

Проблема лишнего веса

Глава из книги о
строительстве яхты «Чава»
(см. «Кия» № 194)



Не доверяете проектировщику? Может быть, вы и правы: идите, ищите другого или проектируйте сами, но – не гробите мой проект своими улучшениями!

Конструктор Дадли Дикс

Каждому, кто участвовал в первом спуске новой лодки на воду, знакомо волнение: «Как она встанет на воде?». Бывает, что нанесенная на борту ватерлиния почему-то уходит под воду, хотя оборудование еще полностью не установлено, а припасы не загружены. Как минимум лодка получает заметный дифферент (чаще всего – на корму).

Иногда это связано с ошибками проектирования, но гораздо чаще основной причиной является разница в подходах проектировщика и строителя.

Проектировщик пытается найти баланс противоречивых требований и создать в соответствии с ними оптимальное судно – «яхту мечты», и потому он вправе рассчитывать, что строитель будет воплощать проект в реальности в точном соответствии с его расчетами, не добавляя ничего от себя.

Строитель (особенно, если речь идет о круизной лодке) часто исходит из других соображений и порой перегружает лодку бесполезным весом. Это касается не только самостройщиков, хотя они – самые злостные нарушители. Подобным образом поступают также многие профессионалы, исходя

из благих, но необдуманных намерений. Причем часто это происходит в сговоре с заказчиком, а то и под его давлением: «Набор выглядит хлипко, давай-ка усилим сечения. Двигатель слабоват для такого корпуса, нужно поставить в два раза мощней и передвинуть его под кокпит – там пропадает масса свободного места. Такелаж поставим на размер больше. Хотелось бы и площадь парусов увеличить, а перо руля – это разве перо? – добавим площади и переделаем на полубалансирный...». Это, кстати, не фантазии, а реальные комментарии местных специалистов, изучавших чертежи моей лодки.

Достаточно странное решение: привлечь специалиста для проектирования или приобрести готовый типовой проект, а потом, не доверяя конструктору, увеличивать сечения набора, не обращая внимания на превышение веса, ставить тяжелое оборудование, не предусмотренное проектом, а потом удивляться результатам. Причем хорошо зная, что «согнуть» вес перегруженной лодки после постройки в большинстве случаев не удастся, это – навсегда.

Гораздо продуктивней пытаться использовать любую возможность для

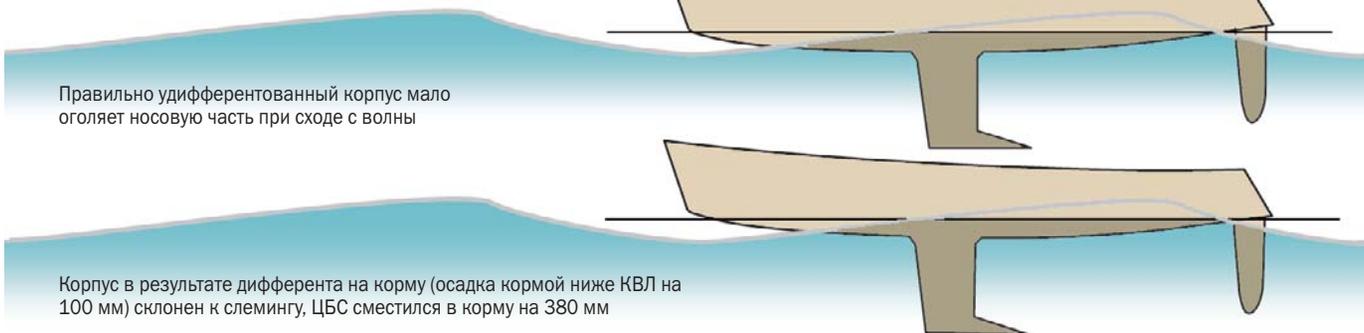
снижения веса конструкции. Из мелочей складываются сотни килограммов. После спуска на воду это окупится сторицей, лодка будет изящней выглядеть на воде, пойдет быстрее, позволит больше нагрузить себя.

Корпус из фанеры. Если говорить о яхте, спроектированной для высоких скоростей, то всемерное облегчение конструкции особенно важно. Легкая лодка требует меньше времени для разгона и раньше выходит на глиссирование, она покажет лучшую среднюю скорость на крейсерском переходе. Например, яхта проекта «Didi 38» способна при подходящем ветре идти со скоростью более 20 уз. Чтобы корпус получился очень легким, используют довольно тонкие листы фанеры, вырезают, где возможно, отверстия для облегчения, используют в качестве структурных элементов внутреннюю обстройку, вплоть до шкафчиков и полочек, закрепляя соединения эпоксидными галтелями. В жертву скорости, как правило, приходится приносить комфорт и роскошь отделки.

Если лодка строится преимущественно для крейсерства, толщины обшивки бывает целесообразно увели-

МАСТЕРСКАЯ

Схема, иллюстрирующая поведение корпуса с малой осадкой на легком встречном волнении



Правильно удифференцованный корпус мало оголяет носовую часть при ходе с волны

Корпус в результате дифферента на корму (осадка кормой ниже КВЛ на 100 мм) склонен к слемингу, ЦБС сместился в корму на 380 мм

Пример

Расчет веса фанеры, использованной в интерьере яхты «Чава». Фанера ФСФ с уд. весом 0.62

Толщина, мм	Вес листа, кг	Использовано листов	
		Кол-во штук	Общим весом, кг
15	28	12	336
12	22	8	176
9	17	32	544
6.5	12	10	120
5.2	9.6	10	96
Итого: 1272			

С учетом 10% отходов расход использованного материала – 1145 кг. Я не думаю, что отходов было больше – практически все обрезки пошли в дело. При использовании морской фанеры из окуме с удельным весом 0.37 расчетный вес фанеры, использованной в интерьере, составит всего 683 кг.

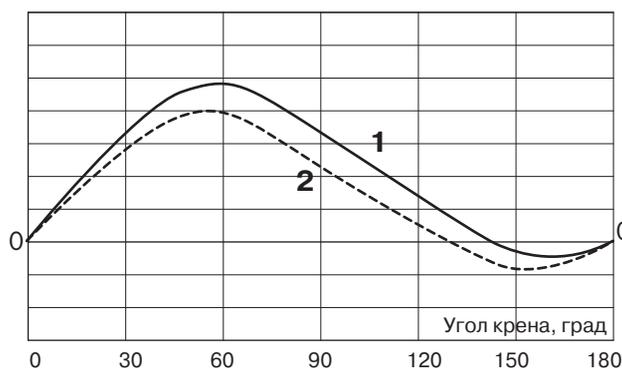
чить для повышения безопасности и долговечности. А вот на гоночных яхтах применение более тяжелых сортов фанеры, чем предусмотренные проектом, может существенно ухудшить скоростные характеристики. Особенно это будет заметно на больших корпусах.

В качестве примера возьмем проект «Didi 38» (прототип линии «Didi»). В расчетах и при постройке лодки была использована морская фанера из древесины окуме (габун) с плотностью около 400 кг/м³. Вес фанеры в корпусе составляет около 600 кг и в составе интерьера – 150 кг. Если вместо этой фанеры при постройке будет использована березовая ФСФ с теми же толщинами, то при прочих равных весовых составляющих, избыточный вес будет 375 кг, лодка при этом сядет на 2 см глубже. Вес лишних пяти мужиков, конечно, кое-что значит для победы в гонках яхт ULDB. В то же время стоит учесть, что наша фанера значительно прочнее, чем из окуме, а лодка при заметно возросшей прочности обшивки, тем не менее, останется очень хорошим ходоком. Если лодка будет строиться из качественной ФСФ, а строитель будет добиваться минимального веса, то толщину листов можно уменьшить на треть: вес корпуса будет лишь немного (на 80–90 кг) превышать проектный при сохранении проектной прочности.

Стальной корпус. Сталь дает неверное ощущение, что «лишняя» сотня

Сравнение диаграмм статической остойчивости «Didi 38».

1 – парусное вооружение в соответствии с проектом; 2 – «тяжелое» вооружение (вес+40%)



Из сравнения диаграмм видно, что в результате установки «тяжелого» рангоута и такелажа угол заката уменьшился от 142 до 129°. Площадь положительной ветви диаграммы, характеризующая работу, которую необходимо совершить для переворачивания лодки, уменьшилась на 25%, а отношение площадей положительной и отрицательной части диаграммы уменьшилось от 39 до 11.

килограммов при 12 т водоизмещения ничего испортить не сможет. Это неверно. Такой корпус и без того чаще всего бывает перегружен из-за избыточной конструктивной прочности, поэтому здесь жесткий контроль особенно необходим. Например, коэффициент осадки проекта «Hout Vay 40» – 235 кг/см, т. е. для того, чтобы лодка села в воду ниже ватерлинии на 1 см, достаточно добавить к ее водоизмещению 235 кг. Это значит, например, что замена сечения стрингеров 40×6 на 40×8 мм (просто из-за того, что полоса 40×6 слишком гибкая, и ее неудобно монтировать, не имея достаточного опыта), приведет к тому, что корпус сядет в воду на 0.5 см ниже. Еще пример? Достаточно увеличить толщину стального листа кокпита с 3 до 4 мм, и корма сядет еще на 0.5 см.

Интерьер. Материалы отделки интерьера могут быть основной причиной избыточного веса. Попробуем оценить масштабы проблемы на примере интерьера «Hout Vay 40». Российская березовая фанера ФСФ тяжелее и прочнее предусмотренной проектом фанеры из легкой древесины габун; в результате ее применения при тех же толщинах проектный общий вес интерьера (около 700 кг) будет превышен примерно на 300–400 кг. Кроме того, у строителя часто возникает желание улучшить интерьер, сделав фанеровку панелей, поставить настоящие деревянные пайолы, доходит даже до кафеля в гальюне. К

примеру, обычные пайолы из фанеры толщиной 12 мм весят около 70 кг. «Облагороженные» пайолы, с наклеенными на фанеру листовыми рейками добавляют внеплановых 40–50 кг. А если использовать в качестве пайолов дубовый массив толщиной 20 мм, это будет еще красивее, но весить эта красота будет не меньше 150 кг. Так что в первом случае превышение веса – больше 50%, во втором – все 100%. Фанеровка переборок шпоном благородных пород также обычно приводит к увеличению веса конструкций на 20–40%. Поэтому не стоит удивляться, обнаружив после сборки интерьера лишние полтонны в «подкожном» запасе лодки.

Рангоут. Не стоит превышать и проектный вес рангоута. Если в проекте четко указаны параметры мачтового профиля и он доступен, вопросов не возникает. Если же придется подбирать профиль из доступных в продаже, то сравнение профилей подобной формы и со сходными моментами инерции даст, скорее всего, одинаковый вес, но подбор только по моментам инерции может удивить результатами. К примеру, мачтовый профиль с большими размерами сечения и тонкой стенкой может оказаться заметно легче, чем профиль меньших размеров с толстой стенкой, при одинаковых моментах инерции.

Дикс приводил пример, когда один из его проектов был оснащен мачтой с весом, в полтора раза превышающим

проектный, что заметно ухудшает остойчивость и способность яхты идти в бейдевинд. Исправить эту проблему можно было только одним путем – заменив мачту.

Когда в проекте указан лишь момент инерции, можно лишь догадываться (если нельзя спросить проектировщика), профиль какого производителя был использован для расчета. Обычно мачты для круизных лодок спроектированы с большим запасом прочности, так что подходящий доступный профиль может иметь момент инерции даже меньше проектного, при этом Дикс считает возможным такое уменьшение вплоть до 15%. Одна из лодок по его проекту была вооружена мачтой с моментом инерции, заниженным на 40% по сравнению с расчетным. Тем не менее эта яхта прошла много миль, и мачта все еще стоит.

Многие считают нужным при вооружении новой яхты, увеличивать прочность стоячего такелажа. Как и мачты, проектный такелаж обычно уже имеет большой запас прочности, и такая мера лишь увеличит его стоимость и ухудшит остойчивость.

Поведение корпуса в условиях волнения моря. Избыточный вес корпуса, тяжелые элементы оборудования создают больше проблем, если расположены ближе к оконечностям корпуса, чем в районе миделя. «Тяжелые» оконечности уменьшают качку на легком волнении моря, но в любых других условиях увеличивают ее амплитуду с замедлением продвижения по курсу. При этом высокий рангоут быстро перемещается вперед и назад, а направление вымпельного ветра, действующего на паруса, меняется резко и в широких пределах. Скорость даже становится отрицательным фактором, когда топ мачты двигается в корму быстрее, чем дует ветер.

Сходные проблемы возникают и под водой – в районе фальшкиля и руля. При этом становится невозможным построить эффективную работу парусов и приходится брать рифы, чтобы уменьшить качку и поддерживать движение в бейдевинд. Облегченные современные корпуса, так же как и корпуса с низким призматическим коэффициентом (с острыми оконечностями в подводной части), будут страдать больше из-за загрузки оконечностей, чем тяжелые лодки с полными оконечностями.

Перемещение и замена тяжелого оборудования. Приведем примеры и комментарий от Дикса:

«У меня была ситуация, когда я спроектировал размещение генератора

в районе миделя 45-футовой лодки, а владелец потом решил передвинуть генератор на 6 м в корму. В результате лодка получила дифферент, и транец опустился на 40 мм.

На другой 45-футовой лодке решили заменить двигатель мощностью 51 л.с. на новую модель мощностью 85 л.с. Старый двигатель весил 220 кг, новый – 519 кг. Лишние 300 кг посадят лодку глубже на 10 мм и придадут ей заметный дифферент на корму. Можно принять, что превышение осадки на 10 мм допустимо в качестве компенсации за увеличение мощности двигателя. Сложность в том, что те же 10 мм уже добавятся в результате лишнего веса, спрятанного в наборе машинного отсека. Вероятно, придется добавить еще 30 мм – за счет перегрузки массивными деталями интерьера, еще 10 мм – за счет установки дополнительных аккумуляторных батарей и еще 20 мм, которые возникают неизвестно откуда, потому что никто не борется с превышением веса. Теперь наша новая лодка сидит в воде глубже на 80 мм, а поскольку аккумуляторы расположены в корме, корма сядет еще на 50 мм больше. Ваша ватерлиния в корме уже «утонула», потому что была нанесена только на 100 мм выше проектной, а до нормальной загрузки еще далеко. А как быть с появлением не предусмотренной в проекте надувной лодки и подвесника в 40 л.с., которые вполне можно затолкать в ахтерпик?»

Один из строителей «Didi 40сг» в России решил заменить дизель на более мощный и переместить его под кокпит, привычно разместив сразу за сходным трапом. Расчеты показали, что простое перемещение предусмотренного проектом дизеля «Yanmar» в корму приведет к дифференту на корму около 25 мм.

В случае установки дизеля «Volvo MD2040» с ногой «сэйлдрайв» в район миделя лодка должна была сесть в воду глубже на 6 мм и получить лишь небольшой дифферент на корму. Если тот же агрегат весом больше 200 кг установить в корме, лодка получит дифферент около 50 мм, причем носовая часть поднимется из воды. Для скоростного корпуса с неглубоким входом форштевня это довольно критично, в результате яхта станет заметно хуже вести себя на острых курсах.

Проектировщик не дал одобрения на перемещение двигателя, обосновав это следующим образом: «Корпус не имеет в корме достаточного водоизмещения для размещения дополнительного оборудования. Обводы спроектированы с плоским днищем в корме для обеспечения высокой скорости. Чтобы размес-

тить двигатель в корме, обводы должны быть изменены: их нужно сделать более полными, что отрицательно скажется на скорости под парусами. Корпус уже построен, поэтому двигатель должен быть установлен в соответствии с проектом».

Ситуация, в некоторой степени подобна описанной выше, получилась и у меня. Лодка села в воду с дифферентом на корму около 50 мм. Это было результатом установки более тяжелого двигателя и одновременно использования березовой фанеры вместо окуме. При взвешивании краном лишний вес составил около 1000–1100 кг по сравнению с проектным водоизмещением. Примерно 800 кг легко вычисляются: это около 400–500 кг лишнего веса интерьера и 300 кг за счет двигателя, а вот остальные 200–300 кг возникли «ниоткуда». Примерно понятно, что они «размазаны» по набору и обшивке. Например, когда я при постройке выборочно измерял толщину 4-миллиметровых листов обшивки, она составляла от 4.1 мм до 4.3 мм. Толщина флоров при проектной толщине 6 мм составляла от 6.2 до 6.5 мм, и так везде. Лодка получилась немного прочней и увесистей, чем предполагалось. К сезону 2006 г., после замены двигателя и реверс-редуктора, около 300 кг лишнего веса было удалено, корма заметно всплыла, дифферент теперь близок к проектному.

Нужно сказать, что яхта, имеющая сравнительно большое водоизмещение, более терпимо относится к его превышению, ее поведение в море меняется в меньшей степени. Это важно для яхт, предназначенных для длительных переходов. Они должны нести запасы провизии, воды и топлива, которые добавляют тонны водоизмещения, так же как и дополнительное оборудование, не предусмотренное проектом. Петр Музик из ЮАР, владелец яхты, построенной по проекту «Shearwater 39», сообщил в своем письме: «Наше водоизмещение сейчас 13 т, т. е. мы имеем 3 т перегруза! При этом лодка при длине по ватерлинии 33 фута обгоняет многих 44-футовиков, наш худший суточный переход – 118 миль, а лучший – 220 миль. Средняя скорость – 150 миль в сутки... Дадли Дикс действительно проделал хорошую работу...»

Круизная яхта будет перегружена в любом случае. Никто не пойдет в дальний поход в пустом корпусе. Но чем строже мы будем относиться к себе и к лодке при постройке, тем проще будет разместить впоследствии все необходимое, не потеряв в скорости и в мореходных качествах.