



› *Марк-Оливье ван Ален. Фото автора и журнала «Segeln»*

Сумма технологий

Задача, которую передо мной поставил известный яхтенный журнал Германии («Segeln» – А.Г.), была столь же сложна, сколь и кратка ее окончательная формулировка: создать 30-футовую яхту, способную легко глиссировать на остром курсе.

На самом деле мы хотели попытаться соединить в одном проекте все существующие и перспективные направления в развитии однокорпусных парусных судов, применить наиболее совершенные материалы для того, чтобы построить уже сегодня концептуальную яхту будущего. То есть создать эдакий яхтенный концепт-кар, «dream yacht» – лодку, не предназначенную для серийного производства, но способную в качестве одного-единственного образца выйти на гоночные трассы (и привычные прогулочные маршруты) и, что называется, «показать себя». Отсюда и название нашего проекта «SailOvation», что означает: Sail, т.е. паруса, Innovation, т.е. инновации, и Ovation – просто овации... готовому результату, как вы догадываетесь.

Строго говоря, все началось с письма

одного из читателей журнала, который, ничтоже сумняшеся, заявил, что, мол, «в парусном судостроении уже десятки лет не появлялось никаких принципиальных новинок». Это, конечно, весьма смелое заявление – даже если учесть, что читатель имел в виду лишь однокорпусные суда. Тем не менее письмо оказалось своеобразным вызовом, ответом на который и стал «SailOvation». Очень важным здесь было – отметим это особенно – применить очерченную выше «сумму технологий» в ограниченных размерных рамках. Причиной тому были не одни лишь финансовые соображения: дело в том, что практически все новинки сегодняшнего парусного судостроения по вполне понятным соображениям применяются лишь на крупных яхтах, что и позволило создать фактически новый отряд парусных судов – Performance Cruiser, или

Основные данные яхты «SailOvation»

Длина, м	9.00
Ширина, м	3.58
Осадка, м	2.00
Площадь парусности, м ² :	
– грот	42
– стаксель	21
– геннакер	50
Водоизмещение, т	1.64
Экипаж, чел.	2-4
Расчетная скорость под парусами, уз	До 28 (на курсе галфвинд)

быстроходные крейсера. Согласитесь, среди них очень трудно найти яхту длиной менее 50–60 футов. (Я, правда, причисляю к этому отряду и созданную мной маленькую яхту «Etap 24i», но это, скорее, из принципа.) При этом яхтам небольших размеров пока достаются лишь крохи от тех новаций, которые успешно прижились на лодках длиной свыше 60 футов. Единственное исключение здесь – класс Mini 6.50, тоже вобравший в себя практически все современные конструкторские идеи и решения. Но лодки Mini 6.50 опять же очень далеки от требований, предъявляемых к повседневно эксплуатируемым прогулочным или крейсерско-гоночным яхтам, это все же яхты чисто



Секция палубы готовится к формовке



Корпус почти готов

гоночные, а что касательно дивизиона Proto – и вовсе экстремальные.

Мы же хотели создать мореходную и вполне обитаемую лодку, отказавшись от всех существующих обмерных правил или ограничений любого класса, пусть даже и открытого. На первом месте для нас стояла задача достижения наивысшей скорости яхты при любом возможном курсе к ветру, на втором – возможность ее, яхты, практического использования, причем с минимальным экипажем. Помимо всего прочего, будущая лодка должна была стать надежным судном, чтобы ни в коем случае не разделить судьбу 60-футовых тримаранов в памятной всем гонке «Route du Rhum» 2002 г. (это, наряду с простотой повседневной эксплуатации, и было основной причиной выбора однокорпусной конструкции для «SailOvation»). В общем-то, здесь очевиден компромисс – выигрывая в одном, проигрываешь в другом. Выбирая экстремально высокую скорость, отказываешься от безопасности. Одновременно с этим мы хотели уложиться в сумму, равную 100 тыс. евро, и закончить все работы за год, но тут мы жестоко обманулись...

Определившись с однокорпусной конструкцией и окончательно выбрав размерения будущего судна (все – от максимальной длины до высоты в каюте было рассчитано с сантиметровой

точностью), мы приступили к решению следующей задачи: из какого материала и как строить корпус? Одновременно с этим выбиралась схема вооружения и балласта, ведь совершенно очевидно, что выбор мало- или бестакелажной вращающейся мачты-крыла вместо традиционной с развитым стоячим такелажем или водяного балласта вместо качающегося киля в обоих случаях потребует иной силовой структуры корпуса. При этом не стоило и пытаться решать эти проблемы по отдельности друг от друга. Точно также ошибочной оказалась попытка отдельно оптимизировать качество каждой из трех важнейших составляющих парусной яхты: аэродинамического комплекса «парус-мачта», корпуса и гидродинамического комплекса «киль-руль». Один из выводов, который наша команда сделала при создании «SailOvation» – все вопросы подобного рода необходимо решать в комплексе, хотя это и многократно усложняет весь процесс выработки решения.

Для того чтобы как-то справиться с задачей, потребовалось целиком и полностью «оцифровать» всю будущую яхту. Каждый ее размер, каждый возможный изгиб корпуса или мачты был в цифровом виде введен в компьютер. Дальше шли вычисления. Путем анализа я определил, что для глиссирования на остром курсе яхта

должна располагать силой тяги, равной порядка 10% ее собственного веса (во всяком случае никак не меньше 7%). При этом на судно будет действовать кренящая сила, составляющая от трети до половины его собственного водоизмещения (при традиционном вооружении бермудским шлюпом с тканевыми парусами). Для обычной крейсерской яхты это – огромная величина. Чтобы было понятнее, скажу, что на такой уже хорошо зарекомендовавший себя быстроходный крейсер, как «Grand Soleil 43», действует означенная сила, составляющая всего 9–10% водоизмещения последнего, а на обычной прогулочной яхте она и вовсе не превышает 5%.

Чтобы яхта могла успешно противостоять такой кренящей силе, требуется высокая остойчивость, которая складывается из остойчивости веса, остойчивости формы и остойчивости на больших углах крена. Для достижения высокой остойчивости веса нам требуется опустить ЦТ корпуса как можно ниже. Мечта всех конструкторов быстроходных крейсеров – добиться положения ЦТ по вертикали не выше уровня ватерлинии. У упомянутой уже «Grand Soleil 43» ЦТ находится на 11 см выше КВЛ – для нашего случая этого явно недостаточно. Легче всего добиться цели, опустив как можно ниже очень тяжелый бульб, однако это повлечет за со-



Изготовление сверхлегкого грота



Механизм X-киля

бой увеличение продольного момента инерции, что приведет к ухудшению поведения яхты на волнении. Точно такая же проблема возникает при попытке достичь высокой остойчивости формы: предпочтительный в этом случае широкий корпус с плоскими обводами находится в противоречии с требованиями минимального сопротивления трения, что влечет за собой радиальные обводы сравнительно узкого корпуса.

Итак, главная дилемма: широкий и плоский корпус с большой остойчивостью формы и уменьшенной массой балласта или стройный корпус с минимальным сопротивлением, но более тяжелым балластом и высокой весовой остойчивостью? Решить подобную задачу должны компьютерные VP-программы*, но многие из них основаны на результатах буксировочных испытаний моделей корпусов яхт, созданных еще в эпоху IOR. Разумеется, внутренние алгоритмы расчета большинства таких программ уже откорректированы с учетом обводов, созданных под влиянием новых правил IMS, но нас не устраивало и это. Кто-нибудь хоть когда-нибудь видел яхту, отвечающую правилам IMS, глиссирующую на остром курсе? Нет? А раз нет, то откуда программа оценки скорости нашей пока еще гипотетической яхты сможет корректно оценить взаимовлияние всех факторов, определяющих ее ходкость, если задаваемая нами граница желаемых скоростей да и сам характер обтекания корпуса водой (не забудем – мы ведем речь о глиссирующей яхте) совершенно иные? Как следствие, нам придется вносить ряд поправок в ход работы VPP, данные для которых получим из буксировочных испытаний моделей будущих корпусов.

Я оценил возможное водоизмещение нашей яхты, исходя из весовых характеристик, типичных для очень легких лодок, построенных из современных материалов, взяв их с некоторым запасом: оно оказалось равным 1430 кг, эта цифра и послужила отправной точкой для дальнейших расчетов. Предположив в качестве первого приближения, что кренящая сила будет составлять 30% водоизмещения, я получил величину около 4800 Н, что применительно к бермудскому шлюпу с нормальными для 30-футового корпуса пропорциями парусного вооружения означало кренящий момент почти в 27 000 Н·м. Итак, наша яхта должна иметь остойчивость, способную противостоять столь большому кренящему моменту**. От этих цифр я и отталкивался в дальнейшем.

Были разработаны предварительные проекты двух корпусов: «стройного» «А» и «широкого» «В» с тем, чтобы оценить их соответствие вышеупомянутым требованиям. Увы, вопреки чаяниям защитников старого принципа «длина бежит», этот подход здесь не сработал. Как видно из приводимого графика, максимальный восстанавливающий момент на таком корпусе не достиг и половины требуемой величины, составив всего лишь 11 000 Н·м – и это при том, что я исходил из точки положения ЦТ по вертикали на 11 см ниже КВЛ***! Может быть, делу поможет качающийся киль? Нет, даже и при отклонении такого киля на угол 60° восстанавливающего момента не хватало. Пришлось остановиться на варианте «В», который вместе с отклоняемым килем (и весом членов экипажа, перемещенного на наветренный борт) обеспечивал близкий к требуемому восстанавливающий момент.

Думаю, получившийся в результате составления предварительного эскиза (и прошедший все дальнейшие стадии проектирования) корпус «В» может быть назван удачным прототипом яхт нового класса: малых быстроходных крейсеров.

Тем не менее мы изготовили макеты обоих корпусов (оба в масштабе 1:8) для буксировочных испытаний, чтобы потом VP-программа без проблем могла интерполировать полученные данные на любой корпус, размеры и обводы которого находились бы между «А» и «В». Помимо прогонов корпусов на ровном киле мы выполнили еще и серию испытаний с креном моделей в 25° – по моим расчетам, примерно с таким креном будет идти «SailOvation» на остром курсе. Закладывать больший угол крена в проект значило бы серьезно ухудшить работу парусного вооружения и создать неудобства для команды. В то же время, поскольку максимальный восстанавливающий момент (который, как мы уже определили, является ключевой величиной) развивается при крене порядка 55°, было бы неразумно не использовать крен яхты для повышения восстанавливающего момента. Исходя из вышесказанного, я постарался оптимизировать обводы корпуса таким образом, чтобы ватерлинии при угле крена 25° сохраняли свою изначальную симметрию, а приводящий момент сводился бы к нулю или вовсе отсутствовал. Для себя я назвал это «концепцией мономарана», поскольку работа над корпусом «В», я как бы проектировал два теоретических корпуса в одном: один из них должен хорошо работать на ровном киле, второй – при крене 25°. Мне удалось добиться практически полной симметрии, хотя приводящий момент, пусть и небольшой, все же сохранился. Угол входа ватерлиний был достаточно острым – 11°, а осадка составляла лишь 2.5% длины корпуса.

*VP – velocity predictivity, или прогнозирование скорости (англ.).

**Бруно Пейрон в своем интервью, данном нашему журналу, сказал: «Высокий восстанавливающий момент – вот от чего должен изначально отталкиваться конструктор, вот ключ к созданию быстроходных многокорпусников». Теперь и до однокорпусных яхт дошел такой подход... – Прим. ред.

***В реальности же конструктору удалось опустить ЦТ на 49 см ниже КВЛ! – Прим. ред.



Первый выход – практически полный штиль

На этой стадии мы четко сформулировали свои требования к корпусу яхты и его обводам:

обеспечить восстанавливающий момент порядка 26 000-27 000 Н·м;

при оптимизации обводов приоритет отдать снижению волнового сопротивления, пусть и в ущерб уменьшению смоченной поверхности;

кривая сопротивления должна быть как можно более полой, а пик волнового сопротивления должен достигаться как можно раньше (при маленьких числах Fr);

достичь минимального (или нулевого) приводящего момента на больших углах крена;

удержать водоизмещение судна с экипажем до 1600 кг.

После тщательного анализа мы пришли к отказу от любых вариантов водяного балласта, решив остановиться на качающемся (поворотном) балластном киле, который стал уже привычным для крупных гоночных океанских яхт, но на маленьких яхтах встречается крайне редко. Причина очевидна: для создания достаточной силы противодействия дрейфу в этом случае необходимо применение дополнительных устройств, например, выдвижных швертов. Их использование вполне оправданно на яхтах с многочисленным экипажем, сутками идущими одним галсом в ходе океанских гонок. Но представьте себе лавировку в заливе на маленькой яхте, когда ваша команда будет вынуждена каждые несколько минут поднимать шверт, ставший наветренным, и опускать подветренный! Поэтому следовало найти другое решение.

В результате была создана совершенно новая конструкция поворотного киле, которую мы назвали X-Kiel («КиЯ» № 193). В ней поворотный киль и поворотный же шверт расположены рядом друг с другом в ДП судна. При этом их оси поворота связаны между собой специальным механизмом, на-

строенным так, что при отклонении балластного киле в сторону наветренного борта (для противодействия крену) шверт отклоняется в противоположную сторону таким образом, что практически всегда (с учетом крена яхты) остается в вертикальном или близком к нему положении. Угол отклонения киле на каждый борт составляет 50°, угол отклонения шверта – 25°, т.е. на каждые X градусов поворота киле на наветренный борт шверт откликается поворотом на X/2 градусов на противоположный борт.

Эта схема оказалась выгодной по ряду причин. Например, при малом крене яхты (и, следовательно, при отсутствии необходимости отклонения киле на наветренный борт) стоящие друг за другом шверт и киль (оба – с большим удлинением) с точно рассчитанной щелью между ними работают как высокоэффективный двойной киль. О преимуществах такого киле мне было хорошо известно по работе на бельгийскую верфь «Etar», широко применяющую подобные киле и проводшую большую серию их бассейновых испытаний («КиЯ» № 199). При значительном крене яхты и большом угле перекадки на ветер балластного киле поворотный шверт находится в вертикальном положении, создавая максимально возможную силу противодействия дрейфу в этих условиях. Никакая другая схема килевого комплекса не смогла бы дать столь внушительного эффекта*! Без обиняков скажу, что создание конструкции X-Kiel – одно из

важнейших достижений в парусном судостроении последних лет. И мнение одного из наших спонсоров, известной фирмы «Bavaria Yachtbau GmbH», подтверждает эту точку зрения: «Как одна из ведущих верфей Германии мы крайне заинтересованы в появлении различных новинок. Полагаем, что X-Kiel уже завтра станет одной из самых востребованных опций для быстроходных серийных яхт».

Мы хотели получить максимально выгодную конструкцию киле, т.е. предельно легкий плавник большого удлинения с возможно более тяжелым балластным бульбом. Сложностей здесь было две: прочность самого плавника, подвергающегося значительной изгибающей нагрузке, и возникшая буквально в последние годы проблема появления флаттера** – автоколебаний, появляющихся при высоких скоростях обтекания на высоконагруженных рулях и плавниках большого удлинения с тонким профилем. Впервые подобные явления были отмечены яхтостроителями на тримаране «Geropito» и 60-футовике «Sill» несколько лет назад («КиЯ» № 180), тогда же были найдены и пути их решения*** – если говорить коротко, то для устранения флаттера на плавнике балластного киле необходимо тщательно выбрать положение ЦТ бульба относительно положения ЦБС собственно плавника. Решением же прочностных проблем стало применение по проекту**** для плавника фальшкиля высокопрочной нержавеющей стали типа «Nitronic 50».

*Не вполне соглашусь с подобной точкой зрения. Мы уже описывали яхту Ганса Бэкмана («КиЯ» № 200) с отклоняемым килем, оснащенным управляемыми крыльями, дающим практически тот же (а в ряде случаев – и лучший) эффект. Мне довелось испытать эту лодку на ходу – это было незабываемо! – Прим. ред.

**Флаттер – явление резонансной вибрации тонких высоконагруженных аэро- или гидродинамических несущих поверхностей большого удлинения. Впервые с ним столкнулись авиаконструкторы в первой четверти XX в. – Прим. ред.

***Собственно говоря, пути решения этих проблем давно и хорошо известны авиаконструкторам – см., например, воспоминания Олега Антонова о создании принципиальной схемы горизонтального оперения самолета «Ан-22». – Прим. ред.

****В силу значительного (пятикратного!) превышения предварительной сметы не все конструктивные решения удалось реализовать в их изначальном виде. – Прим. авт.

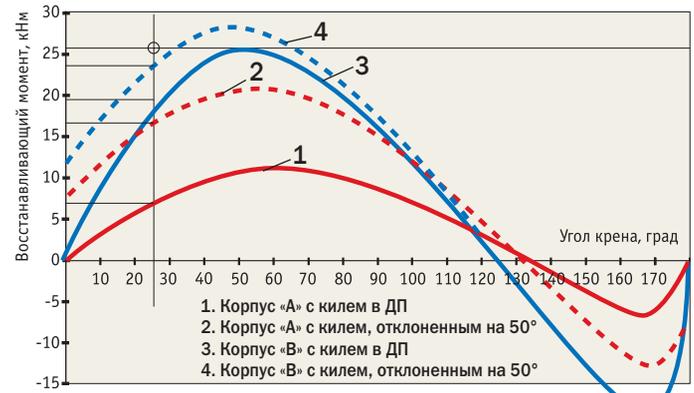


Диаграмма статической устойчивости

1. Корпус «А» с килем в ДП
2. Корпус «А» с килем, отклоненным на 50°
3. Корпус «В» с килем в ДП
4. Корпус «В» с килем, отклоненным на 50°



Первые ходовые испытания

Испытания и расчеты в Кильском судостроительном институте показали, что «SailOvation», имея предельную скорость водоизмещающего движения 7.4 уз, способен превысить ее как минимум на полтора-два узла при курсовом угле к ветру 60° и скорости последнего 8-9 м/с. Таким образом, теоретически задача была решена – яхта, способная глиссировать на остром курсе, была создана!

Теперь следовало выбрать окончательную конструкцию парусного вооружения. Были рассмотрены и отвергнуты различные типы вооружения, включая даже такую экзотику, как аэрогриг и кэт с высокой и широкой поворотной бестакелажной мачтой-крылом. В конечном итоге (как и в случае с корпусом) выбор свелся к одному из двух вариантов: бестакелажная поворотная мачта-крыло против обычной мачты с развитым стоячим такелажем (и в том и в другом случае рассматривалось вооружение бермудским шлюпом). Иными словами, аэродинамическая эффективность против меньшего веса (поскольку для стоячего такелажа предполагалось использовать сверхлегкое волокно «Zylon»). Уменьшение веса, однако, было для нас приоритетной задачей – как я уже сказал выше, есть точная связь между полным водоизмещением яхты и силой, необходимой для вывода ее на глиссирование. Облегчение парусного вооружения в этом аспекте было особенно важным, так как каждые 10 кг, изъятые из веса мачты и стоячего такелажа, означают дополнительные 30–50 кг, которые можно вынуть из массы балласта. Именно по этой причине после долгих расчетов приоритет был отдан традиционному вооружению – неподвижно стоящей мачте, поддерживаемой стоячим такелажем. Нелишне будет заметить, что в своем расчете парусного вооружения мы опирались не на общепринятые таб-

лицы, предлагающие те или иные сечения и прочие геометрические величины всех деталей оснастки, а выполнили специальный расчет методом конечных элементов. Это, безусловно, довольно дорогостоящая работа, но я полагал ее реально необходимой в нашем случае, поскольку вследствие нелинейных характеристик углепластика только так можно рассчитать мачту, одновременно и безупречно прочную, и свободную от лишнего «жира», что, как было показано выше, исключительно важно.

После этого можно было приступать к строительству собственно корпуса. Формовали мы его на болване, используя в качестве конструкционного материала углепластиковые препреги серии «Sprint» от «SP System» в комплекте с препрегами из обычного стекловолокна типа «E» той же фирмы. Компания «SP Systems», ознакомившись с нашими расчетами, разработала оптимальную схему ламинирования. За основу были взяты препреги из однонаправленных волокон, заранее сшитые тонкими волокнами на фабрике «SP Systems» в «бутерброды» из трех или даже четырех разнонаправленных слоев (каждый плотностью 200 г/м²) для наилучшего противостояния расчетным нагрузкам. Таким образом нам удалось избежать нескольких процедур последовательной укладки слоев ламината. Корпус, естественно, был сэндвичевой конструкции с 20-мм наполнителем из легкого пенопласта «CoreCell SAN» с плотностью 80 кг/м³ (в местах высокой нагрузки он заменялся более прочным пенопластом плотностью 350 кг/м³), для склеивания использовалась смола «SraBond 340». Для полимеризации смолы корпус выдерживался в печи 10 ч при температуре 90° С. Готовый корпус был покрыт гелькоутом марки «CR 3400».

Увы, нам не удалось выдержать изначально заданные весовые характеристики в 1430 кг. Причиной этому

стал тяжелый X-Kiel в сочетании с его приводными механизмами. Покрашенная и полностью оснащенная яхта весила 1640 кг – на 210 кг больше запланированного. С одной стороны это выглядит очень большим просчетом конструктора – ошибка почти в 14%, с другой – такова плата за тяжелую (но эффективную) конструкцию X-Kiel, которая, напомним, не существовала вообще даже в виде идеи, когда мы приступали к проектированию яхты. Весь сложный механизм поворота киля и шверта вкупе с аккумуляторными батареями, необходимыми для привода электромотора, весит 265 кг, так что, остановившись мы на обычном неподвижном киле, напротив, превзошли бы проектные требования, уложившись в 1375 кг. (Кстати, не могу не отметить, что суммарный вес всех трех парусов, лат и закрутки стакселя составляет всего... 38 кг.)

Можно было бы, конечно, снять 100 или даже 200 кг с балласта. Уменьшение массы последнего благоприятно сказывается на ходе яхты в слабый ветер, но усложнило бы работу экипажа в условиях, когда ветер имеет скорость выше среднего. После размышлений приняли решение оставить изначально заданную массу балластного бульба без изменений – 700 кг, или 50% проектного водоизмещения.

В итоге – «SailOvation» построен. Мы затратили вдвое больше времени и гораздо больше средств на постройку яхты, чем планировали, но цели своей добились. Первые же испытания совсем еще не настроенной и необкатанной лодки летом 2006 г. показали следующее: при истинном ветре скоростью 6 м/с и практически ровном море яхта под большим геннакером (Code Zero) немедленно развила в полный бакштаг скорость в 7.5 уз, легко пройдя «горб сопротивления» (напомним, возникающий при скорости 7.4 уз). Дальнейшие

манипуляции с парусами заставили лодку развить скорость, равную скорости ветра – 12 уз! С вертолета, осуществлявшего фото- и видеосъемку в интересах многочисленных спонсоров, лодка казалась наконечником копья, стремительно несшимся по гладкой поверхности моря, оставляя за собой узкую белую полосу пены.

Ну и, наконец, мы свернули Code Zero и поставили обычный стаксель, приведя яхту к ветру. Пришла пора испытать лодку на остром курсе и... Без малейших проблем «SailOvation» вновь легко миновал «горб сопротивления» и развил скорость 8.4 уз на курсовом угле 58° к истинному ветру (вымпельный ветер при этом составил 44°), выйдя на глиссиро-

вание. Все получилось так, как мы и рассчитывали два года назад. «SailOvation» стал первой крейсерско-гоночной яхтой с приемлемыми условиями обитаемости (внутри есть четыре нормальных спальных места, столик, камбуз с мойкой и биотуалет), способной глиссировать на острых курсах!



От редактора

Несмотря на удачную реализацию поставленных перед конструктором задач, вряд ли можно считать «SailOvation» неким германским «вундерваффе под парусами». Известная поговорка аэродинамиков гласит, что с хорошим двигателем полетит и кирпич. Применительно к «SailOvation» это сводится, в конечном итоге (несмотря на все рассуждения ван Алена о требуемой силе тяги), к нехитрой и давно известной формуле: «Не менее 40 м² на тонну водоизмещения* – и мы глиссируем». Из таблицы ТТХ хорошо видно, что на остром курсе лодка как раз и располагает означенной энерговооруженностью. Наилучшим же образом весь потенциал яхты «SailOvation» проявляется в достаточно узком диапазоне скоростей ветра: от 6–7 до 12 м/с, при этом не является она и хорошим лавировщиком (что очевидно): высокая скорость на остром курсе отнюдь не равнозначна ни высокой скорости выхода на ветер, ни малому углу лавировки. Несколько вольно обращается конструктор и с термином

* Лучше бы, конечно, 50 м²/т. – Прим. ред.

«глиссирование» (в оригинале – *Gleitfähigkeit*), совсем забыв о существовании переходного режима.

Безусловно, все это ни в коей мере не умаляет заслуг конструктора, поставившего перед собой сложную техническую задачу и блистательно ее решившего. К тому же в процессе работы над яхтой были успешно преодолены многие теоретические и практические трудности, а родившаяся и воплощенная в металл идея Х-киля и вовсе должна быть отнесена к одним из самых замечательных изобретений в области парусного судостроения.

Публикуя эту статью, мы ставили своей задачей не только познакомить читателей с очень интересным проектом, но и приоткрыть завесу над «внутренней кухней» весьма неординарного конструктора, что, надеемся, может оказаться полезным и отечественным яхтенным проектировщикам. К сожалению, рамки журнала вынудили нас сурезно сократить интересный и познавательный рассказ Марка-Оливье ван Алена...

PETROTENT

ПРОИЗВОДСТВО ТЕНТОВ
ДЛЯ КАТЕРОВ И ЯХТ

*Больше времени
на воде!*

Санкт-Петербург, Морской яхт-клуб, наб. Мартынова, д. 92
т. (812) 972-6541, 948-1420, т/ф (812) 230-9793
petrotent@mail.ru, www.petrotent.ru

ПОРТ АРТУР

Максимум эффекта — оптимум затрат

KARNIC

SEA STAR

PORT ARTHUR PORT ARTHUR

STEYR MOTORS
INNOVATION MEET PERFORMANCE

дизельные двигатели

- широкий модельный ряд
- современные технологии
- экономичные и компактные
- экологичные

КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ

- материалы для тентов, обивки кают и мебели
- светильники и огни HELLA MARINE
- оборудование по каталогам
- OSCULATI
- VETUS
- MARITIM
- NUOVA RADE
- TELEFLEX
- BENNETT

(812) 322-38-91, 322-38-95
e-mail: info@portarthur.ru
www.portarthur.ru