

Гребни расходящихся продольных волн направлены практически параллельно ДП. Их высота – около 10 см при длине около 1 м. Возникает ощущение, что лодка идет, как горячий нож сквозь масло! Максимальная скорость составила 33.7 км/ч при 5000 об/мин с трехлопастным винтом шагом 13 дюймов. Средний расход топлива двигателем составил 8–8.5 л/ч.

В поворотах ведет себя, как водоизмещающая лодка большого удлинения, с креном на наружный борт, но небольшим. И вот здесь появляется «ложка дегтя». В повороте на скоростях выше средних происходил срыв потока на винте, и приходилось сильно сбрасывать скорость. Заглубили побольше винт и подварили клинышек на днище для отвода аэрированной воды. Стало лучше, но не идеально. По нашему единодушному мнению, поведению лодки решили поставить твердую «четверку». К сожалению, не успели испытать с четырехлопастным, шагом 12», к нам пришла зима. Надеюсь, что с четырехлопастным винтом меньшего шага срывы уменьшатся.

Ходили и под запасным 5-сильным

мотором. Против течения Волги получилось 7–8 км/ч, по течению – 1–12. Успели пару раз походить по волне около 0.3 м. Ход очень мягкий, носом режет гребешки, вертикальных ускорений нет, и «шайба» днища своей широкой частью с волной не контактирует. Проходили по волне от «Ярославца»: против волны шлепков не отмечалось. На попутной волне нос не зарывался, корму волной не захватывало.

По поводу избыточной мощности: надеюсь, что скоростной потенциал корпуса не исчерпан, и подбором гребного винта мы добьемся хороших скоростных и экономических показателей. К тому же, в осенний период лодка будет использоваться для выходов на охоту в дельту Волги, на взморье. В условиях осеннего штормового Каспия при полной загрузке плюс два охотничьих куласа на борту запас мощности не помешает

Выбранную проектную концепцию зачастую критикуют из-за необычности конструктивного решения выступающего объемного килля. Говорят: «Увеличенная осадка». А какая осадка приемлема в большинстве случаев? По

моему многолетнему опыту эксплуатации, на реке вполне приемлема осадка около 0.5 м. У нас осадка – 0.35 м, при этом винт защищен от удара о грунт. У любого глиссирующего катера с опущенной ногой осадка – не меньше 0.4–0.5 м. Считаю, что необходимо предусматривать небольшое заглубление «верхнего» корпуса. При этом волнообразование будет незначительным, а остойчивость улучшится, да и осадка уменьшится. Говорят: «Увеличенная смоченная поверхность» – но она компенсируется и перекрывается уменьшением волнового сопротивления (при определенной скорости – *Прим. ред.*). Говорят: «Сложности с компоновкой» – никаких сложностей! Все прекрасно разместилось, много объемных рундуков. Высота над подушками в носовой части каюты – 600 мм, у переборки кокпита – 950 мм. Проход в каюте опущен в киль, это понижает общий профиль катера.

Пошла наша лодка, и хорошо пошла. И строить ее не сложнее, чем традиционный корпус. Это не теория, это практика.

*Алексей Плетнев, г. Астрахань*

## Потенциал идеи водоизмещающе-глиссирующего судна

Еще раз поговорим о преимуществах малых водоизмещающих судов, корпус которых состоит из двух частей – верхней и нижней, движущихся в различных режимах обтекания потоком.

Ранее автором уже были изложены физико-техническое обоснование и основные принципы проектирования таких скоростных водоизмещающих судов, которые были названы водоизмещающе-глиссирующими

судами – ВГС\*. Конструктивное выделение двух частей корпуса – верхней (ВЧК) и нижней (НЧК) снимает проблему компромисса при выборе геометрии надводной и подводной частей судна. В этом состоит основная идея, отличающая ВГС от других водоизмещающих судов и позволяющая (при определенных условиях – *Прим. ред.*) удовлетворить все требования разного функционального назначения подводной и надводной частей корпуса судна.

У ВГС возмущение поверхности воды обусловлено лишь осадкой разгруженной мелкосидящей ВЧК и прак-

тически отсутствует остаточное (волновое и вихревое) сопротивление: полное сопротивление корпуса равно сопротивлению трения эквивалентной плоской пластины такой же смачиваемой площади и шероховатости. Именно скольжение по поверхности при относительно низких скоростях отличает ВГС от обычных водоизмещающих судов, глубоко «вспахивающих» поверхность воды. В связи с этим радикально снижается амплитуда волн и исчезает «горб» сопротивления. В диапазоне скоростей, соответствующих  $Fr = v/\sqrt{gL} = 0.45-1.2$ , потребная сила тяги (по сравнению с

\* См. статьи автора в журнале «Судостроение» №2, 2006 г., патенты РФ № 2132795 (1996 г) и 2148518 (1999 г), а также в журналах «КиЯ» №166 (1998), №192(2004) и №199(2006).

Рис. 2. Общий вид ВГС

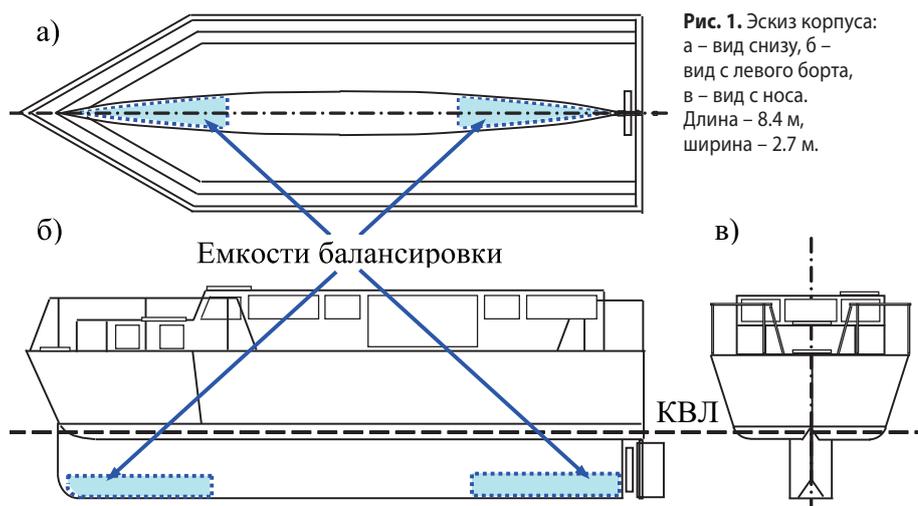


Рис. 1. Эскиз корпуса:  
а – вид снизу, б –  
вид с левого борта,  
в – вид с носа.  
Длина – 8,4 м,  
ширина – 2,7 м.



современными скоростными судами того же водоизмещения) снижается на 30–55% при той же скорости движения. Соответственно увеличивается радиус автономного плавания моторного судна, уменьшаются стоимость менее мощного двигателя и расход топлива. Улучшаются экологические показатели вследствие снижения количества отработавших газов двигателя и уменьшения волнообразования. Эти особенности определяют целесообразность использования ВГС на переходных режимах.

Кроме улучшения ходовых качеств, ВГС допускает возможность повышения комфортабельности и обитаемости, остойчивости, сопротивления дрейфу, снижения парусности корпуса и бортовой качки, повышения КПД винтового движителя. Упрощается конструкция и технология изготовления корпуса.

Верхняя надводная часть – ВЧК – определяет обитаемость судна и располагается на широкой, скользящей по поверхности воды гидролыже (ГЛ). Нижняя подводная – НЧК – является несущей и представляет собой узкое хорошо обтекаемое тело (криволинейный двугольник) большого относительного удлинения  $z_H = L_H/B_H \geq 10$ . Емкости балансировки корпуса, двигатель, баки, аккумуляторы располагаются в НЧК. На маломерных ВГС НЧК может быть использована как центральный проход, а высота ВЧК минимизирована. Криволинейность обводов ВЧК можно свести к минимуму (рис. 1). Это высвобождает ВЧК и по-

зволяет повысить комфортабельность и обитаемость судна. ВГС обладает высоким потенциалом мореходных качеств, весьма устойчиво на курсе. Корпус имеет повышенное сопротивление дрейфу. В НЧК удобно компоновается подруливающее устройство (например, в виде подвешенного мотора). может быть сделан иллюминатор для обзора подводного пространства. Корпус в целом прост в изготовлении; его конструкция отличается жесткостью. Автор считает ВГС наиболее перспективными малотоннажными водоизмещающими судами.

При выборе основных размерений и формы ВЧК следует исходить прежде всего из требований к необходимой обитаемости судна. ВЧК должна устойчиво «стоять» на поверхности воды и плавно скользить по ней с минимальной осадкой. Размерения НЧК определяются необходимой несущей силой – водоизмещением, а также (во многих случаях) поперечными габаритами размещенной в ней энергоустановки. Чем легче ВЧК, тем меньшее водоизмещение (объем) нижней части можно выбрать, тем меньшее сопротивление будет иметь ВГС, а скорость его будет больше при располагаемой силе тяги.

В последние годы автором было изготовлено и испытано более десятка моделей и фрагментов ВГС с целью поиска наиболее рациональной конструкции верхней и нижней частей корпуса для малотоннажных судов различной размерности. Ставились задачи выбора соотношения длин НЧК ( $L_H$ ) и ВЧК ( $L_B$ ), обводов ВЧК и, в част-

ности, посадки ВЧК относительно поверхности воды с целью достижения максимальной ходкости, обитаемости и технологичности изготовления ВГС. Ниже приведены основные выводы, полученные в результате этих исследований.

Строя и испытывая модели ВГС, автор пришел к выводу о целесообразности использования двугольников с относительным удлинением  $z_H \geq 10$  только для НЧК. Их обводы определяются предложенной ранее формулой

$$\frac{B(x)}{2} = \pm L \frac{1}{4z} \left\{ \sqrt{(1+z^2)^2 - 4z^2 \left(2\frac{x}{L} - 1\right)^2} + 1 - z^2 \right\},$$

при условии задания относительного удлинения  $z = L/B$  и максимальной длины  $L$  двугольника.

Обеспечивая необходимое водоизмещение для поддержания ВЧК, НЧК для достижения максимальной ходкости судна должна иметь минимальную ширину  $B_H$ , допустимую по эксплуатационным соображениям, если она используется как центральный проход или для установки стационарного двигателя\*, при максимально допустимой расчетной осадке  $T_0$ . Это заставляет выбирать максимальную длину  $L_H$  (максимальное  $z_H = L_H/B_H \geq 10$ ) НЧК. Для

\* Из-за небольшой ширины НЧК двигатель обычно приходится размещать в средней его части. В этом случае механическая передача на винт требует использования длинного валопровода, опасность вибраций которого можно исключить установкой промежуточной опоры и увеличением его диаметра. Для достаточно крупных ВГС более радикальным решением, устраняющим длинный валопровод и реверс-редуктор, является применение электропривода (электрогенератор-электродвигатель) или гидропривода (гидронасос-гидродвигатель).

этого в носовой части целесообразно продлить НЧК, захватив носовое заострение скулы, а в кормовой части (для малых парусных яхт без стационарного двигателя) она может плавно переходить в перо руля.

Преимущества ВГС в максимальной степени реализуются, если ГЛ скользит по поверхности воды почти без погружения. Поэтому во многих случаях имеет смысл в носовом и кормовом заострениях двугрунника НЧК устанавливать систему балансировки «заборная вода/топливо», позволяющую оптимизировать осадку и дифферент ВГС (угол атаки ГЛ) при возможных загрузках судна\* (см. рис. 1).

Сегодня кажутся странными дома, железнодорожные вагоны, контейнеры и прочие объекты подобного назначения криволинейной формы. Это противоречило бы требованиям их максимальной обитаемости, полноты использования внутреннего объема, технологичности, простоте и строгости дизайна. Однако современные малые водоизмещающие суда имеют лекальные, криволинейные обводы, которые необходимы для достижения

Рис. 3. Защищенный НЧК винт может иметь выгодный увеличенный диаметр



удовлетворительной ходкости. Отмеченные выше особенности ВГС, позволяют форму их ВЧК максимально приблизить к прямоугольному параллелепипеду, сохранив необходимое для мореходного судна носовое заострение (см.рис. 1, 2). Функциональная

\* См. существенное для ВГС условие  $D/D_0 \ll 1$  (где  $D_0$  – расчетное водоизмещение;  $D$  – отклонение от  $D_0$ ) в статье журнала «Судостроение» №2 за 2006 г.

целесообразность при этом вступает в противоречие с установившимися традициями дизайна малотоннажных яхт. Несмотря на непривычность таких обводов для малых судов, в современном крупном судостроении подобная строгая геометрия корпуса в целом является общепринятой.

Для обеспечения минимального лобового сопротивления ВЧК, очевидно, должна иметь носовое заострение. Наиболее плавное сопряжение плоскости ГЛ с поверхностью воды достигается при использовании круглой скулы и развала бортов (см.рис.1, 2). Если это выполнено на участке носового заострения, сопротивление ВГС снижается на величину до 5% (на приведенных эскизе и фото круглой скуловой пояс и развал бортов охватывает и цилиндрический участок ВЧК, что является функционально излишним).

Поскольку при обтекании НЧК возникают вторичные поперечные течения, сопряжение его вертикальных стенок с днищем также желательно выполнить плавным, округление кромок в этом случае соответствует  $r \approx 0.1B_H$ .

Конструкция корпуса ВГС позволяет использовать хорошо защищенный низкооборотный гребной винт (ГВ) с высоким КПД. Последнее может быть достигнуто за счет увеличения диаметра ГВ до величины поперечного размера НЧК ( $d \approx B_H$ ). Для уменьшения веса большого ГВ, его желательно изготавливать из легкого материала. Выступающее за транец перо руля целесообразно армировать ребрами, увеличивающими его жесткость и предотвращающими перетекание при циркуляции судна. Большой ГВ обеспечивает мощный отсос пограничного слоя в кормовой (диффузорной) подводной части корпуса, исключая возможность отрыва потока даже при не очень больших значениях  $z_H \approx 10$ . Увеличение  $z_H = L_H/B_H \geq 10$ , особенно при отсутствии ГВ, желательно.

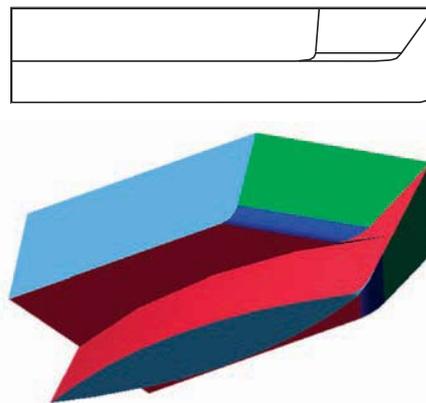
Ввиду малости остаточного сопротивления ВГС определяющую роль в общем сопротивлении при его движении играет трение. Это особенность ВГС требует минимизации пло-

\*\* Напомним, что для надводного судна с максимально локализованной, полусферической подводной частью при данном  $D$ , величина  $\Omega$  имеет наименьшее значение, а коэффициенты  $k_{\Omega} = k_D = 1$ . В реальных случаях  $k_{\Omega} = 1/k_D > 0.5 > 1$  (см. «Судостроение» №2 за 2006 г.).

щади и шероховатости смачиваемой поверхности.

Относительная величина смачиваемой поверхности  $\Omega$  при данном водоизмещении  $D$  и, следовательно, влияние сопротивления трения характеризуются коэффициентами  $k_{\Omega}$ ;  $k_D^{**}$ . С этой точки зрения чрезмерное увеличение  $z$ , ведущее к делокализации подводной части корпуса судна, нежелательно.

Рис. 4. Рекомендуемая автором форма корпуса ВГС



Автору известно о нескольких построенных ВГС. К сожалению, практически во всех из них имеются отклонения, не позволяющие использовать преимущества этих судов в полной мере. С целью предотвращения подобных отклонений в данной статье приводятся эскизы, выполненные О.Л.Ларионовым, наиболее полно соответствующие идеям автора.

Объем НЧК должен обеспечивать положение ВГС на тихой воде при котором ГЛ «опирается» на поверхность воды кормовой частью с дифферентом 2-3°. Увеличить осадку ВЧК можно наполнением балластных емкостей.

На парусно-моторных ВГС рекомендуется использовать навесной винт на Т-образной, предложенной автором, колонке либо со складывающимися лопастями, как это принято на парусных яхтах.

Изложенные рекомендации, полученные при испытании моделей, в совокупности с ранее опубликованными материалами, по мнению автора, позволяют самостоятельно спроектировать и изготовить ВГС. Дополнительные сведения могут быть предоставлены автором по контакт. тел. (812) 360-80-02.

Юрий Лобынцев