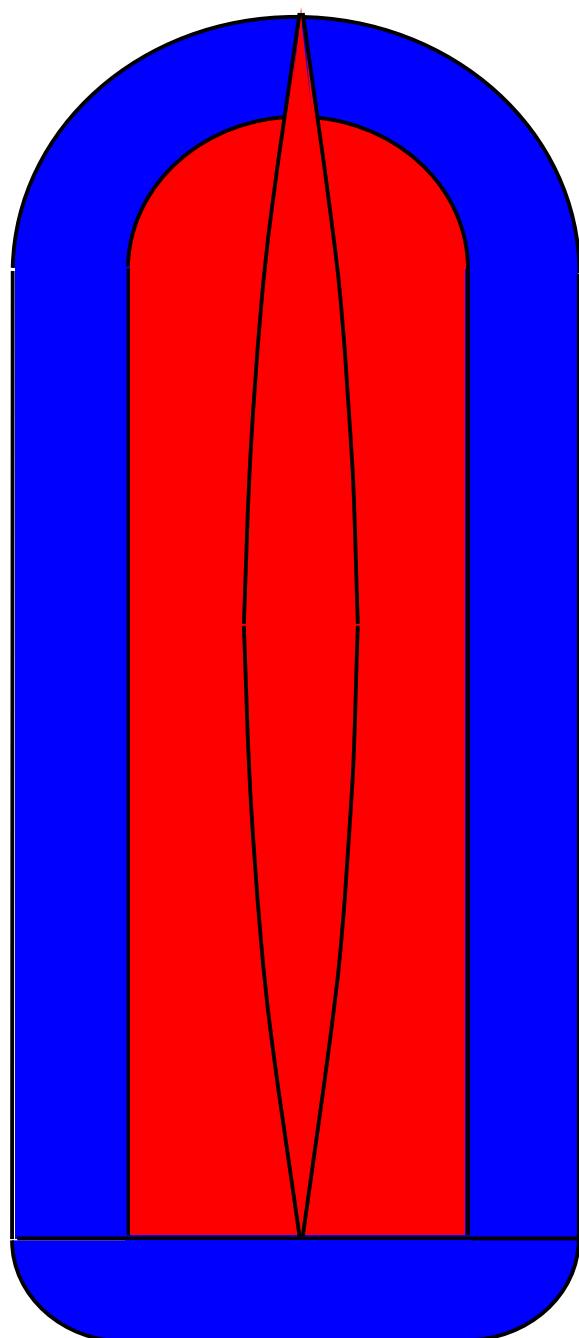


Ю. И. ЛОБЫНЦЕВ

ВОДОИЗМЕЩАЮШЕ-ГЛИССИРУЮЩИЕ СУДА
(ВГС)



ВОДОИЗМЕЩАЮЩЕ-ГЛИССИРУЮЩИЕ СУДА (краткий отчёт о работе)

Водоизмещающе-глисссирующая основа судна, состоящая из нижней (несущей) подводной части большого относительного удлинения и глисссирующей широкой надводной части, рекомендуется для ВСЕГО, что должно устойчиво передвигаться по поверхности воды с минимальными затратами энергии, максимальным полезным объемом, используя силу Архимеда и скольжение. Возможное применение: гребные лодки, водные велосипеды и мотоциклы, катера, яхты, грузовые и пассажирские суда, плавающие дома и города, движущихся в диапазоне относительных скоростей $v/(gL)^{1/2} \geq 0,4$, а также при меньших скоростях для весьма коротких, но широких судов.

Изначально перед автором стояла задача создания маломерных водоизмещающих судов

- двигающихся в диапазоне скоростей переходных режимов $Fr=v/(gL)^{1/2} \geq 0,4$, без «горба» волнового сопротивления; имеющих повышенную мореходность (курсовая устойчивость, уменьшенная качка);
- с максимальной обитаемостью внутреннего пространства, в плане близкого к прямоугольнику;
- простых в изготовлении; форма корпуса обеспечивает жесткость конструкции и не имеет лекальных элементов.

В результате были найдены оптимальные обводы скоростных водоизмещающих глисссирующих судов нового типа весьма широкого назначения. Их корпус состоит из двух частей – верхней и нижней. Они были впервые запатентованы автором в РФ (патенты № 2132795; 1996 г. и № 2148518; 1999 г.) и описаны в журнале «Катера и яхты» №№ 3-4 1998/99.; №5 2004; №1 2006, №4 2009, а также в журнале «Судостроение» №2 2006.

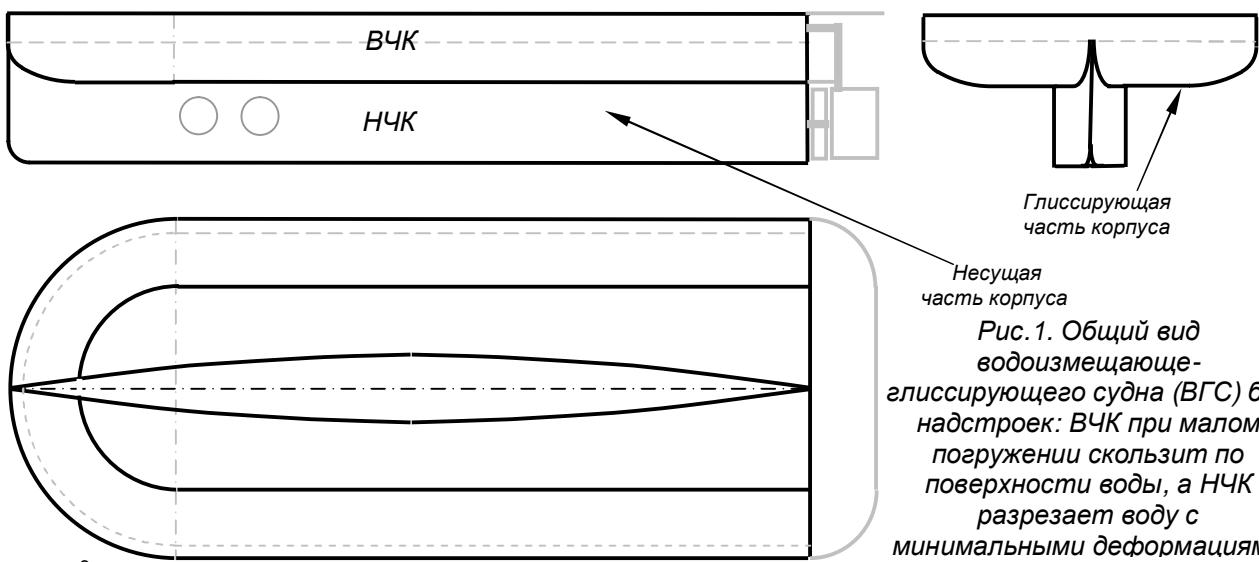


Рис. 1. Общий вид водоизмещающе-глисссирующего судна (ВГС) без надстроек: ВЧК при малом погружении скользит по поверхности воды, а НЧК разрезает воду с минимальными деформациями

1⁰. Верхняя часть корпуса (ВЧК) – надводная, глисссирующая опирается на широкую, скользящую по поверхности воды гидролыжу (ГЛ), а нижняя часть корпуса (НЧК) – подводная, несущая верхнюю, примыкает к ГЛ снизу и представляет собой узкое хорошо обтекаемое тело большого относительного удлинения, рис. 1.

Столь радикальное изменение корпуса обычного водоизмещающего судна обусловлено тем, что работа надводной и подводной частей корпуса происходит в различных средах (воздухе и воде), отличающихся по плотности в ≈ 800 раз, и их функциональное назначение различно. Вместе с тем, несмотря на тысячелетия существования и многообразие обводов водоизмещающих судов, это обстоятельство не получило отражения в их конструкции до настоящего времени. Чётко выраженная конструктивная граница между надводной и подводной частями корпуса у современных водоизмещающих судов отсутствует.

На несовершенство современных скоростных водоизмещающих малотоннажных судов указывает то, что при увеличении скорости они глубоко «вспахивают» поверхность воды, порождают поверхностные волны и турбулентные завихрения. В диапазоне переходных скоростей возникает

мощный бурун, дифферент на корму, интенсивное волнообразование, «горб» волнового сопротивления. Это является следствием значительной деформации струй обтекающего их потока воды. Стремление уменьшить этот эффект за счёт уменьшения ширины судна связано с ухудшением его эксплуатационных качеств.

2⁰. Предлагаемая форма корпуса ВГС позволяет максимально приспособить его к движению на повышенных скоростях. Конструктору она даёт свободу выбора геометрии надводной и подводной частей, позволяя наиболее полно удовлетворить требованиям их функционального назначения.

Основное назначение НЧК – использование сил Архимеда для поддержания ВЧК при минимальном сопротивлении; обеспечение курсовой устойчивости при движении судна; освобождение обитаемого пространства ВЧК от всего наиболее тяжелого оборудования – масса НЧК должна составлять не менее 0,5 массы ВГС.

Основное назначение ВЧК – скольжение по поверхности воды с минимальной деформацией набегающего потока воды; получение максимального объёма внутреннего пространства, форма которого приближена к прямоугольному параллелепипеду. Масса ВЧК должна быть минимальной.

3⁰. Такие суда были названы автором водоизмещающе-глиссирующими судами (ВГС). Позднее (с 2005 г) это название было заимствовано и зарубежными изданиями. Скольжение разгруженной ВЧК по поверхности воды на малой скорости может происходить практически горизонтально (с нулевым углом атаки), когда динамическая подъёмная сила практически отсутствует. Поэтому под глиссированием в данном случае следует понимать и простое скольжение ГЛ по поверхности воды. Именно скольжение по поверхности отличает ВГС от обычных водоизмещающих судов, «вспахивающих» поверхность воды. У ВГС узкая длинная НЧК легко прорезает поток воды и несёт ВЧК. Волновые возмущения потока воды обусловлены лишь разгруженной мелкосидящей ВЧК. Хорошая обтекаемость НЧК и плоская ГЛ значительно уменьшает и турбулентные завихрения, т. к. движение ВГС происходит при минимальной деформации струй набегающего потока воды.

4⁰. В частности, корпус ВГС удобен для обзора подводного пространства – соответствующие иллюминаторы располагаются в НЧК, рис. 1. Удобно компонуется и подруливающее устройство (например, в виде подвесного мотора) в НЧК. Шум двигателя в НЧК оказывается приглушенным.

5⁰. Физико-техническое обоснование обводов ВГС сводится к следующему.

Если общее сопротивление судна R разложить на условно независимые составляющие, то для **подводного** водоизмещающего судна

$$R = (\zeta_{mp} + \zeta_f) q_\infty \Omega, \quad (1)$$

где коэффициенты ζ_{mp} и ζ_f характеризуют сопротивление трения и вихреобразования (формы) соответственно.

Для судов, плавающих **по поверхности** воды, возникает также значительное волновое сопротивление ζ_w , которое отсутствовало при движении под водой. Если пренебречь сопротивлением воздуха, сила сопротивления судна R , плавающего на поверхности воды, равна:

$$R = (\zeta_{mp} + \zeta_f + \zeta_w) q_\infty \Omega, \quad (2)$$

где q_∞ и Ω скоростной напор невозмущенного набегающего потока и смачиваемая поверхность соответственно.

Очевидно, что минимальную поверхность Ω (и сопротивление трения) при заданном водоизмещающем объёме для подводного судна будет иметь сфера. Однако общее сопротивление (трения и формы) при движении под водой имеет веретенообразное тело того же объёма, хотя поверхность его значительно больше, рис.2, слева.

Судно, плавающее на поверхности воды, будет (при заданном значении Ω) иметь максимальный водоизмещающий объём, если подводная часть его будет полусферой, рис. 2, справа. Продольным «растяжением» полусферы также можно

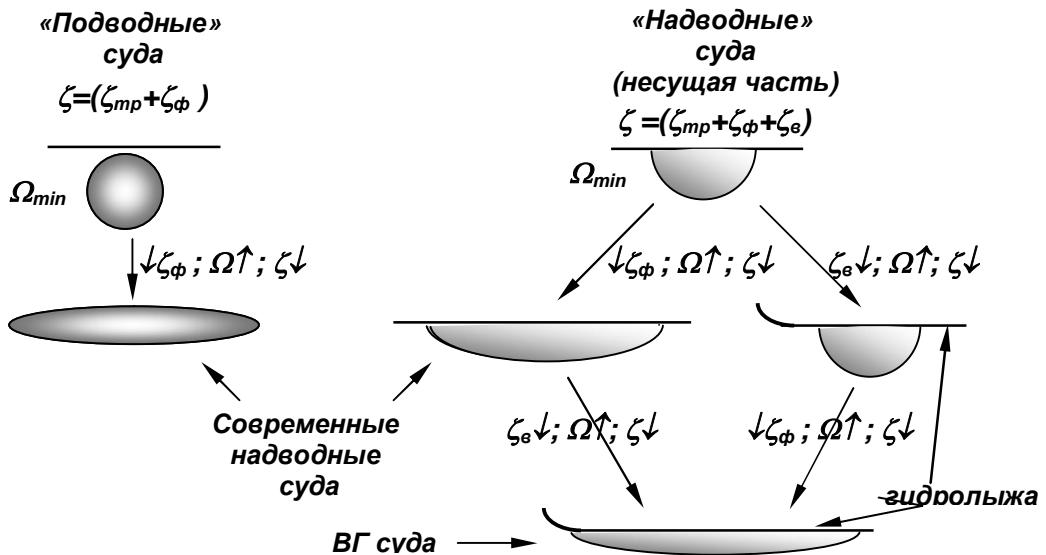


Рис. 2. Особенности формирования корпуса «подводного» и «надводного» судов

уменьшить суммарные потери трения и формы. Но в этом случае присутствуют значительные волновые потери.

В ВГ судах (рис. 2, справа внизу) удаётся исключить волновые потери, используя еще большее относительное удлинение и носовое и кормовое заострения α_n водоизмещающей части корпуса ($\alpha_n < 20^\circ$), а также используя скользящую по поверхности воды экранирующую гидролыжу. Это минимизирует деформацию набегающего потока воды при движении судна. Лыжа предотвращает генерацию волн, экранируя поверхность воды от влияния изменений давления, возникающих при деформации потока воды НЧК, которая практически происходит лишь на расстояниях порядка B_h , считая по направлению нормали к обшивке корпуса, рис. 3.

Поэтому для предотвращения образования волн достаточно, чтобы лыжа «нависала» над нижней частью корпуса на величину порядка $B_h(x/L)$. Она же является конструктивной границей, отражающей различия в условиях работы надводной и подводной частей ВГ судна. У ВГС практически отсутствует остаточное (волновое и вихревое) сопротивление: полное сопротивление корпуса практически равно сопротивлению трения эквивалентной плоской пластины такой же смачиваемой площади и шероховатости.

6° . При обтекании НЧК в носовой части (до миделя) давление вдоль течения потока воды падает ($\Delta p/\Delta x < 0$), а скорость нарастает ($\Delta v/\Delta x > 0$). В кормовой части – наоборот: давление вдоль течения нарастает ($\Delta p/\Delta x > 0$), а скорость падает ($\Delta v/\Delta x < 0$), рис.3. В этом случае до миделя течение будет устойчивым, за миделем – не устойчивым, стремящимся к турбулизации потока. Это непосредственно следует из уравнения Бернулли для струйки тока

$$p + \rho v^2/2 = \text{const.}$$

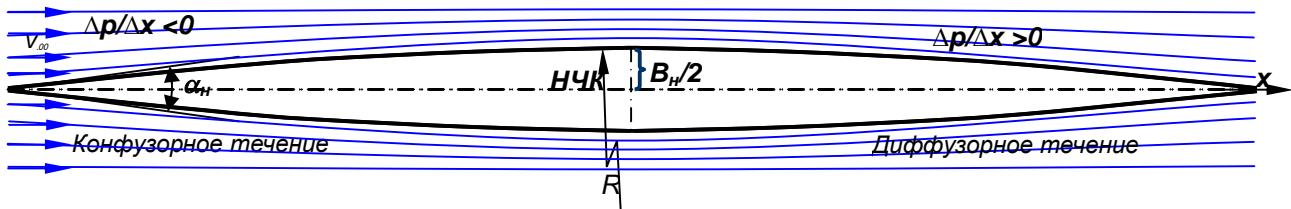


Рис. 3. Схема обтекания несущей части корпуса ВГС, имеющей форму криволинейного двуугольника. α_n – угол (носового) заострения двуугольника; R – радиус дуги двуугольника; $B_h/2$ – полуширина двуугольника (стрела сегмента); x – направление потока воды; v_∞ – скорость набегающего потока; p – давление.

Дифференцируя его, получим для изменения скорости вдоль течения формулу:

$$\Delta v/\Delta x = (-\Delta p/\Delta x)/\rho v.$$

Из этой формулы следует, что

- 1) в носовой части, где $\Delta p/\Delta x < 0$, все случайные изменения скорости Δv будут затухать, а поле скоростей потока будет стремиться к равномерному (это свойство всех конфузорных течений);
- 2) в кормовой части, где $\Delta p/\Delta x > 0$, напротив, скорость будет быстрее уменьшаться в тех струйках тока, где она меньше, и медленнее, где она больше – т. е. неравномерность поля скоростей будет увеличиваться вплоть до отрыва потока от обтекаемой поверхности (это свойство всех диффузорных течений).

Нетрудно убедиться, что в первом случае, когда $\Delta p/\Delta x < 0$, поток устойчив и по отношению к *поперечным* возмущениям; существует тенденция к сохранению струйного, ламинарного течения. Напротив, во втором случае, когда $\Delta p/\Delta x > 0$, происходит быстрое разрушение струй, поток турбулизируется.

Действительно, если в одной из соседних струек потока произошло увеличение скорости $v \uparrow$, то (как следует из уравнения Бернулли) давление в ней должно уменьшиться $p \downarrow$. Это приводит к возникновению разности давлений в соседних струйках и поперечным турбулентным пульсациям, разрушению струек тока, *рис. 4*.

Но поперечный турбулентный обмен эквивалентен многократному увеличению вязкости и, следовательно, сопротивления трения.

7⁰. Картина обтекания принципиально меняется, если за НЧК установлен гребной винт достаточно большого диаметра. Подсасывая поток воды, он создаёт разрежение, и в кормовой части градиент давления также становится отрицательным ($\Delta p/\Delta x < 0$), а течение устойчивым. Поэтому, применяя гребной винт большого диаметра, можно добиться безотрывного, плавного обтекания НЧК и при относительно небольших относительных удлинениях $z_h = B_h/L$ несущей части корпуса. У чисто парусного ВГС этот эффект отсутствует. Поэтому в этом случае z_h следует выбирать возможно большим.

8⁰. Расчёт полуширины $B(x)/2$ двуугольника НЧК можно выполнить по формуле:

$$\frac{B(x)}{2} = \pm L \frac{1}{4z} \left\{ \sqrt{(1+z^2)^2 - 4z^2 \left(2 \frac{x}{L} - 1 \right)^2} + 1 - z^2 \right\}, \quad (3)$$

где величину z_h обычно целесообразно выбирать в пределах 10...15. Здесь L – максимальная длина судна и НЧК; x – продольная ось двуугольника. У маломерных ВГС НЧК может быть использована как основной проход, а высота судна минимизирована.

9⁰. Минимальная деформация потока воды приводит к ещё одной особенности ВГС.

При обтекании корпуса обычного водоизмещающего судна частицы воды испытывают значительное ускорение и торможение даже при равномерном движении судна из-за искривления линий тока воды. В связи с этим обычные суда имеют большую *присоединённую массу*: они требуют большой путь, как для торможения, так и для разгона.

У ВГС струйки тока имеют очень малую кривизну и частицы воды движутся с почти постоянной скоростью. В этом случае присоединённая масса мала. Поэтому ВГС легко затормозить или разогнать. Благодаря большому удлинению подводной части движение ВГС очень устойчиво и напоминает «движение по рельсам».

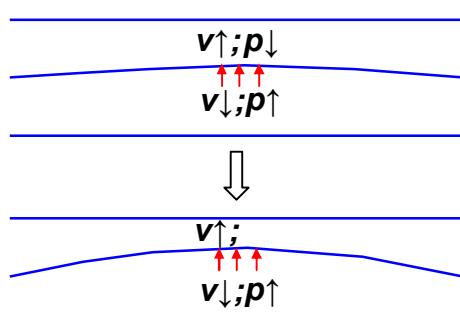


Рис. 4. Схема разрушения струек тока при $\Delta p/\Delta x > 0$.

10° . Очевидно, чем больше водоизмещения НЧК, тем легче, при меньшей скорости ВГС выходит на глиссирование, рис.5. Однако, слишком большое водоизмещение НЧК, вызывающее отрыв плоскости ГЛ от поверхности воды, приведёт к потере устойчивости.

Для обеспечения максимальной ходкости КВЛ ВГ судна должна совпадать с плоскостью гидролыжи. Так происходит при глиссировании на крейсерской скорости. Значительные перегрузки могут ухудшить ходкость такого судна. С другой стороны при отсутствии движения ватерлиния не должна опускаться ниже плоскости гидролыжи. Это ограничение можно сформулировать в виде неравенства

$$\Delta D/D_0 \leq 1, \quad (4)$$

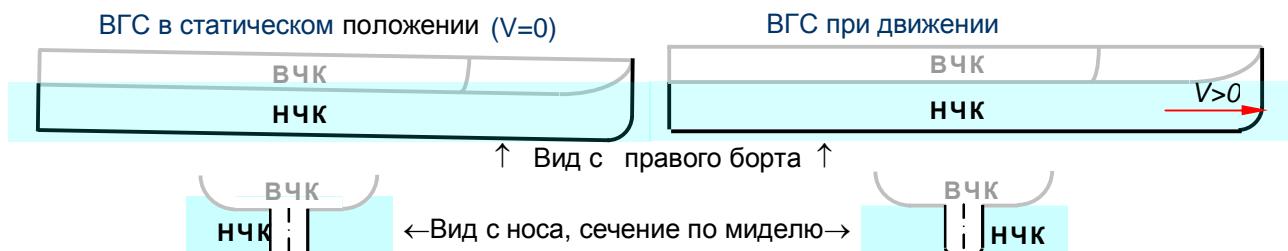


Рис. 5. Положение ВГС на поверхности воды в статическом положении и при движении.

которое **является** достаточно сильным (здесь D_0 – расчётное водоизмещение; ΔD – допустимое изменение водоизмещения), но менее сильным, чем у обычных глиссирующих судов.

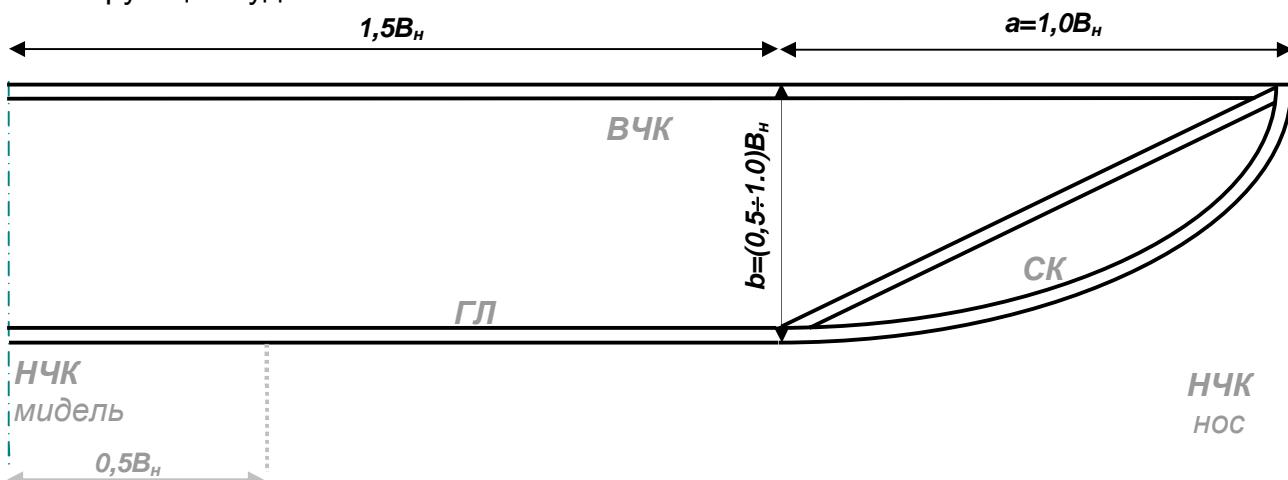


Рис. 6. Соотношения размеров (близких к оптимальным) $\frac{1}{2}$ поперечного сечения цилиндрического участка и носового округления скулы ВЧК по отношению к ширине НЧК B_n .

Поэтому обычно целесообразно выбирать водоизмещение НЧК в пределах 75-80% от полного водоизмещения судна и максимально загружать его.

11° . ВЧК, днищем которой является плоская гидролыжа, **не требует носового заострения** (по крайней мере, для состояния поверхности воды, при котором можно говорить о глиссировании как таковом). Плавность «приёма» набегающего потока воды обеспечивается окружлением скулы перед плоскостью гидролыжи достаточно большим радиусом непосредственно у поверхности воды, рис. 1 и 6.

Окончательный выбор носовой части ВЧК с учётом штормовых условий требует дополнительных экспериментальных исследований на натурных образцах. Однако на спокойной воде рекомендуемый основной вариант (полукруг со скулой $\frac{1}{4}$ эллипса), имея преимущества по обитаемости и остойчивости, не уступает остальным вариантам и по ходовым качествам. Этот вывод следует из сравнительных исследований моделей на относительно спокойной воде.

Высокая плавучесть носового округления скулы исключает её « заныривание » (характерное для обычного носового заострения), повышает остойчивость и обитаемость внутренней части корпуса. При движении судна ВЧК носовая часть гидролыжи (скула) приподнята над водой, а плоская часть скользит по её

поверхности (подобно тому, как это имеет место у различных водных лыж, саней, коньков и т. п. – всего, что должно скользить по не совсем ровной плоской поверхности). ВЧК, таким образом, «подминает» набегающий поток под себя, создавая динамическую подъёмную силу.

12⁰. По сравнению с обычными судами, ВГС могут быть более широкими, сохраняя плавность обтекания. На рис. 6 условно изображено поперечное сечение цилиндрического и носового участков ВЧК (без надстроек и бортов). Скула в сечении имеет форму, близкую к $\frac{1}{4}$ эллипса с полуосями a и b . (на рис. 6 выбрано $a/b=2$).

В плане форма ВЧК близка к прямоугольнику (отличаясь от него лишь носовым округлением). Это не мешает эффективно использовать ВГС как с двигателем, так и в парусом варианте с меньшими кренами. Кроме того, такие обводы корпуса обеспечивают ему высокую жёсткость и технологичность. Рекомендуемые соотношения элементов корпуса ВГС приведены на рис. 7.

Исследование моделей показало, что замена острых скул на округлые в виде $\frac{1}{4}$ окружности увеличивает ходкость на $\approx 5\%$, а переход к $\frac{1}{4}$ эллипса заметно

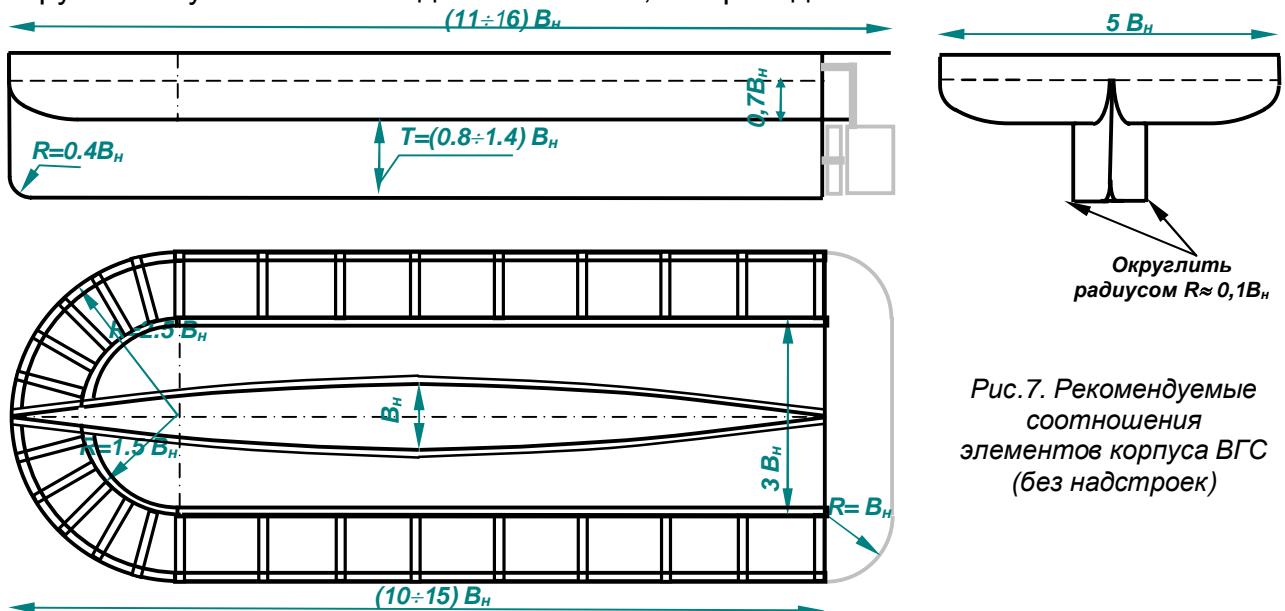


Рис.7. Рекомендуемые соотношения элементов корпуса ВГС (без надстроек)

высвобождает внутреннее пространство корпуса и повышает восстанавливающий момент сил при малых кренах.

13⁰. Для ВГ судов не существует «горба» волнового сопротивления, который ограничивает скорость обычных водоизмещающих судов на переходных режимах. Поэтому ВГС мало отличаются по ходкости от обычных водоизмещающих при $Fr=v/(gL)^{1/2} < 0.4$, но имеют безусловные преимущества перед ними в диапазоне переходных скоростей. Основные достоинства водоизмещающих судов – экономичность, комфортабельность, экологичность – ВГ обводы позволяют распространить на диапазон скоростей переходных режимов $Fr=v/(gL)^{1/2} > 0.4$ за счёт радикального снижения волновой и вихревой составляющих сопротивления¹.

Примечание: ВГС в статическом положении имеют смоченную поверхность приблизительно в $\approx 1,3$ раза большую, чем большинство обычных водоизмещающих судов.

14⁰. Двухлопастной винт большого диаметра (шаг 2-2,5) хорошо защищён, не затенён элементами корпуса, обеспечивает высокий КПД. При использовании

¹ Выделенные процессы трения, вихреобразования, волнообразования имеют различный физический механизм и требуют для своей минимизации различных методов. Уменьшение трения – уменьшение молекулярного переноса импульса – достигается отсосом и ламинаризацией пограничного слоя большим ГВ за миделем НЧК. Снижение вихреобразования – плавностью обтекания узкой НЧК. Волновые потери уменьшаются за счёт малой деформации набегающего потока и экранирования источника волнообразования (НЧК).

обратимого электропривода-генератора во время стоянок на реке с быстрым течением может быть использован как турбина.

15⁰. На рис. 6 и 7 приведены соотношения размеров элементов корпуса ВГС (без надстроек), близкие к оптимальным.

16⁰. На рис. 8 приведены основные виды миделево сечения исследованных моделей ВГС. Далее фото некоторых моделей и построенных судов этого типа.

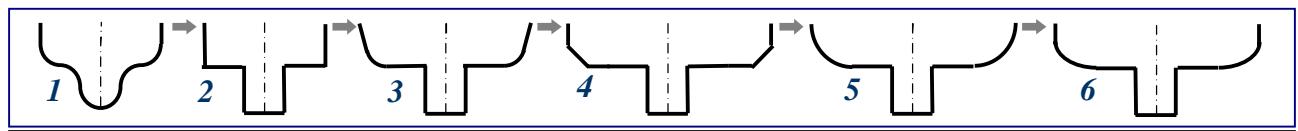
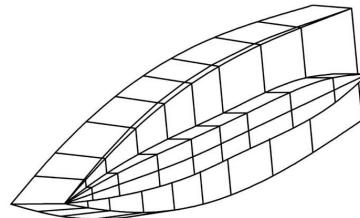


Рис.8. Приблизительно такие сечения корпуса ВГС исследовались на моделях (округление кромок днища НЧК не показано)

17⁰. Основные безразмерные параметры двуугольников НЧК (относительное удлинение $z=L/B$, углы заострения α^0 , коэффициент полноты φ , относительный радиус дуг R/L , относительная длина развертки дуги I/L) и некоторые обводы НЧК:

$z=L/B$	α^0	φ	R/L	I/L
1	180	0,78540	0,5	1,5708
2	106,26	0,68899	0,625	1,1591
3	73,74	0,68125	0,833	1,0725
4	56,14	0,67493	1,063	1,0412
5	45,24	0,67197	1,3	1,0265
6	37,85	0,67036	1,547	1,0184
7	32,52	0,66938	1,786	1,0136
8	28,50	0,66875	2,031	1,0104
9	25,36	0,66831	2,278	1,0082
10	22,84	0,66800	2,525	1,0067
11	20,78	0,66777	2,773	1,0055
12	19,05	0,66759	3,021	1,0046
13	17,59	0,66746	3,269	1,0039
14	16,34	0,66735	3,518	1,0034
15	15,26	0,66726	3,767	1,0030
16	14,31	0,66719	4,016	1,0026
17	13,47	0,66713	4,265	1,0023
18	12,72	0,66708	4,514	1,0021
19	12,05	0,66704	4,763	1,0018
20	11,45	0,667	5,013	1,0017



НЧК даже небольшой
высоты обеспечивает
высокую устойчивость
движения ВГС

НЧК

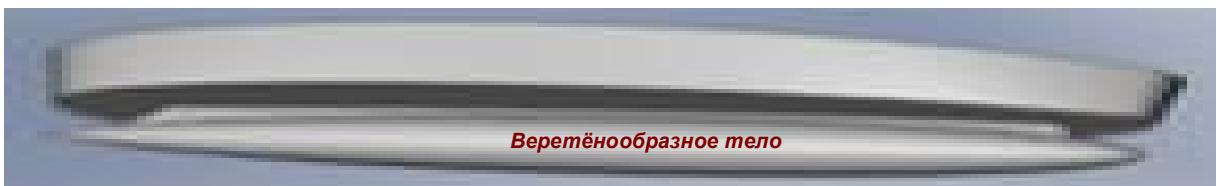
Двуугольник из дуг окружности



Эллипс + двуугольник



NACA профиль



Веретенообразное тело

Из приведенных обводов лишь двуугольник из дуг окружности в основе цилиндрической НЧК обеспечивает её доступность, симметрию, максимальную полноту (по отношению к прямоугольному параллелепипеду), простоту изготовления, порождает (при достаточно малом B_h/T_0) минимальную амплитуду волн и минимальное вихреобразование.

18⁰. Фото некоторых исследованных моделей ВГС.





Испытания этой модели показали, что в диапазоне скоростей, соответствующих $Fr=v/(gL)^{1/2}=0,45\div1,2$, потребная сила тяги (по сравнению с современными скоростными судами того же водоизмещения) снижается на 30-55% при той же скорости движения (результаты испытаний см. ж. «Судостроение» №2 2006 г.).



Дизайн ВГС несколько отличается от традиционного, если корпус их более широкий и не имеет носового заострения в ВЧК, а форма палубы мало отличается от прямоугольника

19⁰. Некоторые построенные ВГС



Самое первое недостроенное ВГС: начало 1990-х (слева) и начало 2000-х (справа) годов.
Строительство остановлено из-за болезни автора.



ВГС «Гром» длина 12,2, ширина 3,5 м. Полное водоизмещение до 7,0 т. Водоизмещение НЧК составляет 30%. Пермский край, г. Добрянка. Построено Плюсниным В. П. 2008 г.



«Дневной крейсер» - ВГС, построенное в г. Астрахане. (длина 6,7 м; ширина 2,2 м, осадка 0,35 м) А. Плетнёвым. «Горб» волнового сопротивления практически отсутствует.



ВГС, построенное в г. С-Петербург (длина 5,6 м; ширина 2,3 м, осадка 0,45 м) А. Даняевым
Водоизмещение НЧК 0,45 м³. «Горб» волнового сопротивления практически отсутствует.



Неудачное переоборудование обычного судна в ВГС (оз. Байкал) – слева.
Судно, напоминающее ВГС, постройки одной из скандинавских фирм.



20⁰. НЧК в виде длинного хорошо обтекаемого тела

- при $Z_h = B_h/L \geq 10$ практически полностью исключает «горб» волнового сопротивления;
- позволяет освободить ВЧК от тяжёлого оборудования, увеличивая обитаемость судна²;
- обеспечивает высокую курсовую устойчивость судна.

Ориентировочно можно принять, что смачиваемая поверхность Ω ВГС на 30% больше, чем у большинства обычных водоизмещающих судов. Поэтому ВГС целесообразно использовать преимущественно на переходных режимах, когда $v/(gL)^{1/2} \geq 0,4$, где они имеют преимущества по ходкости. Однако использование ВГС может оказаться целесообразным и при малых скоростях $v/(gL)^{1/2} \leq 0,4$, благодаря их высокой курсовой устойчивости и обитаемости для очень широких и коротких судов, когда $L \approx B$.

Замечание

Поскольку минимальную смачиваемую поверхность при максимальном объёмном водоизмещении имеет судно с полусферической подводной частью, его можно использовать в качестве эталона для сравнительных оценок любых надводных судов по этим параметрам.

Имея в виду, что поверхность Ω_{nc} и объём D_{nc} полусфера радиуса R_{nc} соответственно равны $\Omega_{nc}=4\pi R_{nc}^2 \approx 12,57R_{nc}^2$ и $D_{nc}=(2/3)\pi R_{nc}^3 \approx 2,094R_{nc}^3$, для оценки величин смачиваемой поверхности Ω_x и объемного водоизмещения D_x какого-либо судна можно воспользоваться этим эталоном, применяя коэффициенты:

$$k_\Omega = \left[\frac{\Omega_x}{\Omega_{nc}} \right]_{npu D_x = D_{nc}} = \frac{\Omega_x}{\sqrt[3]{18\pi} D_x^{2/3}} = 0.2605 \frac{\Omega_x}{D_x^{2/3}} \geq 1$$

$$k_D = \left[\frac{D_x}{D_{nc}} \right]_{npu \Omega_x = \Omega_{nc}} = 3\sqrt{2\pi} \frac{D_x}{\Omega_x^{3/2}} = 7.52 \frac{D_x}{\Omega_x^{3/2}} \leq 1$$

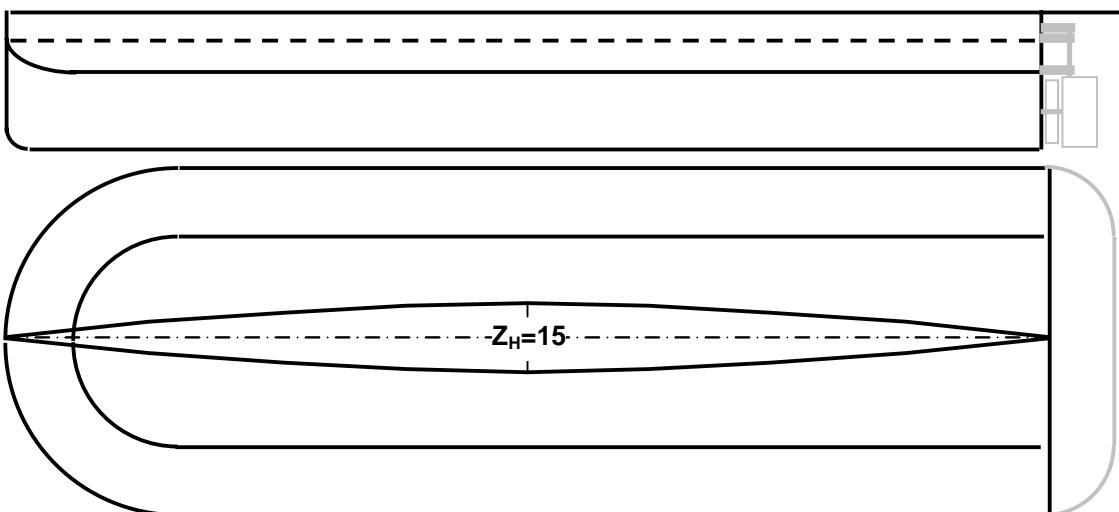
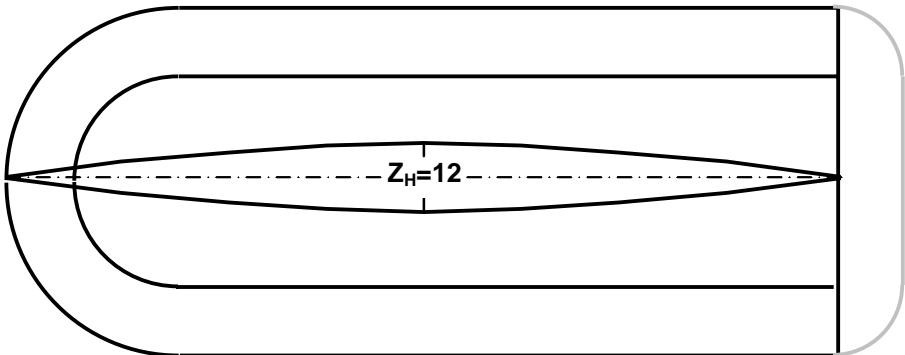
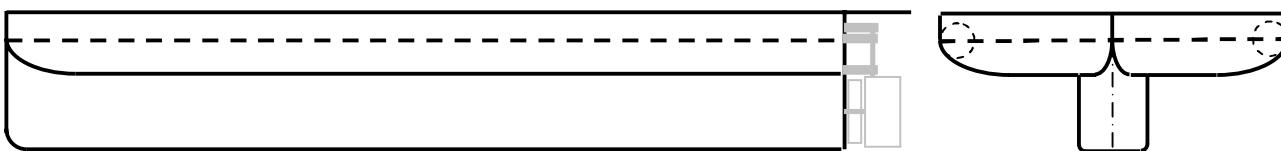
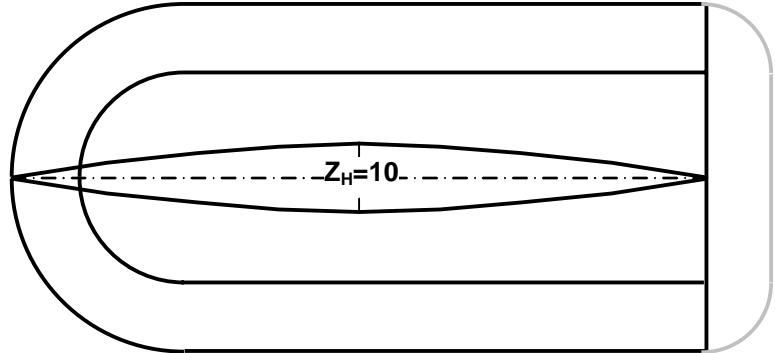
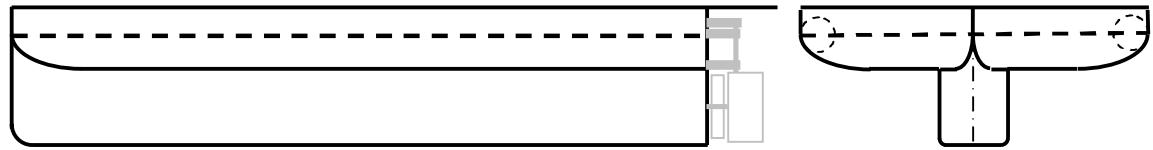
причём: $k_D = k_\Omega^{-3/2}$

Здесь k_Ω характеризует, во сколько раз смачиваемая поверхность Ω_x больше поверхности полусфера Ω_{nc} того же объема $D_x = D_{nc}$, а k_D показывает, во сколько раз водоизмещение D_x меньше объема полусфера D_{nc} с той же смачиваемой поверхностью $\Omega_x = \Omega_{nc}$.

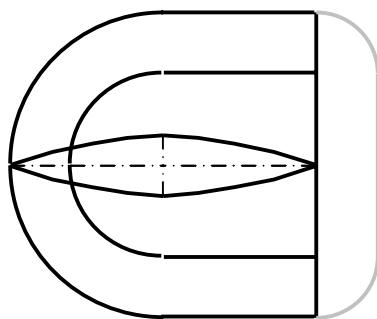
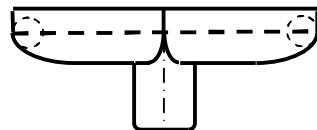
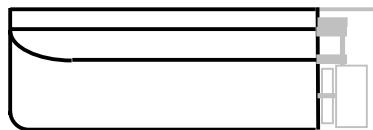
² Увеличенная обитаемость ВГС обусловлена

- наличием НЧК, в которой размещается массивное оборудование и всё, что может мешать в ВЧК;
- увеличенной шириной судна;
- отсутствием носового заострения ВЧК.

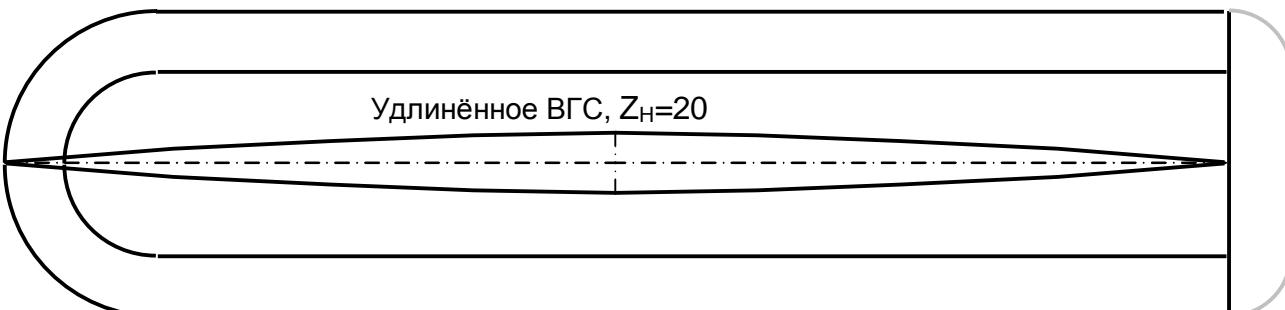
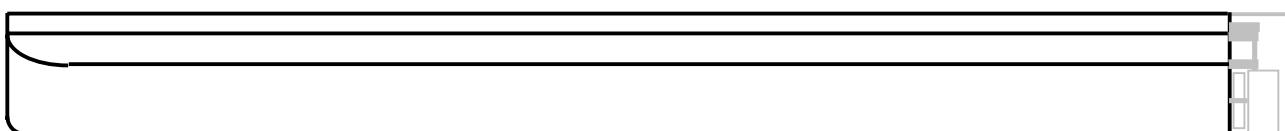
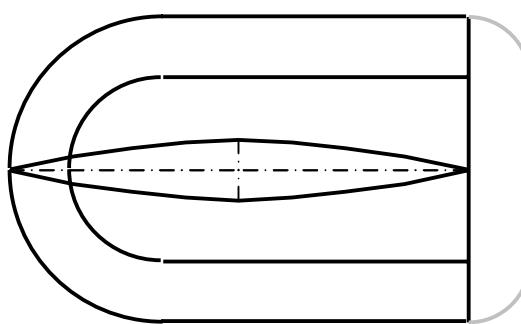
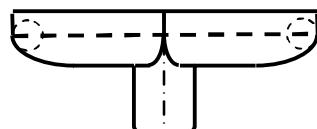
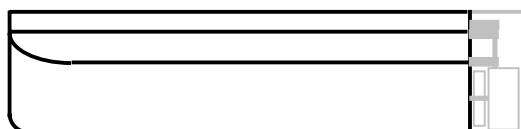
21⁰. ПРОПОРЦИИ ВГС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ НЧК $Z_H=10; 12; 15$



ПРОПОРЦИИ ВГС ПРИ УМЕНЬШЕННЫХ И УВЕЛИЧЕННЫХ ЗНАЧЕНИЯХ
ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ НЧК $Z_H=5; 7,5, 20$



Очень короткие и широкие ВГС:
 $Z_H=5; 7,5$ (для $v/(gL)^{1/2} < 0,4$).
НЧК обеспечивает курсовую устойчивость



МАКЕТ (1:10) ВОДОИЗМЕЩАЮЩЕ-ГЛИССИРУЮЩЕГО СУДНА L=8,125 м, B=3,2 м

- для диапазона переходных скоростей $Fr=v/(gL)^{1/2} \geq 0,4$, без «горба» волнового сопротивления; повышенной мореходности (курсовая устойчивость, уменьшенная качка);
- с обитаемым пространством в плане близким к прямоугольнику;
- форма корпуса – простейшая (лекальные элементы отсутствуют), обеспечивает жесткость конструкции.

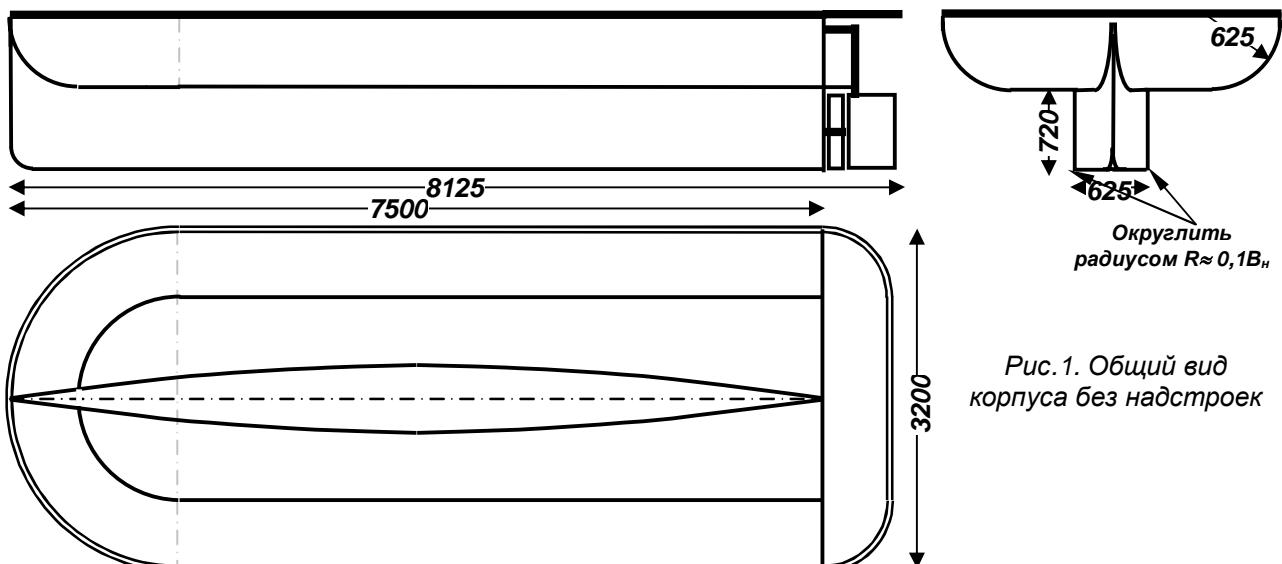
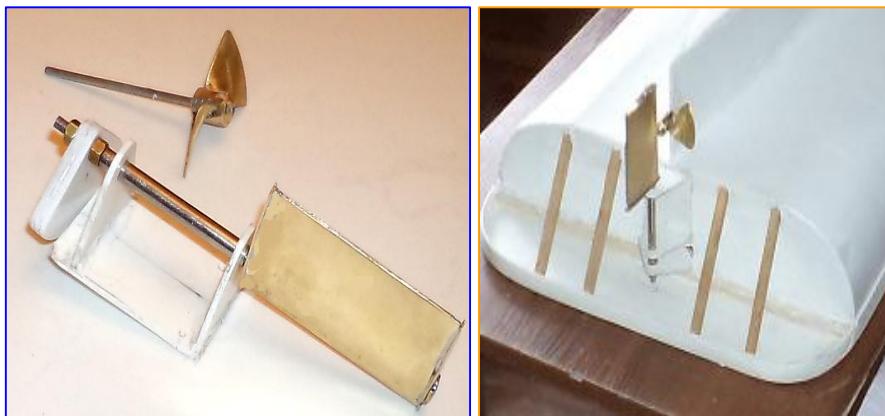


Рис. 1. Общий вид
корпуса без надстроек



Фото корпуса
без надстроек



Гребной винт и руль



Общий вид макета
БГС

2012 г