

› Александр Кузнецов, Дизайн-группа «АЛА»  
Анатолий Кузнецов, Национальный университет кораблестроения Украины

# Как заставить глиссировать тяжелую моторную яхту



*С точки зрения проектировщика, создание современной моторной яхты с возможностями экспедиционного судна – это достаточно сложная и противоречивая проблема. Использование такого судна в первом качестве требует обеспечения комфорта, проработанных до мелочей интерьеров и, конечно, скорости. Крайне необходим режим глиссирования, особенно для краткосрочных выходов с четко регламентированным временным графиком. Для второй ипостаси такой яхты гораздо важнее автономность и дальность плавания без дополнительных бункеровок. Кроме того, экспедиционное судно начинает претендовать на «всепогодность», поэтому такие параметры, как устойчивость на курсе и повышенная остойчивость, в том числе и на циркуляциях на полном ходу, являются очень существенными. Если проблема с водой решается установкой опреснителя, то топливо надо возить с собой в полном объеме. Повышенная остойчивость требует достаточной ширины, резко увеличивающей сопротивление движению. На первый взгляд – замкнутый круг: или избыточная мощность двигателей и дальнейшее увеличение запасов топлива, или отказ от глиссирования вообще.*

Такое противоречие возникло и при создании моторной яхты «Whaller» (проект НКИ 108). Разрешить его удалось не совсем обычным для прогулочного судостроения способом.

Теория гидродинамической разгрузки разработана давно, но применяется в основном в военном кораблестроении. Физика явления проста. Подводное крыло, расположенное в центре тяжести судна, способно создать подъемную силу, компенсирующую избыточное водоизмещение, и тем самым облегчить выход на режим глиссирования. Практическое воплощение этого принципа гораздо сложнее. Существует целый ряд проблем, которые должны быть решены достаточно корректно.

**1.** В процессе эксплуатации судна положение центра тяжести (ЦТ) изменяется по длине. Расходуется топливо, вода, изменяется полезная нагрузка – как по величине, так и по расположению в пределах длины судна. Если при каком-либо реальном варианте нагрузки точка приложения подъемной силы разгрузочного крыла будет расположена в корму от ЦТ, то

дельфинирование неизбежно. Значительное опережение точки приложения подъемной силы относительно ЦТ будет приводить к существенному увеличению сопротивления за счет дополнительного кормового дифферента. Поэтому абсолютно необходимыми являются контроль фактического расположения ЦТ по длине судна и прогноз его изменения при всевозможных вариантах нагрузки. Точнее всего это можно осуществить контрольным взвешиванием с применением траверсы и двух динамометров или контрольной постановкой судна на воду с замером фактической посадки. В результате по данным замеров и прогноза (перебор возможных вариантов с расчетами положения ЦТ) получаем возможные крайние носовое и кормовое положения ЦТ. Положение по длине центра площади подводного крыла в плане должно соответствовать крайнему носовому положению ЦТ.

**2.** Должны применяться профили крыла и стойки, эффективно работающие вблизи поверхности воды, а кроме того, эти профили должны успешно бороться с кавитационными процессами, т.е. быть суперкавитирующими. По рекомендации старшего научного сотрудника Института гидромеханики НАН Украины В. Мороза для крыла «Whaller» был применен профиль Вальхнера № 11 (рис. 1), а для стоек – супер-

кавитирующий симметричный профиль с уступом на входящей кромке, наиболее просто обеспечивающий режим вентиляции поверхности в широком диапазоне скоростей хода (рис. 2).

**3.** Геометрия разгрузочных крыльев должна обеспечивать минимальный ущерб в случае столкновения с плавающими и ползатонущими предметами и наездами на браконьерские сети. Наиболее просто эта задача решается за счет скоса входящих кромок крыла и стойки в корму судна (рис. 3).

При задании геометрии крыльевой системы необходимо учитывать ходовой дифферент судна. Для данного судна он составляет  $1.5^\circ$  в корму, поэтому крыло установлено с  $1.5$ -градусным отрицательным углом.

Крыло не должно выходить за габариты выступающих частей корпуса – таких, например, как килевой плавник, иначе в реальной эксплуатации оно становится слишком уязвимым. Дополнительно следует учитывать необходимость введения в конструкцию крыльевой системы «слабых» элементов, находящихся за пределами корпуса судна. Проще говоря, при столкновении с препятствием крылья должны ломаться за пределами корпусных конструкций. В нашем случае это было достигнуто за счет уменьшенного сечения стойки у входа в корпус и сечения крыла у пятки, а также двух монтажных сварных швов у пятки и на стойке.

**4.** Размеры подводных крыльев определяются прежде всего потреб-



Рис. 2. Суперкавитирующий профиль стойки. Оптимальное отношение  $c/b = 0.15$ , но этот показатель корректируется по условиям прочности и устойчивости стойки

Рис. 1. Профиль Вальхнера № 11

$x/b$	0	0.025	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	1.0
$y_b/c$	0.236	0.49	0.588	0.715	0.807	0.877	0.965	0.994	1.00	0.968	0.858	0.678	0.420	0.261	0.034
$y_n/c$	0.236	0.058	0.022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.034

#### Основные данные моторной яхты «Whaller»

Длина наибольшая, м	16.30
Ширина, м	4.8
Осадка, м	1.33
Высота борта, м	2.68
Водоизмещение, т	26.7
Материал корпуса	Легкий сплав АМг6, АМг61
Макс. скорость, уз	29
Объем, л: – топливных танков – водяных танков	2100 300
Производительность опреснительной установки, л/ч	75–100
Дальность плавания по запасам топлива, морск. мили	1000
Мощность двигателей, л.с.	2x715
Проектант	Дизайн- группа «АЛА»
Строитель	Яхт. верфь «Навигаль»

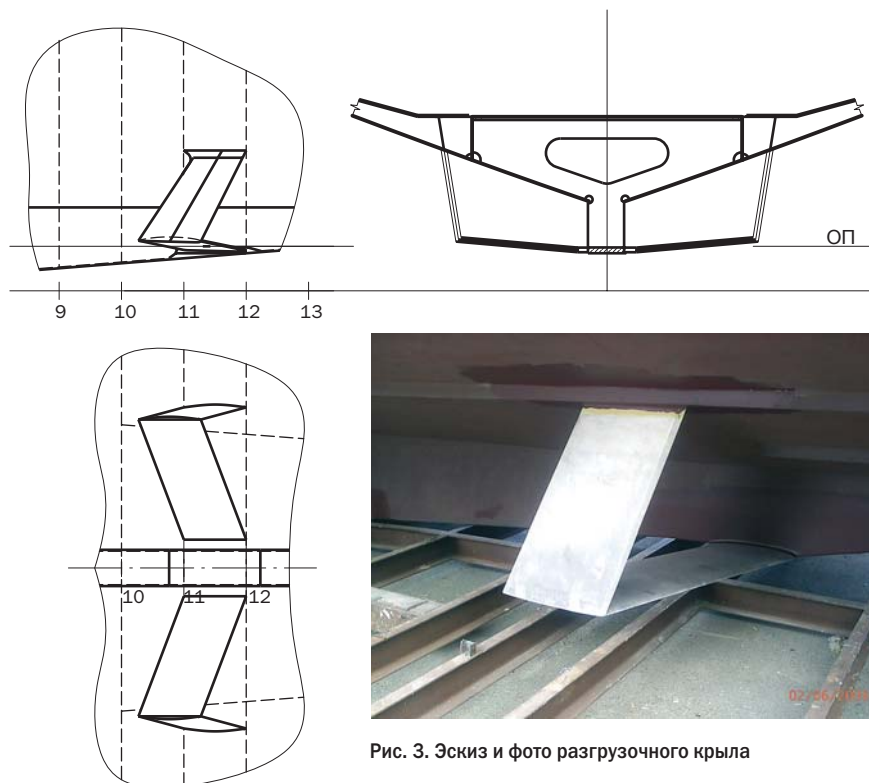
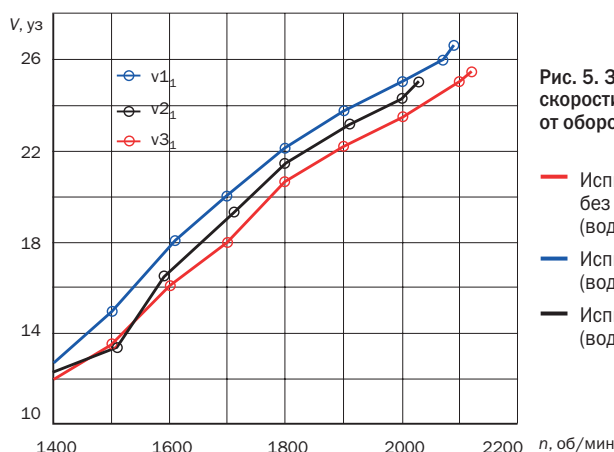
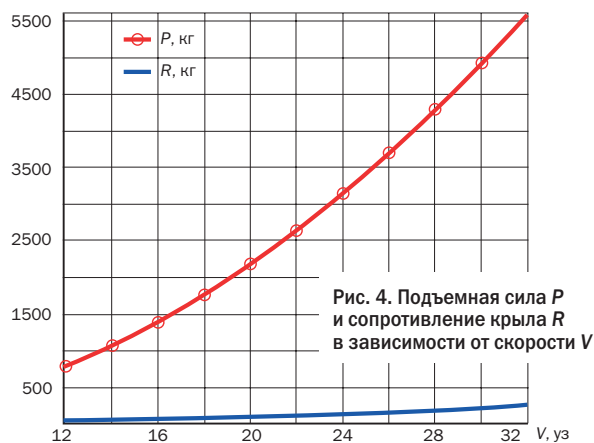


Рис. 3. Эскиз и фото разгрузочного крыла



ной подъемной силой. Для крыльевой системы «Whaller» ставилась задача обеспечить максимальную разгрузку по длине крыла подъемной силой (сопротивлением крыльев и стоек можно пренебречь). Для расчета прочности лучше всего использовать стандартные программы расчета методом конечных элементов, но достаточно достоверные результаты можно получить и с использованием обычной стержневой модели. Для данной конфигурации системы крыло необходимо считать на продольный изгиб в вертикальной плоскости с учетом жесткого защемления у ДП и свободного опирания у стойки. Стойка рассчитывается на устойчивость с учетом жесткого защемления в корпусе.

**5.** При выборе размеров разгрузочных крыльев следует помнить о существующих ограничениях – прежде всего прочности крыльевой системы. Применение конкретного профиля для крыльев и стоек при назначении величины хорды задает толщину профиля и его сечение. Таким образом, максимально возможная длина крыла определяется прочностными характеристиками материала крыльевой системы.

Прочность системы проверяется на действие равномерно распределенной по длине крыла подъемной силы (сопротивлением крыльев и стоек можно пренебречь). Для расчета прочности лучше всего использовать стандартные программы расчета методом конечных элементов, но достаточно достоверные результаты можно получить и с использованием обычной стержневой модели. Для данной конфигурации системы крыло необходимо считать на продольный изгиб в вертикальной плоскости с учетом жесткого защемления у ДП и свободного опирания у стойки. Стойка рассчитывается на устойчивость с учетом жесткого защемления в корпусе.

Ходовые испытания, проведенные до и после установки разгрузочной системы, показали, что первоначальные концепции, заложенные в проект, реализованы полностью. Судно абсолютно устойчиво на курсе даже при боковой волне. Циркуляция на полном ходу не вызывает заметного крена. Поворотливость и маневренность позволяют проводить швартовные операции в очень стесненных условиях.

На рис. 5 показаны зависимости скорости хода от оборотов двигателей для трех вариантов испытаний. Приводим фото, иллюстрирующие движение яхты на полном ходу (рис. 6). Испытания проводились с «тяжелыми» винтами, и номинальные режимы работы двигателей (2300 об/мин) достигнуты не были. Согласно прогнозу фирмы-изготовителя винтов «VT Marin», сделанному на основе имеющихся результатов испытаний для заказанных новых винтов при тех же водоизмещениях 25.5 и 26.7 т – расчетные значения максимальной скорости с учетом разгрузки составляют 29 и 27.5 уз.

Мы несколько не сомневаемся, что задачи подобного характера будут возникать при создании моторных яхт все чаще и чаще. Стремление разместить на современной яхте все, что облегчает жизнь и радует душу, не преодолеть. Но выход есть. Компромисс между водоизмещающим и глиссирующим режимами движения, достигнутый на этом судне, служит тому подтверждением. **≡**

**ALBATROSS MARINE DESIGN**  
 Проектирование и дизайн малых судов, яхт и катеров  
 Консультации и сюрвей  
 Международный менеджмент яхтенных проектов

**'ALBATROSS MARINE DESIGN CO., LTD.'**  
 131/46 M12 Soi Chaipayruek, Nongprue, Banglamung, Chonburi 20260 THAILAND Phone/Fax: +66 38236124  
 Web: www.amdesign.co.th E-mail: info@amdesign.co.th

