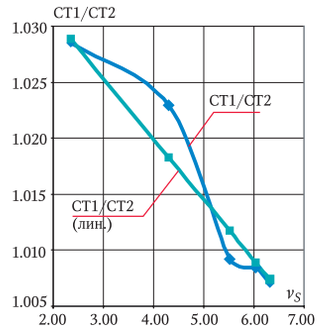


Рис. 6. Поправки по времени для яхт “Farr-40” относительно “Cetus” (“оптимальный треугольник”)



рытость (невозможность для гонщиков проверить результаты).

Упрощенные системы гандикапа, использующие поляру скоростей. На основании поляры скоростей можно построить зависимость скорости яхты от силы ветра для нескольких характерных типов дистанции, задаваясь соотношением длительности различных курсов. Чаще всего используются следующие типы:

1. Случайная круговая (circular random) дистанция, на которой все направления ветра равновероятны (не надо путать вероятность с реализацией). На такой дистанции гоночный бейдевинд занимает 25% длины дистанции, а все остальные курсы равновероятны: полный бейдевинд (от гоночного бейдевинда до галфвинда — 16.7%, галфвинд (или курсовой угол истинного ветра ± 15° от траверза) — 16.7%, крутой бакштаг (КУ 105–150°) — 24%, полный бакштаг — фордевинд — 16.7%). Такой тип дистанции следует рассматривать, если яхты движутся по замкнутому кольцу (например, огибая большой почти круглый остров) при постоянном направлении ветра или идут в длинную маршрутную гонку, когда нет возможности ни предсказать направление ветра, ни фиксировать его во время гонки.

2. Олимпийский треугольник — дистанция типа “лавировка—бакштаг—лавировка—фордевинд”. Лавировка занимает 46% длины дистанции, бакштаг — 32%, фордевинд — 22%. Рекомендуется применять на коротких дистанциях олимпийского типа, а также на маршрутных гонках, если распределение курсов примерно соответствует указанному выше.

3. Петля — вид дистанции, когда половину ее яхты идут против ветра (в лавировку), половину — по ветру. Может применяться как в коротких, так и в маршрутных гонках.

4. Лавировка — дистанция, когда всю ее проходят в лавировку. Рекомендуется применять в маршрутных гонках, когда яхты проходят гоночным бейдевиндом не менее s длины дистанции.

5. Линейная (без лавировки) — дистанция, когда лавировка полностью отсутствует, а остальные курсы равновероятны (полный бейдевинд — 22.2%, галфвинд — 22.2%, крутой бакштаг — 33.3%, полный бакштаг и фордевинд — 22.2%). Рекомендуется применять как на коротких гонках по замкнутому кругу, так и на маршрутных гонках, если яхты проходят дистанцию практически без лавировки.

Графическая зависимость скорости яхты от силы ветра показана на рис. 3, причем для каждого типа дистанции эта зависимость будет своя.

Используя такую зависимость расчетного времени яхты от силы ветра, можно получить еще несколько упрощенных систем гандикапа.

Пересчет по времени яхты сравнения. Исправленное время CT для каждой яхты получается путем сравнения ее фактического времени с теоретическим временем прохождения этой дистанции “яхтой сравнения”, для которой $CT_0 = ET_0 = CT_i$ (рис. 4). Тип дистанции, по которой производится пересчет, должен быть задан Гоночным комитетом. Далее яхты–участницы сравниваются между собой по минимуму CT. В качестве “яхты сравнения” может приниматься как одна из яхт флота, так и некая абстрактная, важно лишь, чтобы она была по ходовым качествам как можно ближе к яхтам флота. Такой способ пересчета позволяет избежать погрешностей линейной аппроксимации. Недостаток его — пересчет становится полностью закрытым от участников, так как повторить его вручную почти невозможно.

Линейная аппроксимация исправленного времени. Имея зависимость теоретического времени прохождения дистанции TT_i от силы ветра (см. рис.3), можно для каждой силы ветра вычислить поправку для времени относительно “яхты сравнения”

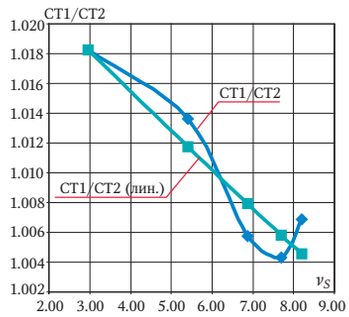
$$\Delta T_i = TT_i - TT_0 \qquad (10)$$

и построить зависимость $\Delta T_i = f(TT_i)$, которая может быть аппроксимирована прямой (рис. 5)

$$\Delta T_i = a \times TT_i + b. \qquad (11)$$

Учитывая, что $CT_i = CT_0 = ET_0$, и принимая, что $ET_i = TT_i \times D$, получаем

Рис. 7. Поправки по времени для яхт “Farr-40” относительно “Cetus” (без лавировки)



$$\frac{CT_i}{D} = \frac{ET_i}{D} \times (1 - a) + b; \qquad (12)$$

$$CT_i = ET_i \times (1 - a) + b \times D = \\ = A \times ET_i + b \times D. \qquad (13)$$

Аналогичным образом можно построить аппроксимацию типа TOD или TMF. Достоинство таких аппроксимаций — в их простоте и наглядности, однако они обладают и рядом существенных недостатков.

На рис. 6 и 7 представлены зависимости относительного исправленного времени от средней скорости для двух яхт, имеющих близкий гоночный балл, но конструктивно различных — типично IOR-овского “однотонника” (“Farr-40”), и хорошо известного польского проект “Cetus”. “Farr-40” почти вдвое легче, на 1.5 м короче польской яхты и имеет дробное вооружение. По опыту гонок, у этой яхты — явное преимущество на лавировке, особенно в слабый ветер; “Cetus”, напротив, со своим топовым вооружением и большой длиной выигрывает в свежий ветер и на попутных курсах.

Из рис. 6 видно, что на олимпийском треугольнике на скоростях до 5 уз прямая линейной аппроксимации идет ниже расчетной кривой, причем максимальная разница составляет около 0.5%, и лишь на скоростях более 5.5 уз картина меняется на противоположную. Это значит, что “Farr-40”, благодаря линейной аппроксимации, получает необоснованную фору до 0.5%. На олимпийской дистанции средняя скорость обычно невелика, поэтому такая ситуация оказывается типичной.

На линейной дистанции без лавировки (см. рис. 7), наоборот, преимущество в скорости чаще имеют более длинные яхты “Cetus”, а средняя скорость на такой дистанции значительно выше, чем на олимпийской. В то же время линейная аппроксимация на скоростях выше 6 уз дает “Цетусам” дополнительную фору.

Несправедливость гандикапа в обоих случаях очевидна, но это недостаток не системы обмера, а системы гандикапа. Устранить его можно было бы, используя более сложный пересчет по кривой TT(W) (см. рис. 4), как это описано выше.

Виды дистанции. Неверный выбор типа дистанции также может привести к ошибке. Например, если в упомянутом выше примере (“Farr-40” и “Cetus”) в результате захода ветра дистанция из олимпийского треугольника превратится в “трамвай”, который яхты проходят без лавировки, и средняя скорость составит, скажем, 7 уз, то при использовании для расчета коэффициентов олимпийской дистанции получится, что “Farr-40” должен “Cetus” около 0.3% по времени, тогда как правильное значение (по коэффициентам линейной дистанции) составит 0.8%.

Продолжение следует

Василий Алексеев

СИСТЕМЫ ОБМЕРА И ГАНДИКАПА ПАРУСНЫХ ЯХТ

Часть вторая

ЧТО ТАКОЕ СИСТЕМА ОБМЕРА? Как было сказано ранее (см. № 195), система обмера — это комплекс правил, позволяющих найти зависимость скорости яхты от ее размеров, формы, площади парусов и других параметров. Любая система обмера неразрывно связана с определенной системой гандикапа, поэтому обычно говорят об обмерно-гандикапных системах. Всех их можно условно разделить на три группы — эмпирические, статистические и основанные на математическом моделировании движения яхты. Первые системы обмера были эмпирическими, и они до сих пор наиболее распространены в мире, поэтому с них и начнем этот обзор.

1. Эмпирические системы обмера. В этих системах обмера гоночный балл рассчитывается по эмпирическим формулам, более или менее точно отражающим зависимость скорости яхты от ее параметров. Первой из таких обмерных формул была известная формула Херрешоффа

$$M = 0.18\frac{L\sqrt{SA}}{\sqrt[3]{D}},$$

где M — обмерная длина; L – базовая длина; SA — обмерная парусность; D — обмерное водоизмещение.

Эта формула вытекает из широко применяемой при проектировании судов формулы “адмиралтейских коэффициентов” с небольшим отношением длины к ширине и острыми обводами:

$$N = \frac{D^{2/3}v^5}{C_a},$$

где $N = R_v$ — мощность; v — скорость; R — сопротивление движению судна; C_a — коэффициент пропорциональности (“адмиралтейский коэффициент”).

Поскольку сопротивление и тяга всегда равны, то, считая тягу парусного судна пропорциональной площади парусов и учитывая, что для водоизмещающих судов максимальная скорость пропорциональна квадратному корню из длины судна ($\sqrt{v} = CL$), можно записать формулу Херрешоффа в виде

$$v^2 = C\frac{L\sqrt{SA}}{\sqrt[3]{D}}.$$

Хорошо известная формула IOR

$$MR = \left[\frac{0.13L\sqrt{S}}{\sqrt{B\times D}} + 0.25L + 0.20\sqrt{S} + DC + FC\right]\times DLF$$

отличается от предыдущей тем, что кубический корень из водоизмещения заменен на квадратный корень из произведения ширины на глубину трюма и добавлен длинный “хвост” поправок на осадку DC, высоту надводного борта FC, удлинение корпуса DLF и т.д. Эти поправки появлялись одна за другой по мере того, как конструкторы находили “дырки” в правилах, и отражают вечный процесс борьбы конструкторской мысли с ограничениями правил.

Поскольку система IOR долгое время была господствующей в мире и у нас в стране, а многие понятия и приемы, применяемые в современных системах, известны именно из IOR, остановимся на ней чуть подробнее.

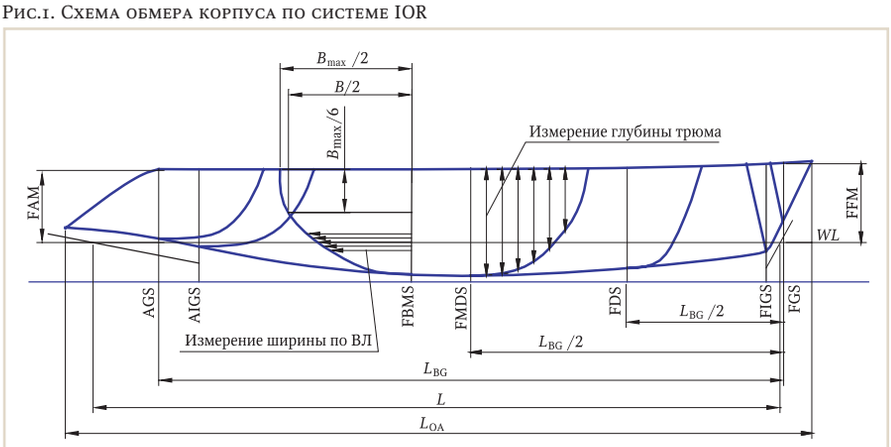
Величина обмерного балла MR в системе IOR сильнее всего зависит от обмерной длины L. С некоторыми упрощениями можно считать, что L — это длина, измеренная между точками, где прямые линии, проведенные на определенном расстоянии ниже линии борта (практически всегда ниже корпуса) в заданных поперечных сечениях в носу (FGS и FIGS) и в корме (AIGS и AGS), пересекают ватерлинию. Носовые и кормовые сечения устанавливаются там, где длина охвата (периметр сечения) составляет определенную долю ширины корпуса. Тем самым косвенно учитывается полнота оконечностей яхты: чем уже оконечности и чем круче килевая линия поднимается вверх, тем ближе друг к другу будут располагаться эти обмерные сечения и тем меньше получается обмерная длина.

Таким образом, система IOR изначально стимулировала появление “пузатых”, широких и высокобортных яхт с относительно короткими свесами (самый известный пример — яхты “Картер-30”).

Ширина B и глубина трюма D в IOR — условные величины, измеряемые, как показано на рис. 1. Этот способ измерения способствовал формированию так называемого IOR-овского типа поперечного сечения яхты, напоминающего перевернутую трапецию. Остойчивость в IOR в широком диапазоне не влияет на гоночный балл и используется для контроля безопасности.

Схема обмера рангоута и парусов, показанная на рис. 2, используется и во многих других системах обмера, хотя обозначения могут несколько отличаться. При определении площади парусов правила IOR учитывают не фактическую их площадь, а некоторую условную при жестко задан-

Рис.1. Схема обмера корпуса по системе IOR



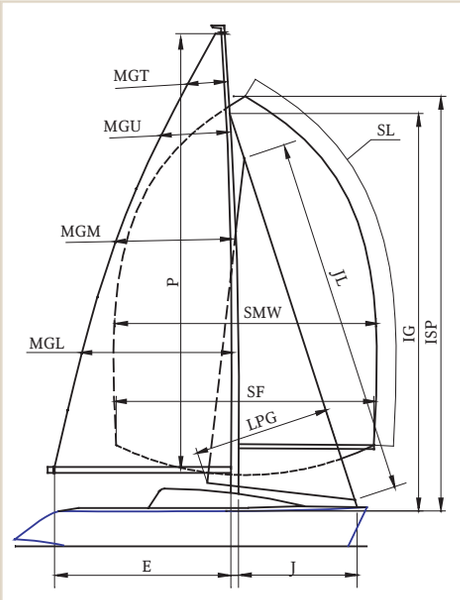


Рис. 2. Схема обмера рангоута и парусов

ных ограничениях на соотношение размеров. Любые отклонения от этих соотношений штрафуются. Интересно, что площадь грота учитывается в обмере с коэффициентом 0.7, в то время как площади стакселя и спинакера — полностью. Очевидно, предполагалось, что грот работает менее эффективно, чем передние паруса, поскольку воздушный поток на нем искажен мачтой. Это в какой-то степени верно для топового вооружения с его толстыми мачтами-колоннами. На современном же дробном вооружении с тонкими гибкими мачтами снижение эффективности грота за мачтой компенсируется возможностью его настройки при изменении силы ветра и курса, что значительно труднее сделать на стакселе. Это привело к появлению яхт с огромными гротами и маленькими передними треугольниками.

Но все эмпирические формулы работают лишь в ограниченном диапазоне изменения параметров, и, если яхта "выпадает" из этого диапазона, то система обмера перестает ее адекватно оценивать. Так произошло и с IOR. Эта система изначально предназначалась для тяжелых водоизмещающих яхт. Для того чтобы легкие яхты не могли "просочиться", был поставлен целый забор формальных ограничений. Например, чтобы яхта могла выйти в режим глиссирования или хотя бы устойчивого серфинга, она должна иметь широкую и плоскую корму, иначе будет просто проваливаться кормой под воду, и никакое облегчение ее не спасет. Из гидромеханики известно, что отрыв потока от корпуса в корме наверняка возникает, если угол подъема батоксов к горизонту превышает 15–17°. В IOR именно эта величина — 17°— принята в качестве предельной: если батоксы более пологие, с меньшим углом наклона, то обмерную длину вычисляют по другой формуле, и теоретически, если батоксы горизонтальны, она станет почти бесконечной (это хорошо видно из рис. 1, где обмерная ватерлиния гораздо длиннее фактической). Чтобы избежать этого, вы должны сделать корпус в корме более узким, но тогда он опять начнет проваливаться под воду.

После десятилетних поисков конструкторы нашли-таки решение, позволяющее и на елку влезть, и... Поскольку наклон батоксов и сужение корпуса измеряются только между двумя сечениями в корме, можно сделать требуемый наклон лишь в этом месте, а потом снова отогнуть днище почти горизонтально. Раз длина в IOR измеряется между носовым и кормовым обмерными сечениями, то их нужно сдвинуть как можно ближе друг к другу, а для этого до предела разгрузить корму. Так появился тип обводов, которые сейчас называют "IOR-овскими" — "головастик" с очень острыми оконечностями, длинным свисающим "хвостом" и смещенным вперед центром тяжести. Чтобы увеличить наклон батоксов в обмерном состоянии (когда на яхте нет ни людей, ни парусов, ни запасов), ее балластируют, переносят в нос все, какие можно, тяжелые предметы и оборудование (раньше еще ставили двигатель впереди мачты; позже это было запрещено).

Из изложенного ясно, что система IOR не позволяет адекватно оценивать современные легкие яхты; концепция этих яхт и IOR просто идеологически несовместимы. Поэтому, как только технология позволила строить надежные и мореходные легкие яхты, система IOR стала быстро умирать.

Другая хорошо известная в России эмпирическая система обмера — УПО, или Упрощенные правила обмера. В ее основе лежит скандинавская система обмера Scandicap. Цель УПО — упростить обмер, чтобы он занимал не более двух-трех часов (обмер по IOR занимает несколько дней) и чтобы его можно было сделать на плаву, не поднимая яхту из воды.

Гоночный балл в УПО рассчитывается по формуле

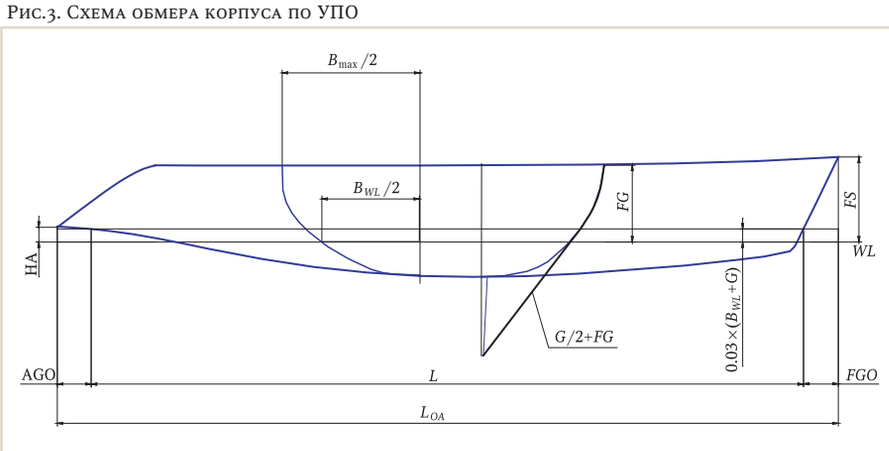
$$R = 0.5 \times (L - B_{WL} + {}^{2}/_{3}G + 0.75 \times \times RF \times \sqrt{SC \times SPF}) \times PF \times (1+NPR),$$

где L — обмерная длина, измеряемая на некоторой высоте от ватерлинии на плаву; G — длина наибольшего цепного охвата корпуса, проведенного от борта до борта под килем яхты, за вычетом высоты надводного борта; SC — обмерная площадь парусности; RF — коэффициент, учитывающий тип вооружения; PF — коэффициент винта; NPR — штраф за планировку.

Как и IOR, УПО ориентирована на тяжелые водоизмещающие яхты. Однако в отличие от IOR в ней нет ограничений на обводы корпуса. Кроме того, некоторые упрощения, принятые в УПО, приводят к физически неверным результатам при расчете гоночного балла. Например, при облегчении яхты ее гоночный балл уменьшается, поскольку уменьшается и длина, и охват (так, облегчение яхты типа "Конрад-25" на 250 кг приводит к уменьшению балла на 0.05). Это позволяет строить быстроходные яхты с низким баллом. Тем не менее, благодаря простоте обмера, УПО еще будет использоваться на местных регатах, где точность гандикапа не очень важна.

Одна из новых эмпирических сис-

Рис.3. Схема обмера корпуса по УПО



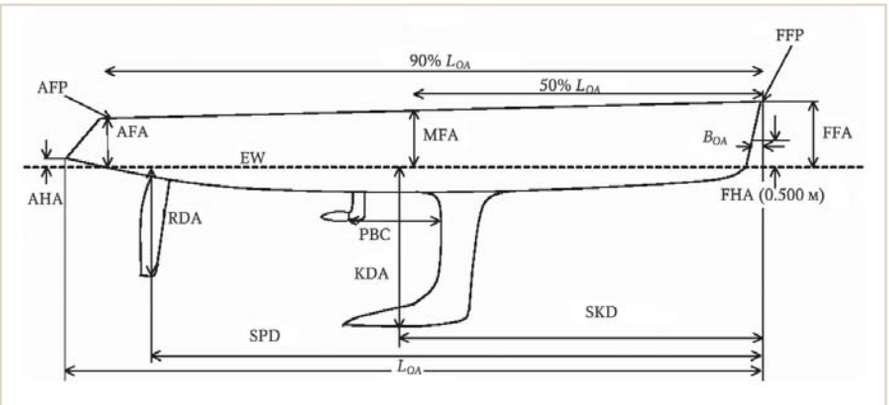


Рис. 4. Схема обмера корпуса по IRM

тем обмера — IR-2000, разработанная Королевским океанским гоночным клубом (RORC) и состоящая из двух независимых систем — IRC и IRM. Первая из них — IRC — закрытая, предназначена для любительских гонок и основана на самостоятельном обмере: владелец сам заполняет обмерную форму и отвечает за достоверность приведенных в ней данных. Вторая — IRM — открытая, предназначена для обмера современных легких водоизмещающих яхт — ULDB (Ultra Light Displacement Boats). Система построена несколько необычно. За основу принята некая "стандартная" яхта, для которой гоночный балл вычисляется по простой формуле

$$TCMb = 0.248 \cdot \sqrt{GL} + 0.215,$$

где $GL = (L_{OA} - B_{OW} - SO)$ — обмерная длина, B_{OW} и SO — расчетные длины носового и кормового свесов.

Все отклонения от стандарта учитываются поправочными коэффициентами: ширины *BF*, возраста *AGE*, винта *PF*, осадки *KDF*, веса *WF*, остойчивости *STF*, веса экипажа *CF*, материала корпуса *CMF*, надводного борта *FBF*, площади лавировочных *USF* и дополнительных *DSF* парусов, рангоута *RF* и водяного балласта *WBF*:

$$TCM = TCMb \cdot BF \cdot AGE \cdot PF \cdot KDF \cdot WF \cdot STF \cdot CF \cdot CMF \cdot FBF \cdot USF \cdot DSF \cdot RF \cdot WBF.$$

Система поправочных коэффициентов построена так, что все сколько-нибудь значительные отклонения от стандарта сильно штрафуются. На рис. 5 приведена зависимость фактора веса от относительного водоизмещения яхты длиной 9 м.

Обратите внимание, что базовое водоизмещение при длине 9 м — всего 2160 кг. Для сравнения: "Картер-30" при той же длине весит около 4000 кг, и при этом фактор веса у него хуже, чем у "стандартной" яхты IRM.

2. Статистические системы обмера. Другая группа систем — статистических — основана на статистике гонок однотипных яхт. Наиболее известные из них — LYS, Yardstick, Porthmouth Rating System. Гоночный балл здесь присваивается всему типу или классу яхт. Эти системы наиболее объективны, но применимы только тогда, когда накоплены обширные результаты гонок многочисленных групп яхт в стабильных условиях. Кроме того, они неизбежно по-

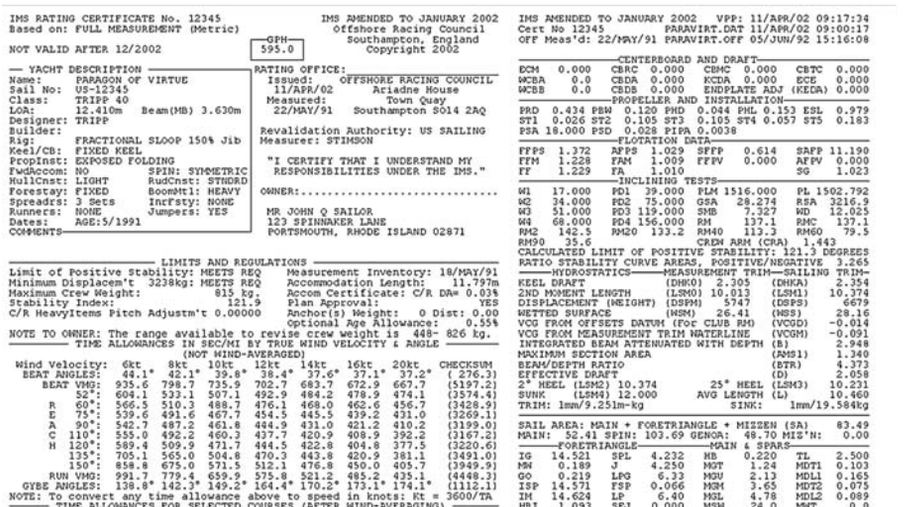
Рис. 5. Фактор водоизмещения IRM *WF* (длина 9 м, базовое водоизмещение 2158 кг)

казывают "среднюю температуру по больнице" — в конкретных условиях какой-то класс может иметь преимущество, несмотря на одинаковый гоночный балл. Для России в целом такие системы неприменимы из-за разнотипности флота и разнообразия условий; вдобавок яхтсмены разных регионов практически не встречаются друг с другом, и собрать единую статистику невозможно.

3. Системы обмера, основанные на математическом моделировании. Третья группа систем гандикапа основана на математическом моделировании движения яхты и расчете ее скорости — Velocity Prediction Programs, или VPP. Первая, самая известная и распространенная из них — IMS (International Measurement System), ее российский аналог — RS. Системы VPP — единственные, которые в принципе позволяют создать объективный гандикап, пригодный для разнотипных яхт. Математические зависимости, описывающие движение яхт, известны давно, но проблемы до сих пор заключались в нехватке вычислительных возможностей, а также в неполноте и недостоверности данных о влиянии различных параметров на скорость. Первая проблема успешно разрешена благодаря развитию вычислительной техники, вторая пока еще остается и является причиной несовершенства систем обмера. Однако системы VPP позволяют при получении новых данных, не меняя систему в целом, легко корректировать расчетные зависимости.

Большинство систем обмера VPP основаны на результатах испытаний моделей яхт, проведенных в Ваниингенском опытовом бассейне в конце 70–80-х гг. прошлого века. Испытывались две серии моделей. Первая представляла типичные тяжелые водоизмещающие яхты с плавниковым килем и отдельно стоящим рулем, которые и сейчас составляют большинство флота крейсерских яхт, вторая серия — современные легкие килевые яхты (ULDB). Были получены зависимости лобового и бокового сопротивления яхты от соотношения главных размерений, интегральных характеристик формы корпуса, размеров и формы киля и руля с учетом крена и дрейфа, которые и были использованы для создания системы IMS, а затем и других систем VPP.

В отличие от всех ранее описанных системы VPP позволяют получить зависимость теоретической скорости яхты от курса и силы ветра (рис. 6). Затем их можно использовать либо непосредственно для расчета гандикапа, либо для определения других гандикапных коэффициентов, как это описано в первой части статьи. Кроме того, системы VPP пригодны для определения интегральных характеристик яхты, что значительно уменьшает влияние случайных неточностей при обмере. Например, в системе IMS в качестве обмерной длины используется нормированный радиус инерции строевой по шпангоутам, рассчитанной для трех разных осадок (LSM1 — LSM4) (см. рис. 6). Аналогично построены и другие обмерные параметры. Благодаря этому, можно свести к минимуму влияние конструкторских ухищрений и случайных ошибок, однако обмер яхты становится очень трудо-



IMS RATING CERTIFICATE No. 12345
Based on: FULL MEASUREMENT (Metric)

NOT VALID AFTER 12/2002

IMS AMENDED TO JANUARY 2002
Offshore Racing Council
Southampton, England
Copyright 2002

GPH 595.0

— YACHT DESCRIPTION —
Name: PARAGON OF VIRTUE
Sail No: US-12345
Class: TRIPP 40
LOA: 12.410m Beam(MB) 3.630m
Designer: TRIPP
Builder:
Rig: FRACTIONAL SLOOP 150% Jib
Keel/CB: FIXED KEEL
PropInst: EXPOSED FOLDING
FwdAccom: NO SPIN: SYMMETRIC
HullCnst: LIGHT RudCnst: STNDRD
Forestay: FIXED BoomMtl: HEAVY
Spreadrs: 3 Sets Infrsty: NONE
Runners: NONE Jumpers: YES
Dates: AGE:5/1991
COMMENTS

RATING OFFICE:
Issued: OFFSHORE RACING COUNCIL
11/APR/02 Ariadne House
Measured: Town Quay
22/MAY/91 Southampton S014 2AQ

Revalidation Authority: US SAILING
Measurer: STIMSON

"I CERTIFY THAT I UNDERSTAND MY RESPONSIBILITIES UNDER THE IMS."

OWNER:.....

MR JOHN Q SAILOR
123 SPINNAKER LANE
PORTSMOUTH, RHODE ISLAND 02871

IMS AMENDED TO JANUARY 2002 VPP: 11/APR/02 09:17:34
Cert No 12345 PARAVIRT.DAT 11/APR/02 09:00:17
OFF Meas'd: 22/MAY/91 PARAVIRT.OFF 05/JUN/92 15:16:08

—CENTERBOARD AND DRAFT—
DCM 0.000 CBRC 0.000 CBMC 0.000 CBTC 0.000
WCBA 0.0 CBDA 0.000 KCDA 0.000 ECE 0.000
WCBB 0.0 CBDB 0.000 ENDPLATE ADJ (KEDA) 0.000

—PROPELLER AND INSTALLATION—
PRD 0.434 PBW 0.120 PHD 0.044 PHL 0.153 ESL 0.979
ST1 0.026 ST2 0.105 ST3 0.105 ST4 0.057 ST5 0.183
PSA 18.000 PSD 0.028 PIPA 0.0038

—FLOTATION DATA—
FFPS 1.372 AFPS 1.029 SFFP 0.614 SAFP 11.190
FFM 1.228 FAM 1.009 FFPV 0.000 AFPV 0.000
FF 1.229 FA 1.010 SG 1.023

—INCLINING TESTS—
W1 17.000 PD1 39.000 PLM 1516.000 PL 1502.792
W2 34.000 PD2 75.000 GSA 28.274 RSA 3216.9
W3 51.000 PD3 119.000 SMB 7.327 WD 12.025
W4 68.000 PD4 156.000 RM 137.1 RMC 137.1
RM2 142.5 RM20 133.2 RM40 113.2 RM60 79.5
RM90 35.6 CREW ARM (CRA) 1.443
CALCULATED LIMIT OF POSITIVE STABILITY: 121.3 DEGREES
RATIO STABILITY CURVE AREAS, POSITIVE/NEGATIVE 3.265

—HYDROSTATICS— —MEASUREMENT TRIM—SAILING TRIM—
KEEL DRAFT (DHKO) 2.305 (DHKA) 2.354
2ND MOMENT LENGTH (LSM0) 10.013 (LSM1) 10.374
DISPLACEMENT (WEIGHT) (DSPM) 5747 (DSPS) 6679
WETTED SURFACE (WSM) 26.41 (WSS) 28.16
VCG FROM OFFSETS DATUM (For CLUB RM) (VCGD) -0.014
VCG FROM MEASUREMENT TRIM WATERLINE (VCGM) -0.091
INTEGRATED BEAM ATTENUATED WITH DEPTH (B) 2.948
MAXIMUM SECTION AREA (AMS1) 1.340
BEAM/DEPTH RATIO (BTR) 4.373
EFFECTIVE DRAFT (D) 2.058
2° HEEL (LSM2) 10.374 25° HEEL (LSM3) 10.231
SUNK (LSM4) 12.000 AVG LENGTH (L) 10.460
TRIM: 1mm/9.251m-kg SINK: 1mm/19.584kg

SAIL AREA: MAIN + FORETRIANGLE + MIZZEN (SA) 83.49
MAIN: 52.41 SPIN: 103.69 GENOA: 48.70 MIZ'N: 0.00

—FORETRIANGLE— —MAIN & SPARS—
IG 14.521 SPL 4.232 HB 0.220 TL 2.500
MW 0.189 J 4.250 MGT 1.24 MDT1 0.103
GO 0.219 LPG 6.33 MGU 2.13 MDL1 0.165
ISP 14.571 FSP 0.066 MGM 3.65 MDT2 0.075
IM 14.624 LP 6.40 MGL 4.78 MDL2 0.089
HBI 1.093 SFJ 0.000 MSW 24.0 MWT 0.0
MSL 14.42 MSF 7.65 P 15.505 MCG 0.000
SL 14.39 SWM 7.64 E 5.627 BD 0.182
SPS 2.456 SF EC 5.636 CPW 2.900
TH NO JR 0.00 BAS 1.886 BAL 0.153

—MIZZEN—
IY 0.000 PY 0.000 MBY 0.000 TLY 0.000
EB 0.000 EY 0.000 MGTY 0.000 MDT1Y 0.000
YSD 0.00 ECY 0.000 MGUY 0.000 MDL1Y 0.000
YSF 0.00 BASY 0.000 MGMY 0.000 MDT2Y 0.000
YSMG 0.00 BALY 0.000 MGLY 0.000 MDL2Y 0.000
MBIY 0.000 BDY 0.000

— LIMITS AND REGULATIONS —
Limit of Positive Stability: MEETS REQ
Minimum Displacem't 3238kg: MEETS REQ
Maximum Crew Weight: 815 kg.
Stability Index: 121.9
C/R HeavyItems Pitch Adjustm't 0.00000

Measurement Inventory: 18/MAY/91
Accommodation Length: 11.797m
Accom Certificate: C/R DA= 0.03%
Plan Approval: YES
Anchor(s) Weight: 0 Dist: 0.00
Optional Age Allowance: 0.55%

NOTE TO OWNER: The range available to revise crew weight is 448- 826 kg.

— TIME ALLOWANCES IN SEC/MI BY TRUE WIND VELOCITY & ANGLE —
(NOT WIND-AVERAGED)

Wind Velocity:	6kt	8kt	10kt	12kt	14kt	16kt	20kt	CHECKSUM
BEAT ANGLES:	48.1°	42.1°	39.8°	38.4°	37.6°	37.1°	37.2°	(276.3)
BEAT VMG:	935.6	798.7	735.9	702.7	683.7	672.9	667.7	(5197.2)
52°:	604.1	533.1	507.1	492.9	484.2	478.9	474.1	(3574.4)
R 60°:	566.5	510.3	488.7	476.1	468.0	462.6	456.7	(3428.9)
E 75°:	539.6	491.6	467.7	454.5	445.5	439.2	431.0	(3269.1)
A 90°:	542.7	487.2	461.8	444.9	431.0	421.2	410.2	(3199.0)
C 110°:	555.0	492.2	460.3	437.7	420.9	408.9	392.2	(3167.2)
H 120°:	589.4	509.9	471.7	444.5	422.8	404.8	377.5	(3220.6)
135°:	705.1	565.0	504.8	470.3	443.8	420.9	381.1	(3491.0)
150°:	858.8	675.0	571.5	512.1	476.8	450.0	405.7	(3949.9)
RUN VMG:	991.7	779.4	659.9	575.8	521.2	485.2	435.1	(4448.3)
GYBE ANGLES:	138.8°	142.3°	149.2°	164.4°	170.2°	173.1°	174.1°	(1112.1)

NOTE: To convert any time allowance above to speed in knots: Kt = 3600/TA

— TIME ALLOWANCES FOR SELECTED COURSES (AFTER WIND-AVERAGING) —

Wnd/Lwd VMG	1048.9	841.4	727.9	659.8	616.7	588.0	553.1	(5035.8)
Ocean for PCS	929.2	730.6	619.0	550.2	504.8	472.7	428.8	(4235.3)
Non-Spinnaker	876.7	706.8	614.9	560.9	527.3	505.2	477.9	(4269.7)

— SIMPLIFIED SCORING OPTIONS —

	Time-on-Distance (sec/mi)	Time-on-Time THF	Performance Line PLT	PLD
OFFSHORE	595.0 (=GPH)	1.0084 (=600/GPH)	0.814	84.9 (Ocean)
INSHORE	662.0 (=ILC)	1.0196 (=675/ILC)	0.988	272.6 (Olympic)

Performance Line Corrected Time = (PLT x Elapsed Time)-(PLD x Distance)

Рис. 6. Мерительное свидетельство IMS

емким (обмер корпуса по IMS может занять пару дней и требует специального оборудования).

Поэтому в последние годы появилось несколько систем обмера VPP, использующих упрощенные методы обмера (ORC Club, Americap, RS-2000 и др). В их базах данных "зашиты" несколько стандартных корпусов, и вновь обмеряемая яхта "привязывается" к ближайшему прототипу. В результате можно обойтись небольшим числом измерений, хотя, конечно, снижается достоверность расчета гандикапа.

Система ORC Club использует ту же математическую модель, что и IMS, и их мерительные свидетельства совместимы, т.е. яхты, обмеренные по IMS и ORC Club, могут гоняться вместе, но последние получат небольшой штраф за недостоверность обмера.

Другие системы разрабатывались независимо, однако по большей части их исходные данные совпадают и могут использоваться для пересчета мерительных свидетельств из одной системы обмера в другую.

Как уже сказано, системы VPP позволяют сравнивать между собой практически любые яхты. Сторонники системы IMS, полушутя, называли ее Ideal Measurement System. Тем не менее со временем стало ясно, что, несмотря на свою сложность, эта система не может правильно учесть многие факторы, влияющие на скорость яхты — материал корпуса, распределение веса по длине яхты, возможность настройки рангоута и такелажа, эффективность новых типов парусов. Выяснилось, что IMS "не любит" некоторые конструктивные решения (в частности, эффективность спинакеров, особенно несимметричных, была сильно завышена, и их использование оказалось невыгодным; из-за этого сложилось распространенное сегодня мнение, что система не позволяет создавать действительно быстроходные яхты). Система начала обрастать эмпирическими коэффициентами, яхты в серьезных гонках пришлось разбивать на более мелкие группы и дивизионы. Был даже случай, когда вновь построенной яхте комитет IMS отказался выдать мерительное свидетельство, поскольку конструкция ее рангоута не была рассмотрен в правилах*, ее просто нельзя было корректно оценить.

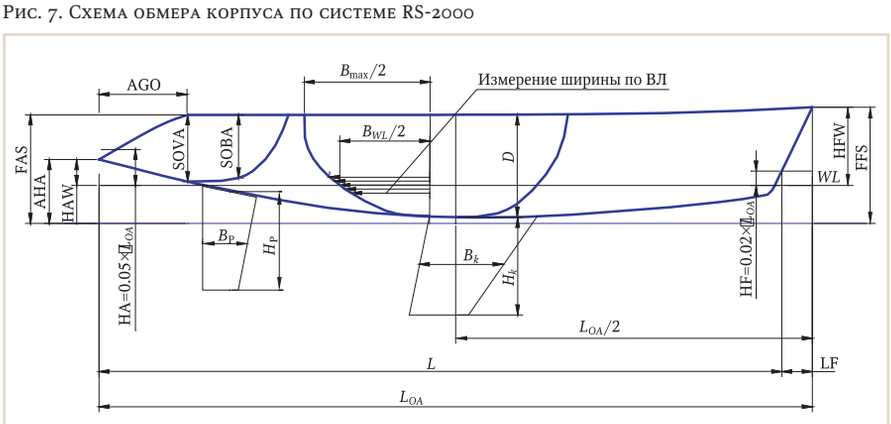
Все это привело к разочарованию в системе IMS и попыткам вернуться к более простым, пусть и формообразующим, системам обмера.

Современное состояние систем обмера и перспективы их развития

На сегодня ISAF поддерживает две международные системы обмера — IR-2000 и IMS. Кроме того, чуть не в каждой стране существует национальная система, у которых есть свои сторонники и противники. На мой взгляд, в их дебатах больше политики, спора о национальном приоритете, чем техники (IMS — американская по происхождению система, IR-2000 — английская). На деле ни одна из систем не является универсальной, у каждой — своя область применения. Наиболее объективная из них — IMS — все же поощряет классические относительно тяжелые яхты (хотя в последних редакциях правил заметен сдвиг к современным легким яхтам). IRM — самая формообразующая из применяемых сейчас систем, в наибольшей степени стимулирующая гонку конструкторов, и в соревнованиях, где она применяется, преимущество новейших яхт очевидно. И та, и другая системы предназначены в основном для гонок профессионалов, причем самые престижные из них проводятся в уровневых классах (с фиксированным гоночным баллом). Для того чтобы охватить широкие массы яхтсменов, участвующих в клубных гонках, внутри обеих систем и были созданы дочерние, упрощенные, но совместимые с материнскими. На крупнейших международных соревнованиях они применяются параллельно. Например, в Адмиральском Кубке, проводимом RORC, одна из яхт команды — обязательно IRM-овская (что естественно), другая

* Известный случай с яхтой "Krazy K-yote 2" конструкции Хуана Куоуйоумджийяна, оснащенной толстой бестакелажной поворачивающейся мачтой. Лодка выигрывала гонки "в одни ворота", и возмущенные владельцы конкурирующих 50-футовиков потребовали снять ее с регат, лишив мерительного свидетельства.

Рис. 7. Схема обмера корпуса по системе RS-2000



крупнейшая европейская регата крейсерских яхт — Кильская — проводится по IMS, а на противоположной стороне планеты, на гонке Сидней—Хобарт для профессионалов применяют IMS, а для любителей — IRC.

Похожая ситуация сложилась и в России. Господствовавшая когда-то система IOR используется теперь только в Москве и в Карелии (и то лишь благодаря Онежской регате). Во всех остальных регионах перешли на упрощенные правила обмера с местными особенностями. Счастливым исключением стала система RS-2000, разработанная в Петербурге и постепенно получающая признание по всей стране. Когда на Волге начали раскручивать регату "Свежий Ветер" (Кубок Волги), понадобилась система обмера, способная адекватно оценивать весьма разношерстый волжский флот, и тут RS-2000 оказалась весьма кстати. И уж совсем без нее не обойтись при обмере современных быстроходных яхт.

Систему RS часто упрекают в закрытости. Но не надо забывать, что любая открытая система обмера — формообразующая (и чем она проще, тем сильнее влияет на форму). Это является достоинством лишь с точки зрения конструктора и строителя, которые в случае ввода новой системы получают заказы на яхты, спроектированные и построенные именно под нее. С точки зрения же гонщика это — беда: только он вылизал яхту под действующий обмер, как правила меняются, и нужно начинать все с начала, а это требует немалых денег и не всегда возможно; старые яхты могут стать в принципе неконкурентоспособными. Поэтому для гонщика идеальна та система гандикапа, которая объективно уравнивает всех, и не важно, открытая она или закрытая.

Тем не менее пока существует IOR-овский флот, будет существовать и система обмера IOR, хотя бы в одном отдельно взятом регионе. Вообще в нашей стране, с ее огромными расстояниями, единая национальная система обмера не актуальна — не очень-то поездишь с Балтики на Дальний Восток со своей яхтой. На появление каких-то новых систем обмера, кажется, рассчитывать тоже не приходится: разработка достоверной системы требует длительной кропотливой работы и тщательного тестирования. Кто будет заниматься этим бесплатно и кто будет эту работу оплачивать? Скорее, можно ожидать появления новых правил классов, ориентированных на местный флот и предназначенных для местного использования, подобно правилам "Картер-30" в Москве, "Л-6" в Санкт-Петербурге, "Конрад-25" на Дальнем Востоке.

Среди парусной общественности периодически вспыхивают споры о том, что лучше — гонки по гандикапу, по приходу в уровневых классах или гонки монотипов. На наш взгляд, эти споры просто бессмысленны. Конечно, гонки по приходу зрелищнее, результат нагляднее. Но если одна из яхт имеет сколько-нибудь заметное преимущество в скорости, то при равной подготовке экипажей ни о какой борьбе на дистанции в таком случае не может идти речи. Поэтому гонки в уровневых классах неизбежно превращаются в соревнование конструкторов. Для большинства любителей они мало доступны и малоинтересны.

Казалось бы, все говорит за гонки монотипов. Но для этого подобный монотип должен существовать. Хорошо, что в Москве нашли деньги, чтобы закупить несколько десятков "Снайпов" (тяжелый, морально устаревший на 50 лет швертбот, но зато жесткий монотип), практически все желающие могут попробовать на них свои силы. Но сделать что-то подобное в масштабах страны в ближайшее время, на мой взгляд, абсолютно нереально. А когда человек покупает себе яхту за свои деньги, он стремится получить то, что нужно именно ему, и тут монотипность уходит даже не на второй — на третий план.

И тогда, когда человек хочет соревноваться на собственной яхте, той, что у него есть, а не переделывать ее, пытаясь догнать меняющиеся правила и моду, с неизбежностью возникают гонки с гандикапом. Не надо думать, что они менее спортивны, чем классные гонки. Легко выкладываться изо всех сил, когда соперник идет в метре от тебя. А попробуй делать то же самое, когда соперник где-то на горизонте, как нередко бывает в крейсерских гонках!

Предмет отдельного разговора — корректность разбиения яхт на группы (это относится не только к гонкам с гандикапом, но к любым, где нет четких правил класса). Принцип прост: яхты одной группы должны иметь близкую абсолютную скорость (чтобы не разбредались по дистанции и шли в примерно одинаковых ветроволновых условиях) и примерно одинаковый архитектурно-конструктивный тип (идеальных систем гандикапа не существует, каждая из них "благоволит" к какому-нибудь типу). С первым требованием просто: скорость характеризуется гоночным баллом, значит, эти баллы яхт в одной зачетной группе должны быть близки. Со вторым хуже. Четкой границы между разными архитектурно-конструктивными типами не существует. Если в нашем немногочисленном, но очень разношерстном флоте, попытаться строго соблюдать этот принцип, то в зачетных группах будет по две-три яхты. Поэтому разбивка их на группы — всегда компромисс между желанием создать всем равные условия и стремлением сохранить спортивный интерес: если гоняться все время только с одним и тем же соперником, то интерес пропадет быстро, несмотря на объективность самих гонок. Надо еще учитывать, насколько существенно влияние типа яхты на результат. Понятно, что, чем выше уровень соревнований, тем дороже становится каждая секунда. В системе RS точность расчета гандикапа составляет примерно три секунды на милю, в системах LYS и ORC Club — шесть-семь секунд на милю. Четыре года назад мы провели такой численный эксперимент: объединили все яхты–участницы чемпионата Санкт-Петербурга (кроме "Цетусов") в одну группу и подсчитали их результаты по разным системам гандикапа и по абсолютному времени. Оказалось, как ни считай, яхты смещались всего на одно-два места, а абсолютным победителем оставалась одна и та же яхта — "Фиджи". Разница в уровне гоночной подготовки экипажей яхт была настолько велика, что система гандикапа и разбивка на группы практически не повлияла на результат.

Вернемся к тому, с чего была начата эта статья: гандикап — это не прихоть мерителей и судей, а необходимость. Надеюсь, что приведенные сведения помогут гонщикам и всем яхтсменам понять принципы систем обмера и гандикапа. □