

Глиссирующий не по правилам

МОРЕХОДНЫЙ КАТЕР ЭРБИЛА СЕРТЕРА

Впервые увидев маленький снимок этого катера в одном из английских журналов, мы никак не могли понять, почему в краткой подписи к фото упоминается “вогнутое” днище, улучшающее условия выхода на глиссирование. Мы видели отгиб вниз килевой линии в носу, видели низко опущенную нижнюю скулу и высоко поднятую верхнюю скулу, видели необычную для катера форму форштевня. Было понятно, что это — усовершенствование носовых обводов для хода на волнении. Но при чем тут глиссирование?

На эти вопросы отвечает наш постоянный автор, инженер-кораблестроитель из катерного ЦМКБ “Алмаз” Вячеслав Васильевич Зубрицкий.

Достаточно посмотреть на приведенный эскиз Э. Сертера, чтобы понять, что он называет “вогнутым” днищем.



Экспериментальный катер “Е-7Х”

Глиссировать можно по-разному, в том числе и “не по правилам”... Именно так считает известный английский инженер-кораблестроитель Эрбил Х. Сертер (Erbil H. Serter)*, досконально изучивший проблемы обеспечения мореходных качеств высокоскоростных судов, и доказывает это утверждение многолетними исследовани-

ями. Но подробнее мы остановимся на этом несколько ниже, а для начала вспомним об основных проблемах, связанных с процессом глиссирования.

Глиссирующим принято считать такое судно, у которого поддержание не менее половины веса приходится на гидродинамическую подъемную силу, создаваемую за

счет формы соприкасающихся с водой участков корпуса при его движении. Остальная часть веса поддерживается силами плавучести. На гоночных спортивных катерах доля гидродинамической подъемной силы в поддержании веса судна может достигать 95%.

Скорость выхода судна на режим глиссирования зависит от формы обводов днищевой части корпуса, мощности двигателей и характеристик движителей. Обычно разгон судна перед выходом на режим глиссирования сопровождается возрастанием угла атаки днищевой поверхности, притапливанием кормы, интенсивным брызгообразованием и временным резким повышением сопротивления, отражающимся на графиках в виде так называемого “горба” кривой сопротивления.

Устойчивое движение в режиме глиссирования, когда сопротивление воды снижается благодаря существенному сокращению смоченной поверхности корпуса и уменьшению затрат мощности на волно-

* Эрбил Х. Сертер — член Королевского Института Морских Инженеров (RINA), член Королевской Академии Наук (RAS) Великобритании в настоящее время работает в фирме, занятой гидромеханическими исследованиями (Hydro Research Systems). Более четверти века посвятил решению проблем обеспечения высоких мореходных качеств скоростных судов, проведя свыше 1000 испытаний моделей в опытовых бассейнах и десятков самоходных моделей в открытом море. С учетом его рекомендаций по усовершенствованию формы корпусов с обводами “глубокое V” были спроектированы скоростные пассажирские паромы, строившиеся на верфях Франции, Италии и Германии, а также патрульные катера, строившиеся на французской верфи “CMN”. Автор многих работ по теории глиссирования судов, автор ряда изобретений по совершенствованию форм корпуса скоростных судов, а также оригинальных предложений по развитию класса скоростных боевых кораблей будущего. Разработанные им обводы корпуса предполагалось использовать на катере нереализованного проекта “Atlantic Sprinter”, рассчитанного на завоевание Голубой ленты — пересечение Атлантического океана за 50 часов.

Сертер — автор капитального труда “Hydrodynamics and Naval Architecture of Deep-Vee Hull forms”. По его проектам построен ряд интересных катеров (например, один из первых скоростных ракетных катеров с корпусом “глубокое V” — “SAAR-35”).

Одна из его статей, посвященных исследованию новых форм корпуса скоростных судов, имела многозначительный заголовок: “Неправильно глиссирующие судовые обводы?”

образование, поддерживается грамотным размещением центра тяжести судна (так называемой “центровкой”), правильным выбором формы глессирующей поверхности и характеристик движителей, а также использованием управляемых транцевых плит или интерцепторов, регулирующих ходовой дифферент.

Для быстрого преодоления глессирующим судном режима разгона желателен снабжать его гребными винтами с регулируемой тягой. Для преодоления “горба” сопротивлению используют двухскоростные редукторы, муфты “проскальзывания”, винты регулируемого шага, вентилируемые (частично погруженные) винты, регулирование дифферента за счет создания гидродинамических усилий или “пересцентровки” катера смещением по длине грузов (жидкого балласта, топлива, экипажа и др.).

Чрезвычайно серьезной проблемой для создателей глессирующих судов является возможность поддержания ими высокой скорости на взволнованной водной поверхности. Известно, что при выходе в море или крупные озера нельзя рассчитывать на отсутствие волнения, а движущееся по волнам на большой скорости глессирующее судно будет испытывать тяжелые удары о воду (слемминг) при встречном волнении, забрасывание кормы (брочинг) и рыскание при попутном волнении или при ходе косым курсом к волне. Удары о волну и зарывание в нее, сопровождающееся сильным брызгообразованием, обычно резко понижают скорость хода судна, могут нанести повреждения его корпусу и оборудованию, создают труднопереносимые условия для экипажа и пассажиров.

Преодолеть эти трудности в значительной мере удается при использовании на глессирующих корпусах обводов днища типа “глубокое V”, т.е. днища с килеватостью 20-27°, простирающейся, как правило, от миделя до транца. Появившиеся в конце 50-х годов прошлого века обводы этого типа позволили существенно повысить мореходные качества скоростных судов, по сравнению с глессирующими корпусами традиционных форм, килеватость днища которых снижалась по мере приближения к транцу до 5-9°, а то и до 0°.

Килеватое днище при снижении качества глессирования на тихой воде обеспечивает демпфирование ударов при соприкосновении корпуса со встречной волной и лучшее удержание судна на курсе при ходе на взволнованной поверхности.

Только с появлением обводов “глубокое V” сделались регулярными соревнования высокоскоростных катеров класса “оффшор” в открытом море и стали возможными рекордные трансокеанские переходы катеров со средними скоростями около 50 узлов (“Gentry Eagle”, “Atlantic Challenger”, “Destriero”).

Сегодня практически на всех скоростных однокорпусных судах (в том числе и на полуглессирующих и на водоизмещающих) используют остроскульные обводы с днищем типа “глубокое V”, поскольку именно они обеспечивают наилучшую мореходность. Чтобы убедиться в этом, достаточно изучить приобретенный западноевропейскими судостроителями десятилетний опыт постройки и эксплуатации крупных автомобильно-пассажирских паромов, развивающих среднерейсовые скорости до 40-45 узлов.

Дальнейшее развитие скоростных мореходных плавсредств как для коммерческого судоходства, так и для военно-морских флотов и служб береговой охраны, заставляет исследователей искать пути совершенствования обводов корпусов и пульсивных систем.

Несомненный интерес представляют исследования, проводимые в течение ряда последних лет представленным в начале статьи инженером Э.Х. Сергером.

С середины 90-х годов он отрабатывает испытаниями моделей серии 7X обводы остроскулового глессирующего корпуса с днищем типа “глубокое V”, “вогнутым” в продольном направлении. Кормовые участки батоксов, включая килевую линию, плавно отгибаются вниз по мере приближения к транцу, оставаясь параллельными один другому. Носовой участок килевой линии также приспущен от плоскости статической ватерлинии. Эти отгибы вниз

носа и кормы и создают упомянутую “вогнутость” на виде корпуса сбоку.

Корпус имеет две острые скулы. Одна — со встроенным брызгоотбойником — простирается на всю длину корпуса, поднимаясь в носовой оконечности по S-образной траектории почти до уровня верхней палубы. Вторая — ограничена по длине носовой оконечностью и характеризуется пологим подъемом над плоскостью ватерлинии. Форштевень отличается резким изломом профиля в районе пересечения с нижней скулой. При этом нижний участок форштевня имеет лишь небольшое отклонение от вертикали.

Основная особенность предлагаемых Э. Сергером обводов состоит в том, что они обеспечивают выход на режим полного хода с частично приподнятым, благодаря действию гидродинамических сил, корпусом, практически без изменения ходового дифферента и длины действующей ватерлинии катера, тогда как на глессирующих катерах с традиционной формой обводов при выходе на режим полного хода длина действующей ватерлинии резко сокращается.

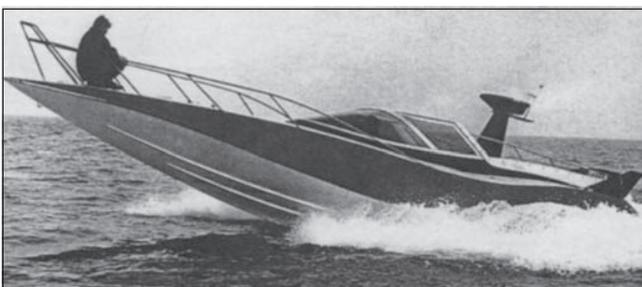
Сохранение длины действующей ватерлинии позволяет пользоваться при сравнении параметров сопротивления различных размеров геометрически подобных корпусов числом Фруда, отнесенным к длине (Fr_L)*, тогда как для обычных глессирующих корпусов для этого используют число Фруда, отнесенное к корню кубическому из объемного водоизмещения.

Первые сообщения о результатах испытаний новых обводов “вогнутого” корпуса появились в 1994 г.

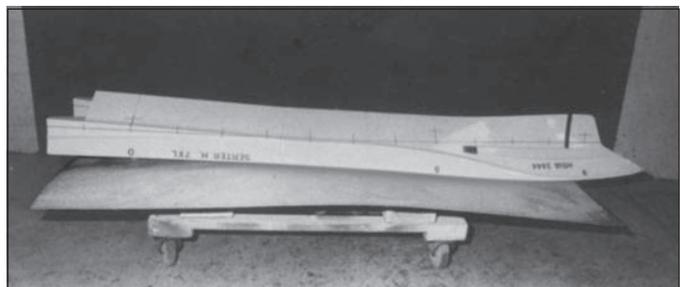
Буксировочные испытания несамходных моделей серии 6X проводились в Гамбургском опытовом бассейне в 1988-1991 гг. и завершились постройкой 8-метровой самоходной модели.

В дальнейшем там же были проведены буксировочные испытания моделей серии 7X применительно к скоростным судам разной длины (от 20 до 65 м). На фотографиях, сделанных в ходе этих испытаний, можно видеть, что ходовой дифферент

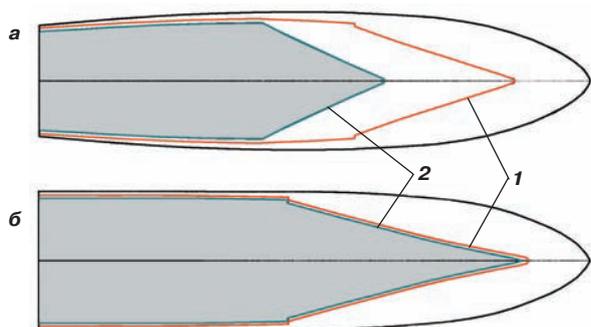
* $Fr_L = 0.514Vs / \sqrt{g \times L} = 0.1645Vs / \sqrt{L}$, где Vs — скорость в узлах, L — длина КВЛ в метрах.



На фото показан момент преодоления “горба” сопротивления при выходе обычного морского катера на режим глессирования. Отмечается сильное волнообразование и увеличенный ходовой дифферент, снизить который пытается один из членов экипажа катера. При ходе на волнении неизбежны сильные удары днищем носовой части.

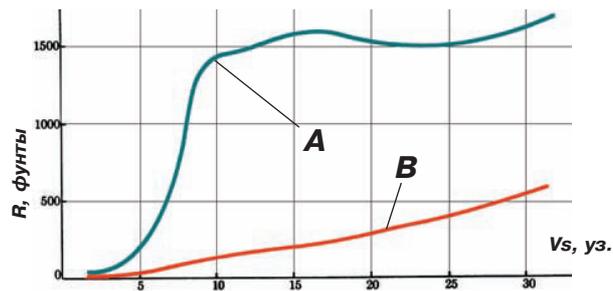


Модель серии 7X, испытания которой проводились Э. Сергером в 1993-1994 гг. в Гамбургском опытовом бассейне HSVA. Модель перевернута вверх килем. Хорошо видны “вогнутость” килевой линии, форма скул и форштевня.



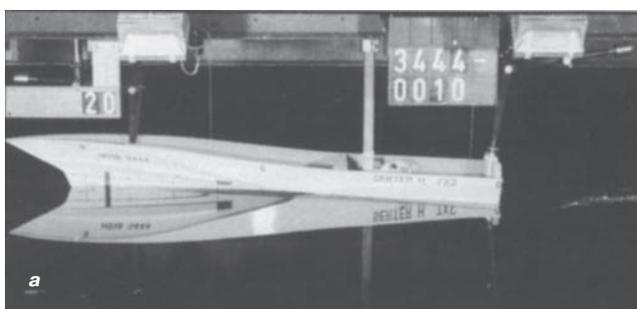
Изменение длины действующей ватерлинии на глиссирующем катере: “а” — с традиционной формой корпуса и “б” — на катере с обводами Э. Сертера. Естественно, что число Фруда будет ниже у варианта “б”, что приводит к снижению общего сопротивления.

1 — статическая ватерлиния,
2 — ватерлиния на максимальной скорости

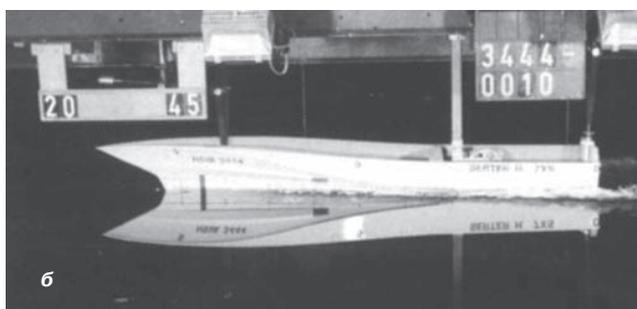


Рост составляющих сопротивления R с увеличением скорости хода V_s типичного глиссирующего катера.

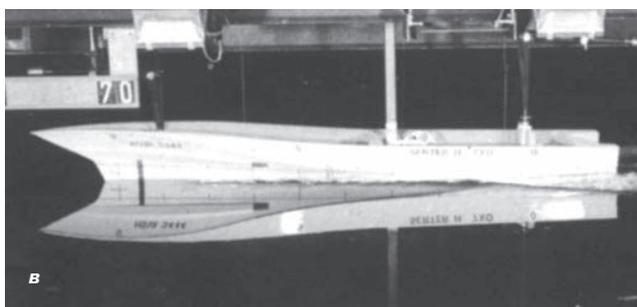
A — остаточное сопротивление (волновое и индуктивное);
B — сопротивление трения. Из графика видно, что именно снижение остаточного сопротивления является первоочередной задачей. Эту задачу и решает Э. Х. Сертер.



а



б



в

Буксировочные испытания моделей серии 7X в бассейне HSVA.

“а” — модель катера 7XS. Размерения в пересчете на натуру: водоизмещение — 43.2 м³; длина по КВЛ — 23.3 м; отношение L/B — ок. 4.6. Скорость соответствует 20 уз. Ходовой дифферент 1°.

“б” — та же модель на скорости, соответствующей 45 уз.

“в” — модель катера 7XL. Размерения в пересчете на натуру: водоизмещение — 720 м³; длина по КВЛ — 66.5 м; отношение L/B — ок. 6.1. Скорость соответствует 70 уз. Ходовой дифферент 1.5°.

Обращает на себя внимание отсутствие носовой волны и брызгообразования.

буксируемой модели с ростом скорости изменяется незначительно, так же как и длина действующей ватерлинии.

Отогнутая вниз поверхность кормовых участков днища, работая как постоянные (встроенные) транцевые плиты, создает в корме гидродинамическую подъемную силу, выравнивающую дифферент — уменьшающую подъем носовой части.

Вытянутая заостренность носового участка ватерлинии обеспечивает плавное разрезание встречной волны, практически исключая слемминг. Постоянно заглубленные острые носовые обводы и развитая килеватость днища предотвращают брочинг и рыскание при ходе на попутном или косом волнении.

Малые углы входа носовых участков ватерлиний и наличие брызгоотбойников уменьшают волнообразование в носовой части судна.

Некоторое увеличение смоченной поверхности, по сравнению с глиссирующей

ми корпусами традиционных форм, естественно, приводит к возрастанию сопротивления трения. Однако оно с лихвой компенсируется существенным и более значимым уменьшением остаточного (волновой и индуктивной составляющих) сопротивления.

Исследования Э. Сертера показали, что при правильно подобранной и взаимно согласованной форме носовых и кормовых участков батоксов корпуса скоростных судов с “вогнутым” днищем возможно обеспечить снижение общего сопротивления воды движению, исключить появление “горба”, резко уменьшить носовое волнообразование, избежать тяжелых перегрузок при ходе на встречном волнении.

В этом и состоит “глиссирование не по правилам”: Сертер пошел на “вредное” увеличение смоченной поверхности и сопротивления трения, но выиграл на существенном уменьшении общего сопротивления, особенно заметном при ходе на волнении.

Твердый приверженец использования водометных движителей на скоростных судах и боевых кораблях, Э. Сертер утверждает, что эффективность работы водометов на корпусах с “вогнутым” днищем увеличивается благодаря снижению ходового дифферента (уменьшение вертикальной составляющей тяги) и более рациональной ориентации водозаборных отверстий на днищевой поверхности.

Летом 2000 г. в Каусе на верфи “Эдвансед Боат Констракшн” был спущен на воду экспериментальный катер “Е-7Х” с “вогнутым” днищем, специально построенный для проведения скоростных и мореходных испытаний в открытом море. Обводы корпуса этого катера сохраняют все отмеченные выше особенности, характерные для моделей серии 7X. Отмечая это событие, высказывающиеся в прессе специалисты назвали обводы экспериментального катера “революционными”.

Катер "Е-7Х" имеет длину по КВЛ 10.0 м. Отношение длины к ширине по КВЛ равно 3.2. Параметры самоходной модели открытого моря предполагают использование результатов испытаний для постройки катеров с наибольшей длиной до 36 м и водоизмещением до 170 т.

С возрастанием отношения $L_{\text{КВЛ}}/V_{\text{КВЛ}}$ до 4, 6 или 8 результаты испытаний могут быть использованы при проектировании более крупных судов с длиной по КВЛ до 50 м и скоростями хода до 60 уз.

Исходя из оптимального для обводов "Е-7Х" числа Фруда, равного 1.6, предполагается использование результатов его испытаний для катеров со следующими соотношениями между длиной $L_{\text{КВЛ}}$ в метрах и максимальной скоростью хода (V_s) в узлах: 10 — (30-32); 15 — (37-38); 20 — (40-43); 30 — (50-52).

Оптимальной величиной крейсерской скорости для "Е-7Х" будут 26-28 уз. Нижней границы этого диапазона катер сможет достичь при мощности главных двигателей всего 2x150 л.с. В качестве движителей на "Е-7Х" использованы водометы

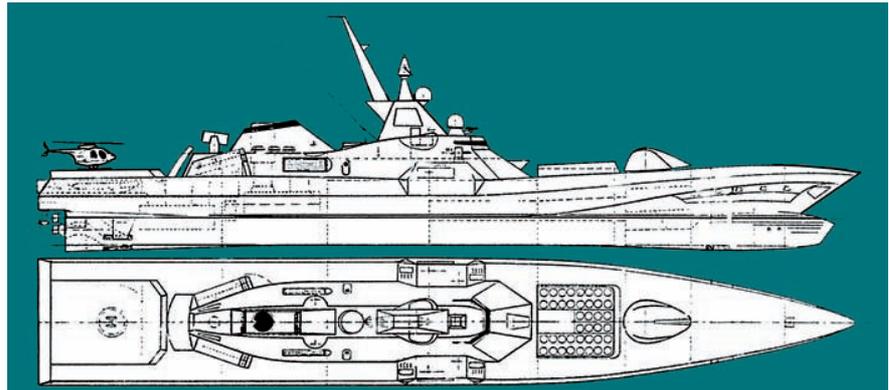
Как заявляют исследователи, возможности рационального использования предлагаемых Э. Сертером обводов достаточно широки. В зависимости от размеров судна диапазон эффективного применения корпусов с "вогнутым" днищем может быть расширен до скоростей, характеризующихся числами Фруда от 0.6. Пока что Э. Сертер рекомендует использовать их для судов со значениями $F_{r1} \geq 1.0$. Отнюдь не исключено использование предлагаемых обводов и для судов-катамаранов.

Жизнь покажет, справедливы ли утверждения Э. Сертера о "скором конце эпохи классических глиссеров". Представляется, однако, что предложенные им обводы будут мирно сосуществовать с грамотно спроектированными глиссирующими обводами известных форм, а использоваться будут в первую очередь на тех скоростных судах и кораблях, для которых главным качеством является хорошая мореходность (патрульные катера, малые боевые корабли, пассажирские паромы).

В. Зубрицкий



Одна из самоходных моделей Э.Х. Сертера "Е8" на испытаниях. Принцип построения обводов близок к моделям серии 7Х. Исследователь утверждает, что для катера с подобными обводами нет проблем преодоления "горба" сопротивления, нет носовой волны и брызг, отсутствует слемминг на ходу против встречной волны).



На мореходном корвете XXI века водоизмещением ок. 1300 т, концепция которого разработана Э.Х. Сертером, обводы корпуса выполнены по идеологии моделей 7Х ("вогнутое" днище; S-образная острая скула с крыльями, предотвращающими зарывание в волну). Предполагаемая скорость хода 60 уз.

ПРОДАЖА КАТЕРОВ

"FLIPPER", "BELLA", "FINN MASTER"

В наличии и на заказ



Санкт-Петербург, ООО "АКВА-ТРЕЙД", тел.: (812) 323 8942

Rodman • испания

рыболовные и круизные катера

Бискайского залива

Мореходность и надежность,
двигатели "VOLVO" и "YANMAR"



сервисный дилер — ООО "МОРТРАНС КРАФТ",
Петровская коса, 9. 197110. Санкт-Петербург, Россия
тел.: (812) 237 0602; факс: (812) 230 3803
E-mail: mtk@solaris.ru; http://www.mortranscraft.ru