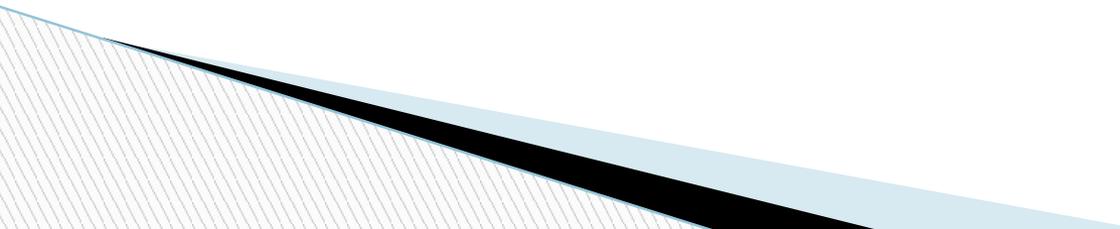


Структура подсистемы «Корпус»



АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЙ ТИП ВОДОИЗМЕЩАЮЩЕГО КОРАБЛЯ

Архитектурно-конструктивный тип водоизмещающего корабля определяется следующими признаками, связанными с корпусными конструкциями:

- числом водоизмещающих корпусов;
 - формой корпуса;
 - числом, расположением и формой надстроек и рубок;
 - местоположением главной энергетической установки;
 - числом главных переборок и палуб в корпусе, а также числом ярусов в надстройках.
- 

По числу корпусов различают одно- и многокорпусные схемы

Возможные гидродинамические схемы водоизмещающих судов и кораблей

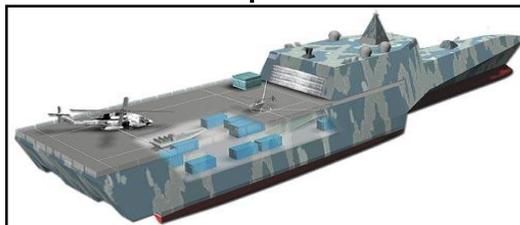
Однокорпусная схема



Катамаран



Тримаран



Судно с аутригерами



Судно с малой площадью ватерлинии



Гидродинамические схемы водоизмещающих судов

Катамараны



Проект катамарана



Тримараны







korabley.net



Судно с аутригерами (с балансирами)



Этот цельнокомпозитное судно имеет длину 43 м, ширину по аутригерам – 15,7 м. Его водоизмещение – 75 т. Четыре дизельных двигателя мощностью по 500 л.с. позволят развивать скорость хода до 32 узлов. Дальность плавания – 3000 миль на 20 узлах и 5000 миль на 12 узлах. За счет высокой автоматизации экипаж корабля составляет всего семь человек, имеется также кубрик для размещения дополнительно восьми человек досмотровой группы. Вооружение включает дистанционно управляемую 20-мм автоматическую артиллерийскую установку и два 12,7-мм пулемета. Корабль оснащен взлетно-посадочной площадкой для размещения БЛА вертолетного типа Schiebel S-100 Camcopter, а также 7-метровой моторной лодкой жестко-надувного типа, быстро спускаемую с кормовой ramпы.

Судно с малой площадью ватерлинии

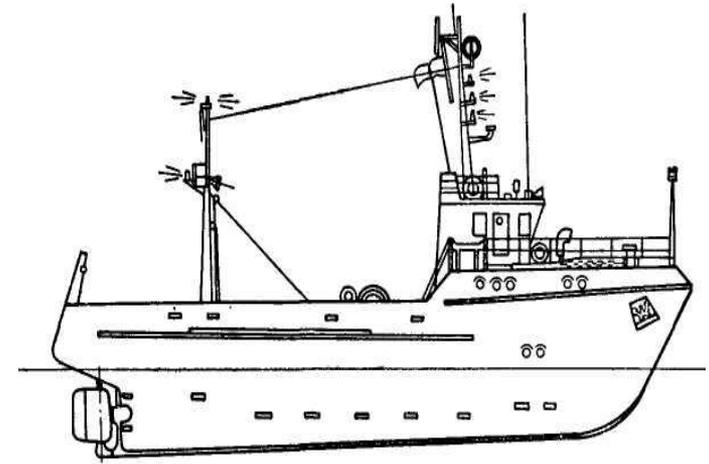
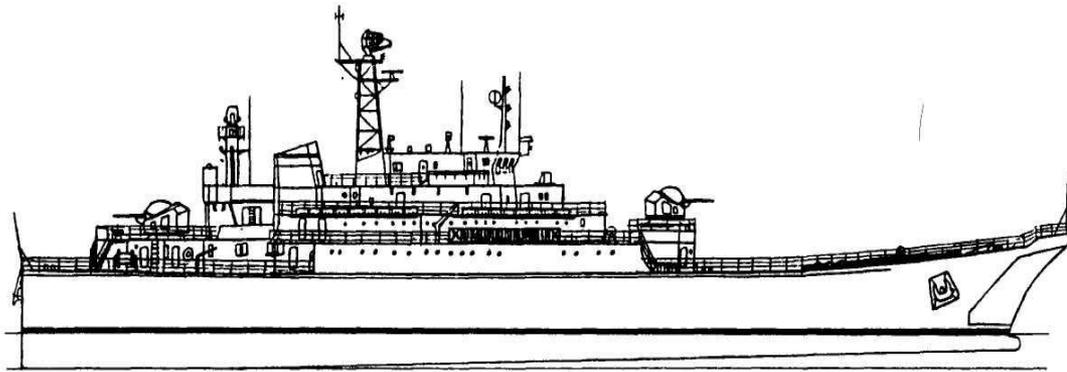


Военное судно «Sea Shadow»

Форма корпуса в архитектурно-конструктивном типе определяется палубной линией, килевой линией, формой мидель-шпангоута, а также формой носовой и кормовой оконечности.

Палубная линия может образовывать седловатость палубы путем плавного подъема линии палубы к оконечностям. Седловатость позволяет уменьшить заливаемость палубы при плавании в условиях волнения и добавляет запас плавучести судну. Для морских судов большого водоизмещения палубная линия принимается горизонтальной, без седловатости.

Килевая линия для большинства водоизмещающих судов принимается горизонтальной. Однако для промысловых судов, с целью облегчения буксировки трала, и для транспортно-высадочных десантных кораблей, с целью уменьшения глубины воды на носовой аппарели при подходе к берегу, возможен конструктивный дифферент на корму

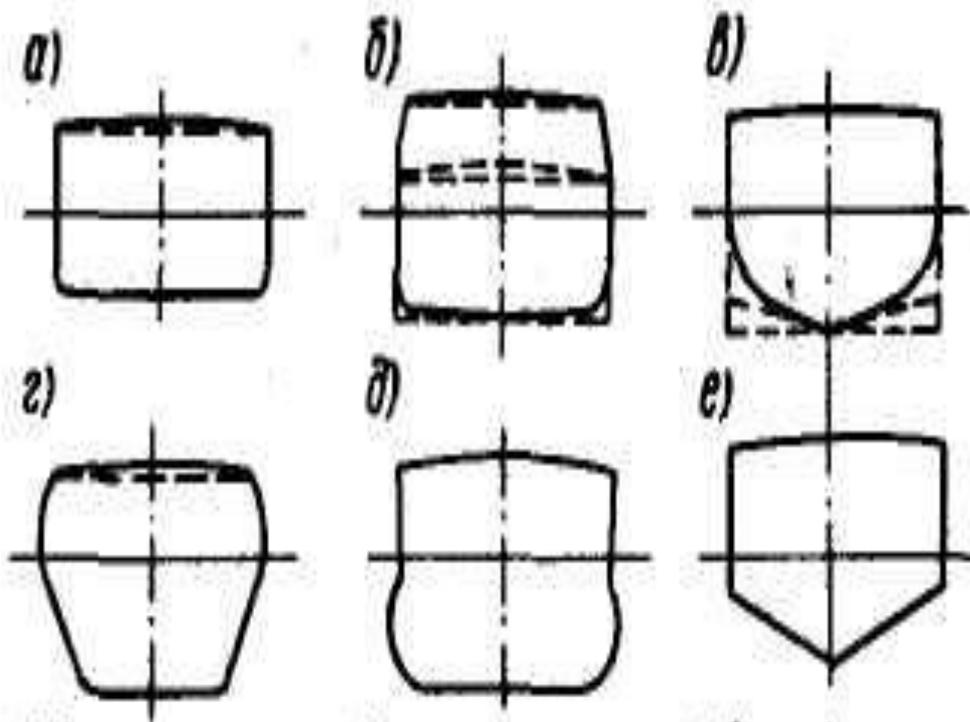


Примеры конструктивного дифферента

Сечение корпуса плоскостью мидель-шпангоута

Типичные формы миделевого сечения:

- а* — плоскодонное судно с вертикальными бортами;
- б* — судно с относительно малым подъемом днища и завалом бортов;
- в* — круглоскулые обводы;
- г* — ледокольные обводы;
- д* — булевые обводы;
- е* — остроскулые обводы



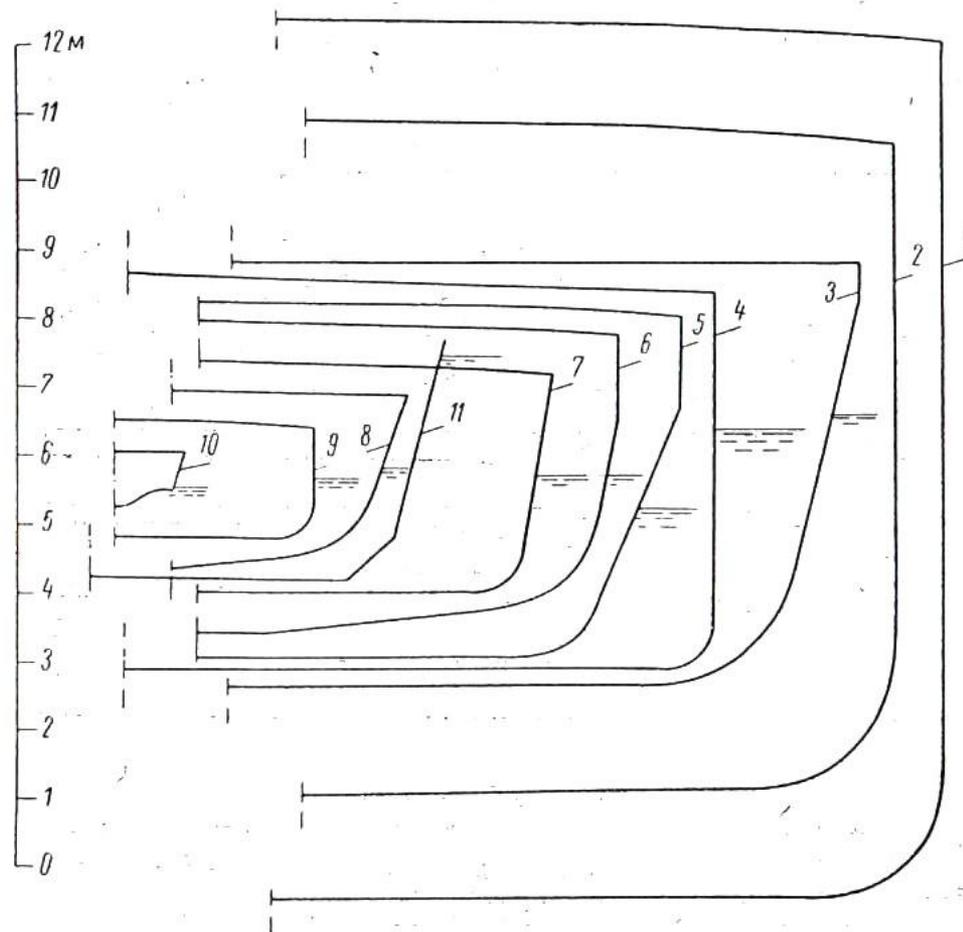
Сечение корпуса плоскостью мидель-шпангоута дает представление о форме поперечного сечения судна, *наклоне бортов*, килеватости днища, размере и форме скулы, погиби палубы.

Большинство судов имеет вертикальные борта, если же борт наклонен наружу от диаметральной плоскости (ДП) или внутрь к ДП, то говорят о развале или завале бортов.

Днище тихоходных судов горизонтально, более быстроходные суда имеют подъем днища к бортам, называемый килеватостью. Угол килеватости в оконечностях больше, чем в районе мидель-шпангоута.

Скула — закругление в месте перехода борта в днище — обладает малым радиусом. Быстроходные суда имеют сравнительно большие подъем днища и радиус закругления скулы, т. е. круглоскулые обводы. Развал бортов в подводной части ледокольных судов способствует ломке льда и уменьшает сжатие судна льдами.

Обводы с булями используются для повышения остойчивости, а также при создании конструктивной подводной защиты.

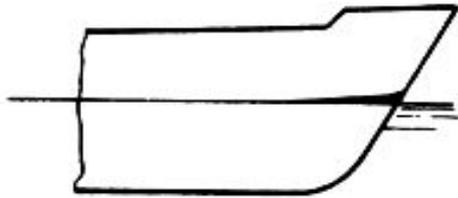


Формы мидель-шпангоутов

1 — морской теплоход водоизмещением 15 тыс. т.; 2 — морское транспортное судно типа «Актюбинск»; 3 — железнодорожный паром «Советский Азербайджан»; 4 — озерный грузовой теплоход «Волго-Дон»; 5 — озерно-речной пассажирский теплоход «Ленин»; 6 — речной пассажирский теплоход «Родина»; 7 — речной паром для автомашин; 8 — буксир «Красное Сормово»; 9 — теплоход для местных пассажирских линий; 10 — пассажирский катер; 11 — морской лихтер с упрощенными (ломаными) обводами.

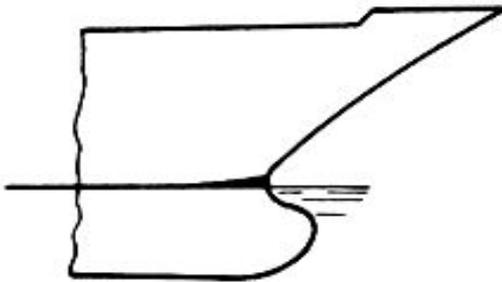
Формы носовой оконечности морских судов

а)



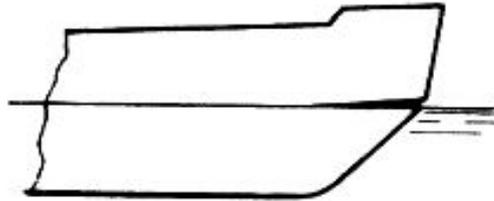
Обыкновенный с прямым
наклонным форштевнем

г)



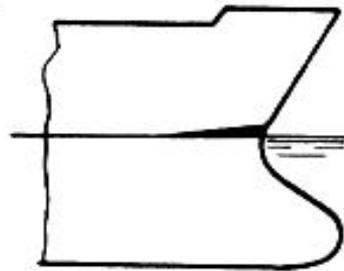
Клиперский нос с
бульбом
(быстроходное судно)

б)



Полуледокольный
(судна ледового плавания)

д)



Бульбообразный

е)



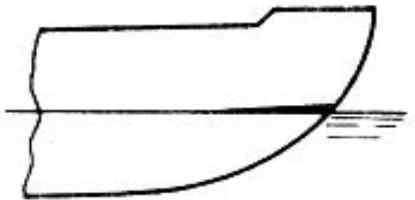
Цилиндрический
(нос супертанкера)

в)



Ледокольный
(нос ледокола)

ж)



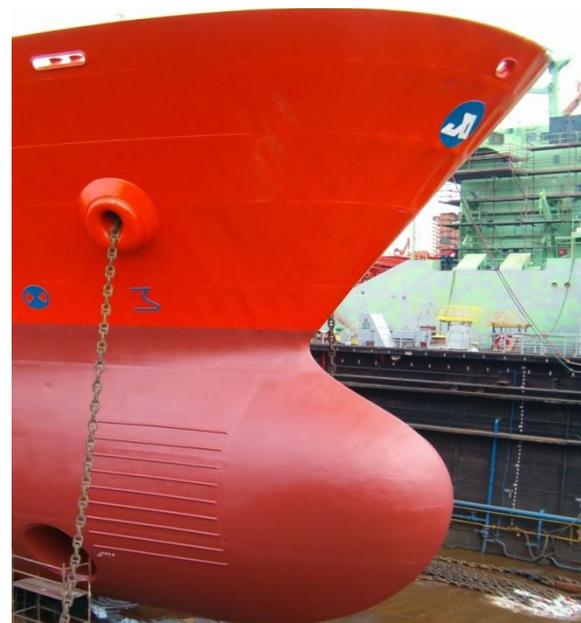
Ложкообразный
(нос рыболовного
судна)

Типичные формы носовой оконечности морских судов

Виды носовых оконечностей



Круизный лайнер «Diamond Princess»



Бульбообразный нос



Клиперский нос



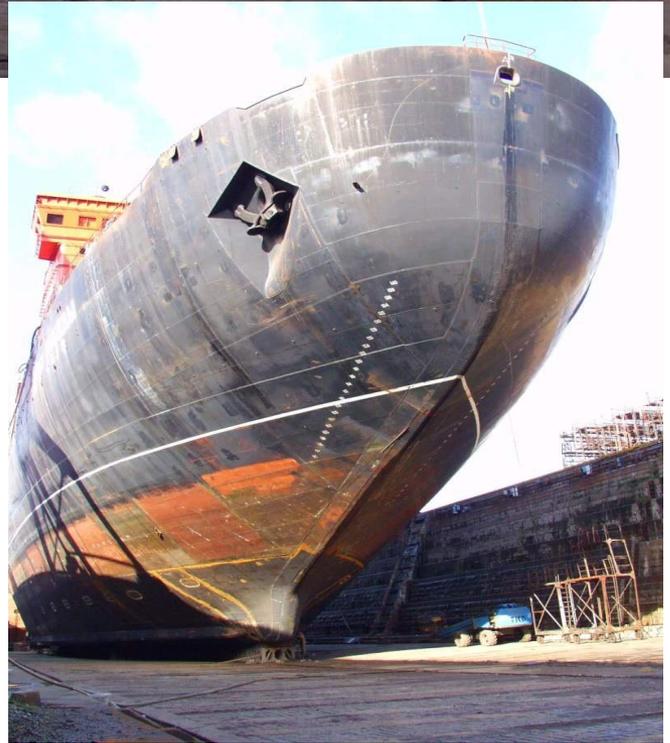
Цилиндрический нос

Ледокольные и полуледокольные носовые оконечности судов



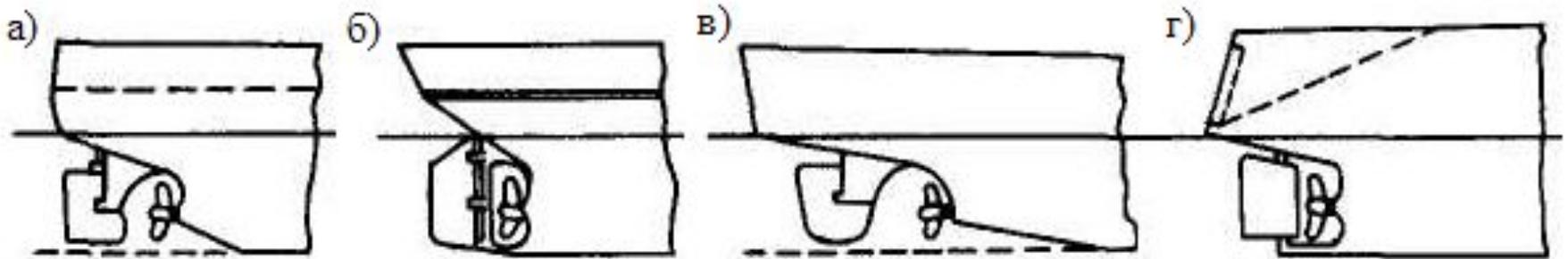


Судно неограниченного района плавания с усиленным ледовым классом с наклонным форштевнем и крейсерской кормовой оконечностью, с удлиненной двухъярусной надстройкой бака, носовым расположением жилой надстройки и вертолетной площадки, машинным отделением в средней части, с дизель-электрической энергетической установкой, с двумя полноповоротными винторулевыми колонками.



Форма кормовой оконечности

Форма кормовой оконечности определяется требованиями ходовых качеств и формирования потока воды, подтекающего к гребному винту.



Типичные формы кормовой оконечности морских судов:

а — крейсерская корма;

б — обыкновенная корма;

в — транцевая корма;

г — корма промыслового судна

Форма кормовой оконечности (примеры)



Кормовая оконечность ледокола «Ямал»



Кормовая оконечность ледокола
«Михаил Сомов»

Число и расположение надстроек и рубок.

Рубками считаются строения на верхней палубе, бортовые стенки которых не доходят до борта судна более чем на 0,04 его ширины, остальные строения на верхней палубе — надстройки.

Носовая надстройка — бак позволяет повисить надводный борт в носовой оконечности и уменьшить заливаемость верхней палубы. Если его длина превышает треть длины судна, то он превращается в полубак.

Кормовая надстройка — ют дает возможность разместить дополнительные помещения, особенно на судах малого водоизмещения. Ют также может быть удлиненным. При длине юта свыше трети длины судна он считается полуютом. На судах со средним положением машинного отделения имеется средняя надстройка..

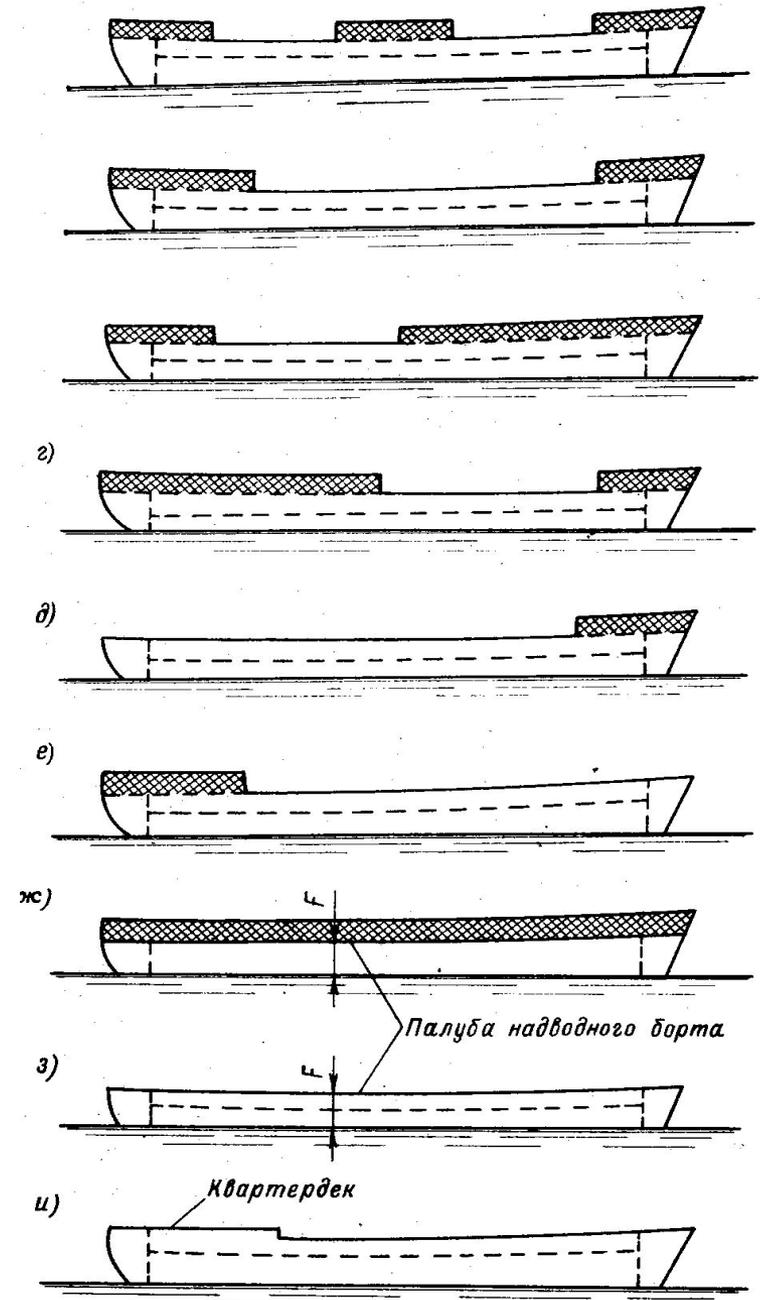
Архитектурно-конструктивные типы судов, отличающихся числом и расположением надстроек

По числу и расположению надстроек (При этом рубки, т. е. расположенные на верхней палубе помещения, бортовые стенки которых не доходят до бортов более чем на 0,04 ширины судна, не учитывают.) различают следующие архитектурные типы судов трёхостровные, имеющие три надстройки: бак, среднюю надстройку и ют. Если сумма расстояний между надстройками составляет менее 25 % длины судна, то такое судно называют **к о л о д е з н ы м**; двухостровные, имеющие две надстройки: чаще всего бак и ют. Эти суда также могут иметь удлинённый бак или удлинённый ют — в тех случаях, когда средняя надстройка сливается с баком или ютом; одноостровные, имеющие одну надстройку: бак или ют; со сплошной надстройкой по всей длине судна; гладкопалубные без надстроек, у которых имеются только рубки.

Кроме перечисленных основных архитектурных типов судов встречаются квартердечные суда, т. е. суда, имеющие кварталдек — местный подъём верхней палубы на 0,8—1,2 м в кормовой части. Такие суда помимо кварталдека могут иметь любые надстройки.

Архитектурно-конструктивные типы судов, отличающихся числом и расположением надстроек:

- а – трёхостровное судно;
- б – двухостровное;
- в – двухостровное с удлинённым баком;
- г – двухостровное с удлиненным ютом;
- д – одноостровное с баком;
- е – одноостровное с ютом;
- ж – со сплошной надстройкой;
- з – гладкопалубное безнадстроек;
- и – четвердечное



Характерным признаком, отличающим конструктивный тип судна и присущим всем морским судам, является соответствие предельно допустимой по Правилам о грузовой марке осадки той осадке, которая назначена судну при его проектировании и принята в расчётах прочности корпуса. Если проектная осадка соответствует осадке по Правилам, то такое судно называют судном с минимальным надводным бортом, или полнонаборным, если же она меньше, то — судном с избыточным надводным бортом.

К признакам, отличающим архитектурно-конструктивный тип грузовых судов, относится также степень раскрытия палубы над грузовыми трюмами. Чем больше это раскрытие, тем удобнее и быстрее проводятся погрузочно-разгрузочные операции, тем меньше простаивает судно в порту.



Варианты компоновки надстроек и рубок

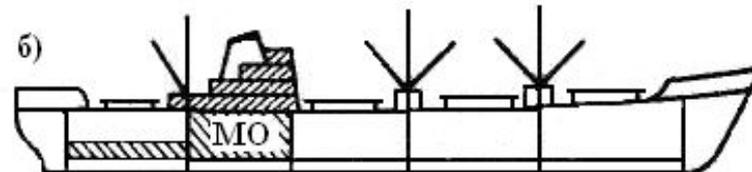
Расположение главной энергетической установки.

На современных морских транспортных судах чаще встречается чисто кормовое либо сдвинутое в корму от миделя так называемое промежуточное расположение. В настоящее время практически все наливные суда, а также суда для перевозки навалочных грузов и большинство сухогрузных судов имеют кормовое расположение МО и жилой надстройки

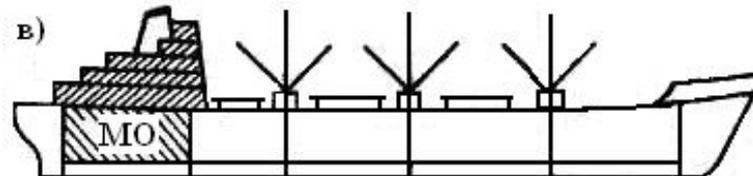
а) — среднее расположение;



б) — промежуточное расположение;



в) — кормовое расположение



Число главных переборок и палуб в корпусе, а также число ярусов в надстройках и рубках определяется требованиями вместимости и общего расположения и требованиями защищенности и живучести.

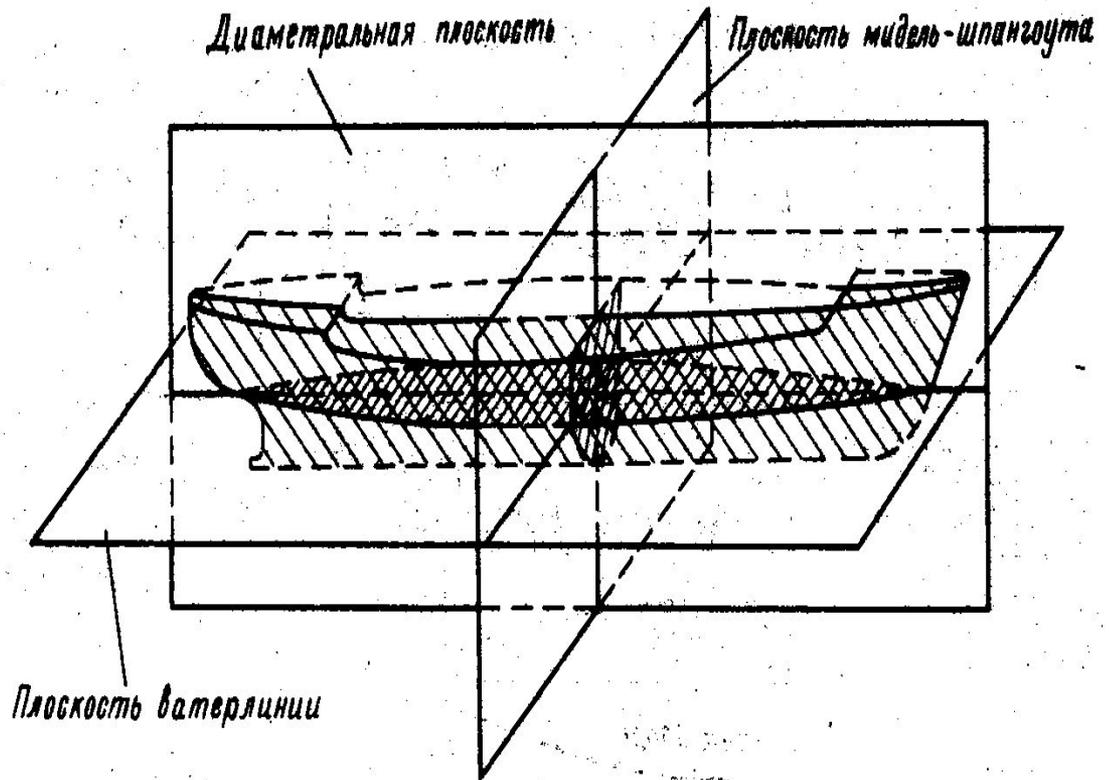
Геометрические характеристики подсистемы «Корпус»

Корпус и надстройки современного корабля представляют собой геометрические тела сложной формы.

Параметры, описывающие судовую геометрию, могут быть как абсолютными, так и относительными (безразмерными). Все параметры могут быть разделены на несколько групп:

1. Главные размерения корабля и их соотношения.
2. Коэффициенты полноты — интегральные характеристики формы корпуса.
3. Параметры, описывающие объемы и площади корпуса.

- 1) Вертикальной продольной плоскостью, проходящей посередине ширины судна, называемой диаметральной плоскостью (сокращённо ДП);
- 2) Вертикальной поперечной плоскостью, проходящей посередине расчётной длины судна, называемой плоскостью мидель-шпангоута;
- 3) Горизонтальной плоскостью, совпадающей с поверхностью воды и называемой плоскостью ватерлинии.



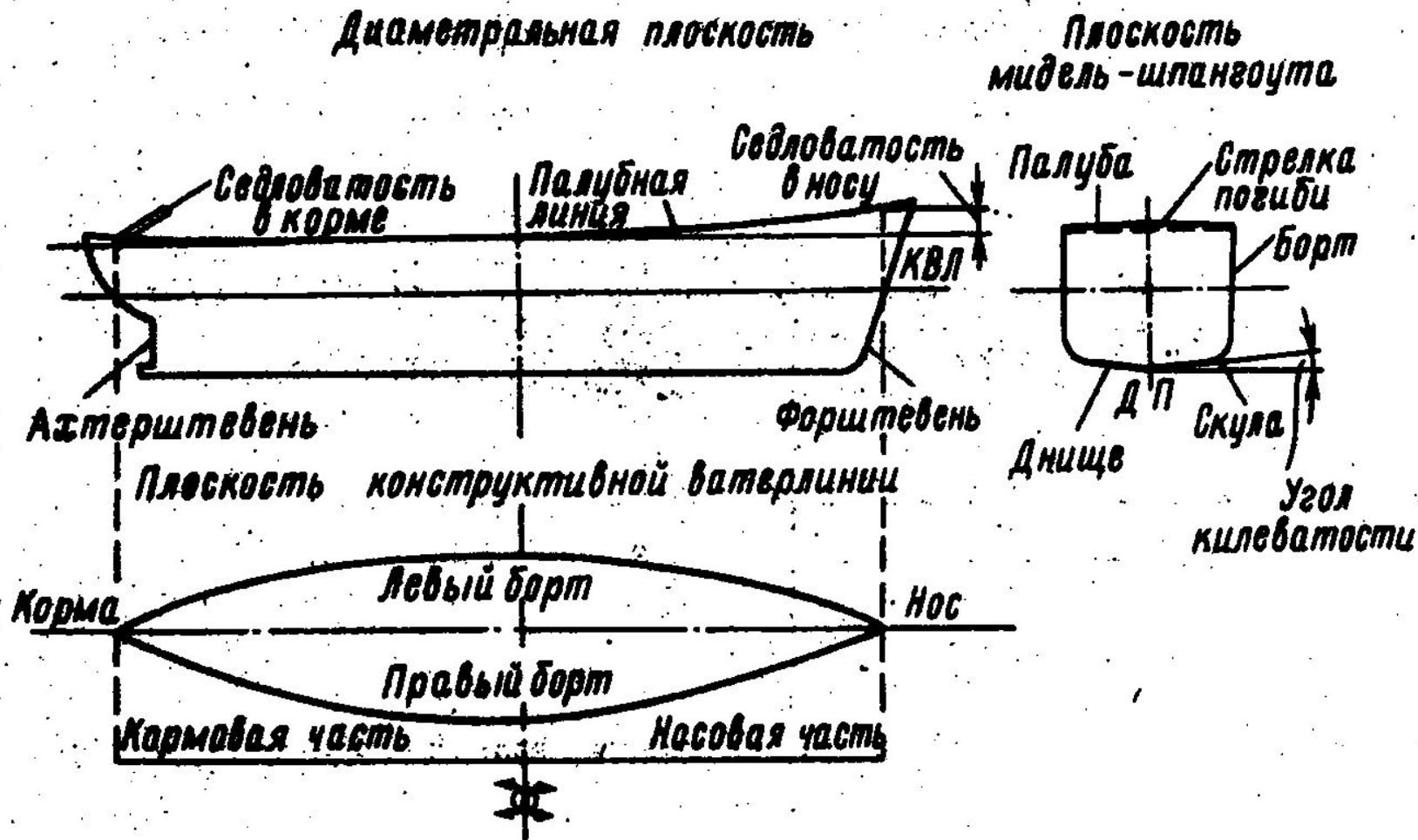
Сечение корпуса судна тремя взаимно перпендикулярными плоскостями

Сечение корпуса диаметральной плоскостью даёт представление о форме штевней, а также палубной и килевой линий.

Сечение корпуса плоскостью мидель - шпангоута характеризует полноту обводов в средней части, показывает форму поперечного сечения судна — наклон бортов, килеватость днища, размер и форму скулы и погирь палубы.

Сечение корпуса плоскостью ватерлинии даёт представление о форме бортовых обводов судна в горизонтальной плоскости. Различают конструктивную, грузовую и расчётную ватерлинии.

Основные сечения корпуса



Главные размерения корабля и их соотношения.

Длина судна L

Различают:

длину по конструктивной ватерлинии $L_{квл}$ — расстояние, измеренное в плоскости КВЛ между точками пересечения с диаметральной плоскостью (ДП) ее носовой и кормовой частей;

длину между перпендикулярами $L_{пп}$ — расстояние, измеренное в плоскости КВЛ между носовым и кормовым перпендикулярами;

длину наибольшую $L_{нб}$ — расстояние, измеренное в горизонтальной плоскости между крайними точками носовой и кормовой оконечностей корпуса без выступающих частей;

длину габаритную $L_{гб}$ — расстояние, измеренное в горизонтальной плоскости между крайними точками носовой и кормовой оконечностей с учетом постоянно выступающих частей.

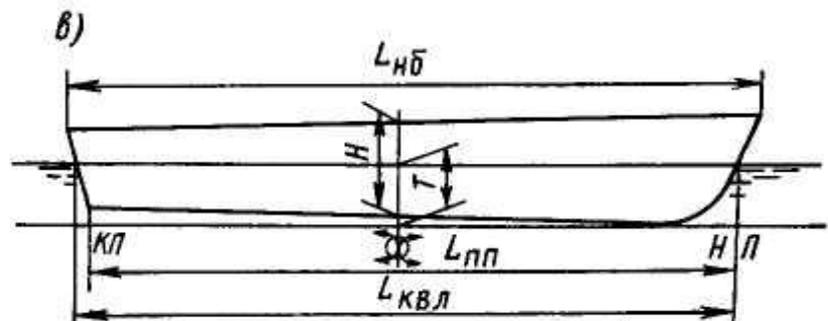
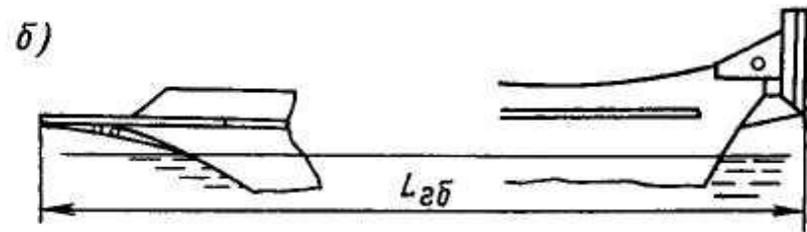
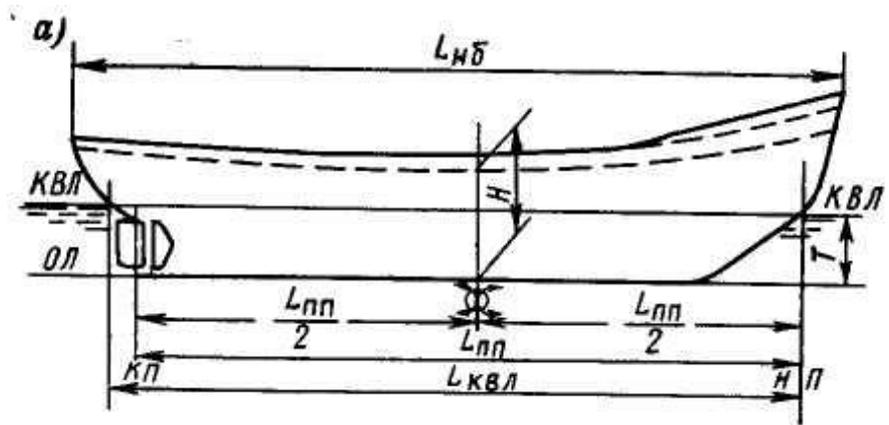


Схема определения длины судна

Ширина судна В

Различают :

ширину по КВЛ $V_{\text{квл}}$ — расстояние, измеренное в наиболее широкой части судна на уровне КВЛ в точках пересечения ее с внутренней поверхностью обшивки корпуса.

Аналогично определяют для любой расчетной ватерлинии ширину по ватерлинии $V_{\text{вл}}$;

ширину на мидель-шпангоуте V — расстояние, измеренное на мидель-шпангоуте перпендикулярно к ДП на уровне КВЛ или расчетной ВЛ между внутренними поверхностями обшивки корпуса;

ширину наибольшую $V_{\text{нб}}$ — расстояние, измеренное в наиболее широкой части перпендикулярно к ДП между крайними точками корпуса без учета обшивки, привальных брусьев и других постоянно выступающих частей;

ширину габаритную $V_{\text{гб}}$ — расстояние, измеренное в наиболее широкой части перпендикулярно к ДП между крайними точками корпуса с учетом любых выступающих частей.

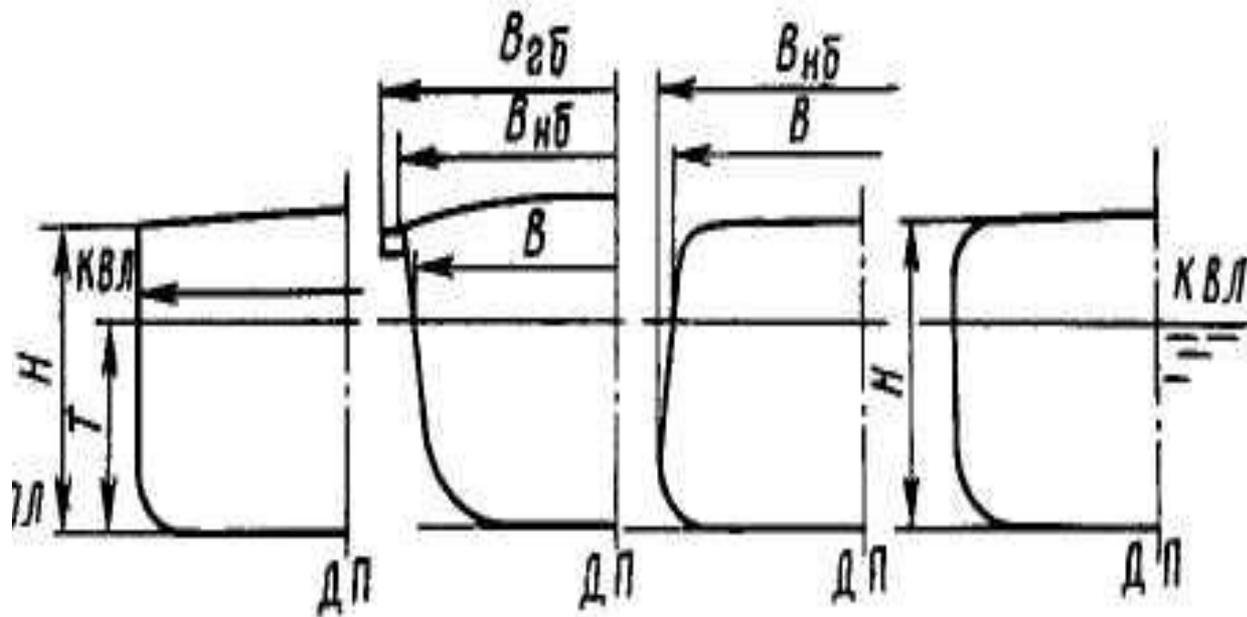


Схема определения ширины судна

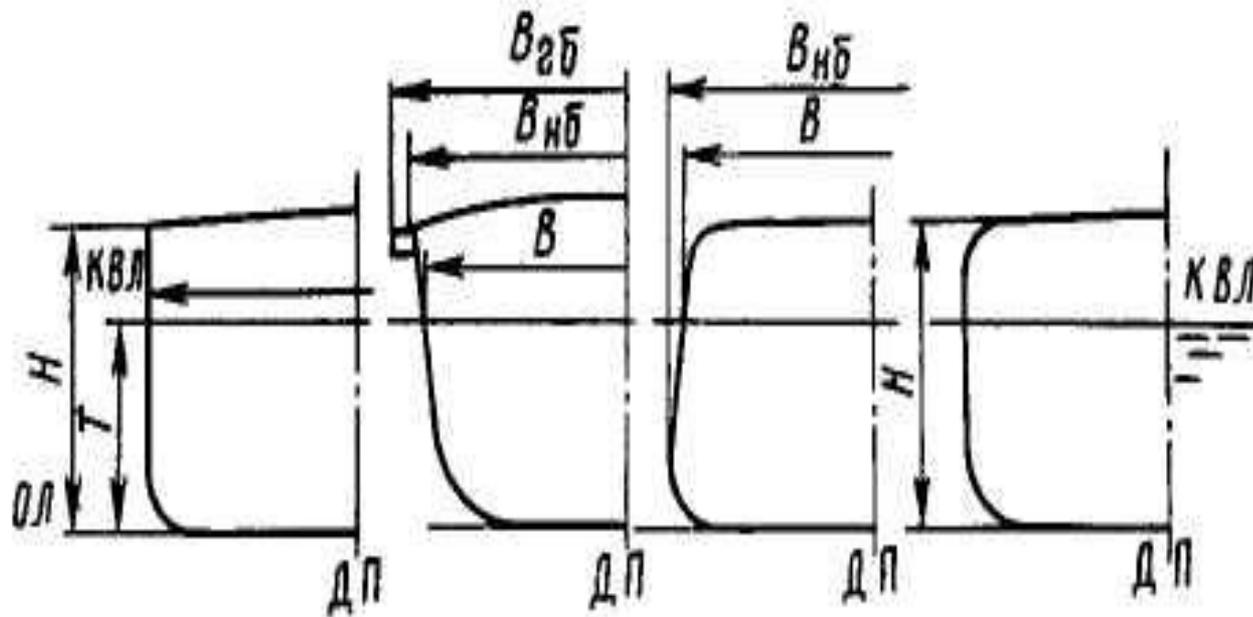


Схема определения ширины судна

Осадка судна Т

Осадка судна Т — вертикальное расстояние, измеренное в плоскости мидельшпангоута от основной плоскости до плоскости КВЛ или расчетной ВЛ.

Осадка судна Т

Различают :

осадку расчетную, или теоретическую, носом T_H и кормой T_K — расстояния по вертикали на носовом и кормовом перпендикулярах от плоскости расчетной ватерлинии до прямой, составляющей продолжение килевой линии;

среднюю осадку $T_{CP} = (T_H + T_K)/2$;

осадку наибольшую $T_{НБ}$, измеренную от КВЛ до внешней кромки наружной обшивки или брускового кия;

осадку габаритную $T_{ГБ}$, измеренную от КВЛ до наинизшей точки судна с учетом всех выступающих частей.

Если $T_H = T_K$, то говорят, что судно «плавает на ровный киль»; если $T_H \neq T_K$ то говорят, что «судно плавает с дифферентом», равным разности этих осадков, причём если осадка кормой больше, то говорят «дифферент на корму», если осадка носом больше — «дифферент на нос».

Средняя осадка, дифферент и угол крена характеризуют посадку судна.

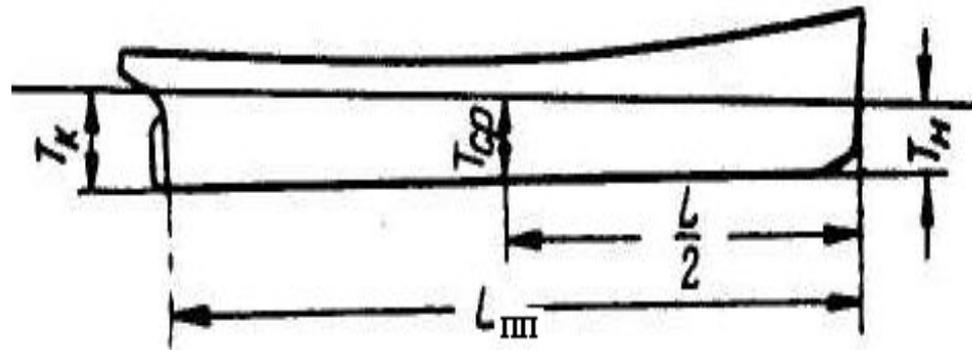


Схема осадок для судна с конструктивным дифферентом

Высота борта судна Н

Высота борта судна Н — вертикальное расстояние, измеренное на мидель-шпангоуте у борта от внутренней кромки вертикального киля до верхней кромки бимса палубы надводного борта. Палубой надводного борта называют самую верхнюю непрерывную открытую палубу, имеющую постоянные средства закрытия всех отверстий на открытых ее частях и постоянные средства закрытия отверстий в бортах судна ниже этой палубы.

Высота надводного борта F — это разность между высотой борта и осадкой:

$$F = H - T$$

Надводный борт во время рейса изменяется в зависимости от осадки судна, которая, в свою очередь, зависит от количества находящихся на судне грузов (включая судовые запасы).

Минимальная высота надводного борта определяется Международными правилами о грузовой марке или по условиям обеспечения непотопляемости. Её значение наносят на борту судна.

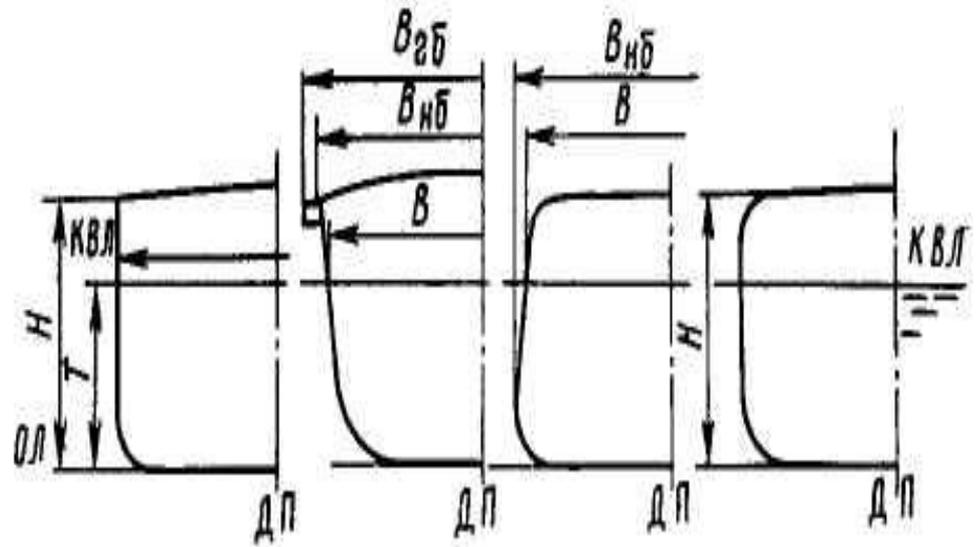


Схема определения ширины судна

Соотношение главных размерений гражданских судов и кораблей

Тип судна	Соотношения главных размерений			
	L/B	B/T	H/T	L/H
Океанские пассажирские лайнеры	7...10	2,4...3,1	1,35...1,70	12...15
Универсальные сухогрузы, большие	7,2...8,0	2,4...2,6	1,30...1,50	12...14
Танкеры крупнотоннажные	6,0...7,0	2,5...3,0	1,29...1,40	12...14
Ледоколы	3,5...4,5	2,2...3,2	1,40...1,70	7...10
Рыбопромысловые суда	5,0...6,0	2,0...2,4	1,20...1,30	9...11
Буксиры морские	3,0...4,0	2,4...3,0	1,20...1,40	6...8
Авианесущие корабли	7,7...8,7	2,6...3,7	–	–
Крейсера современные	8,9...11	2,3...3,9	–	–
Эскадренные миноносцы современные	7,3...10,3	2,5...3,2	–	–
Фрегаты	7,9...10,1	2,8...3,5	–	–
Корветы	6,7...9,5	3,0...3,7	–	–

Главные размерения L , B , H , T не только определяют размеры судна, но и в известной степени характеризуют его форму. С этой целью рассматривают соотношений главных размерений, например L/B ; B/T ; H/T ; L/H и B/H , которые могут служить первичной характеристикой формы корпуса судна.

Соотношения главных размерений оказывают влияние на различные мореходные качества судна. Чем больше отношение L/B , тем быстроходнее судно. Увеличение отношения B/T существенно увеличивает остойчивость, влияет на ходкость и поворотливость. Чем больше отношение H/T , тем выше степень непотопляемости судна.

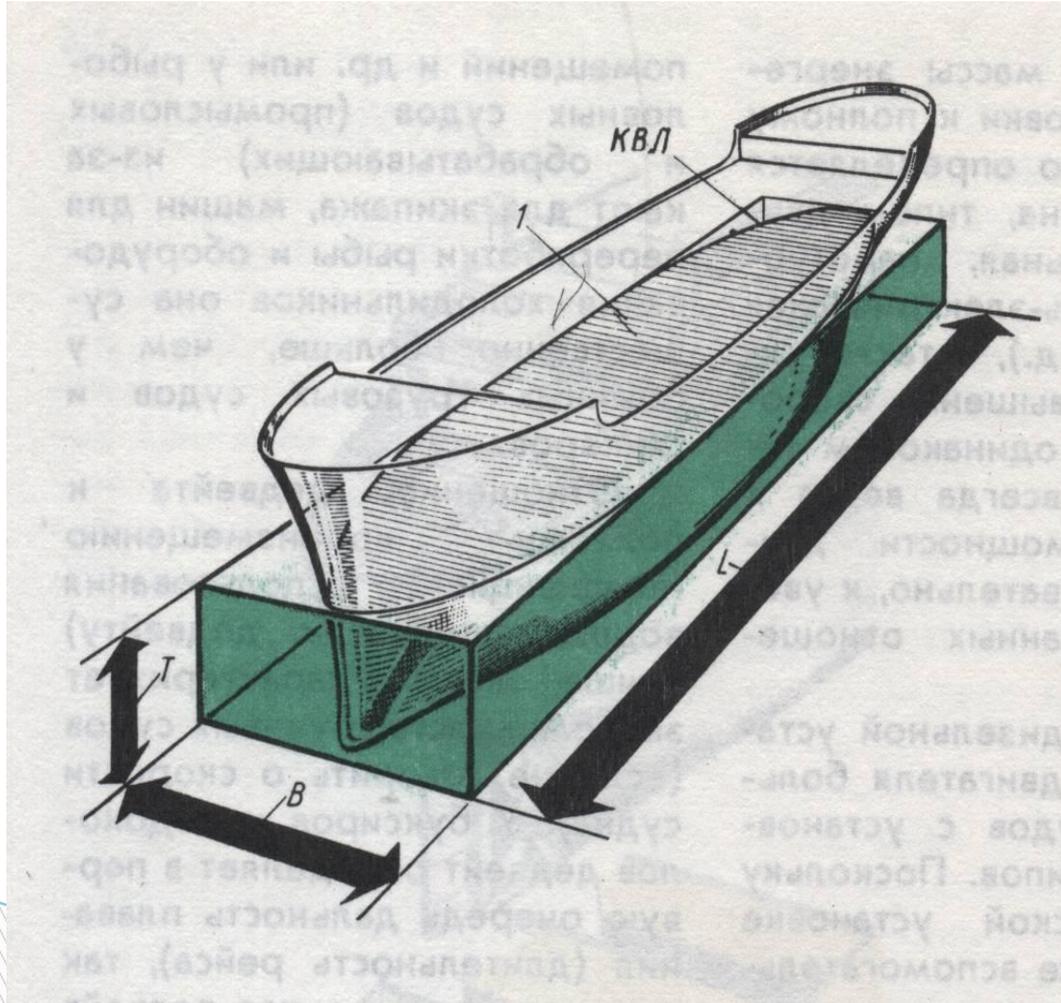
Коэффициенты полноты — интегральные характеристики формы корпуса.

Кроме перечисленных линейных главных размерений судно характеризуется объемными и массовыми измерителями, к числу которых относятся: водоизмещение, объёмное V , м³ — объём подводной части судна, и водоизмещение D , т — масса судна. Водоизмещение равно объёмному, умноженному на плотность воды, в которой плавает судно.

Для более полного представления об особенности формы корпуса судна рассматривают следующие безразмерные коэффициенты полноты подводной части корпуса:

- **коэффициент полноты конструктивной ватерлинии α ;**
- **коэффициент полноты мидель-шпангоута β ;**
- **коэффициент общей полноты δ ;**
- **коэффициент продольной полноты φ ;**
- **коэффициент вертикальной полноты χ**

Коэффициенты полноты — интегральные характеристики формы корпуса.



коэффициент полноты конструктивной ватерлинии α — отношение площади КВЛ S к площади прямоугольника, стороны которого равны L и B :

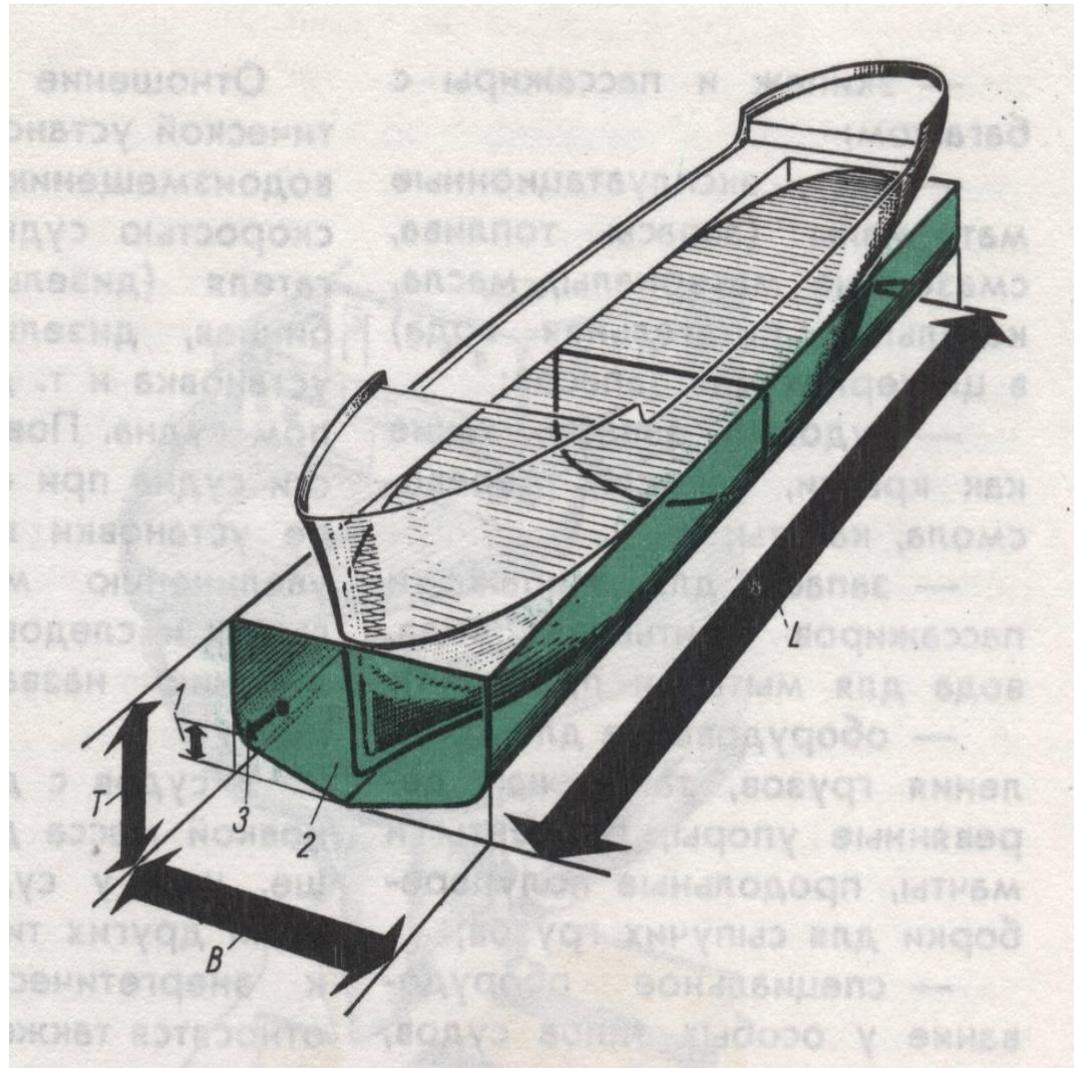
$$\alpha = \frac{S}{LB}$$

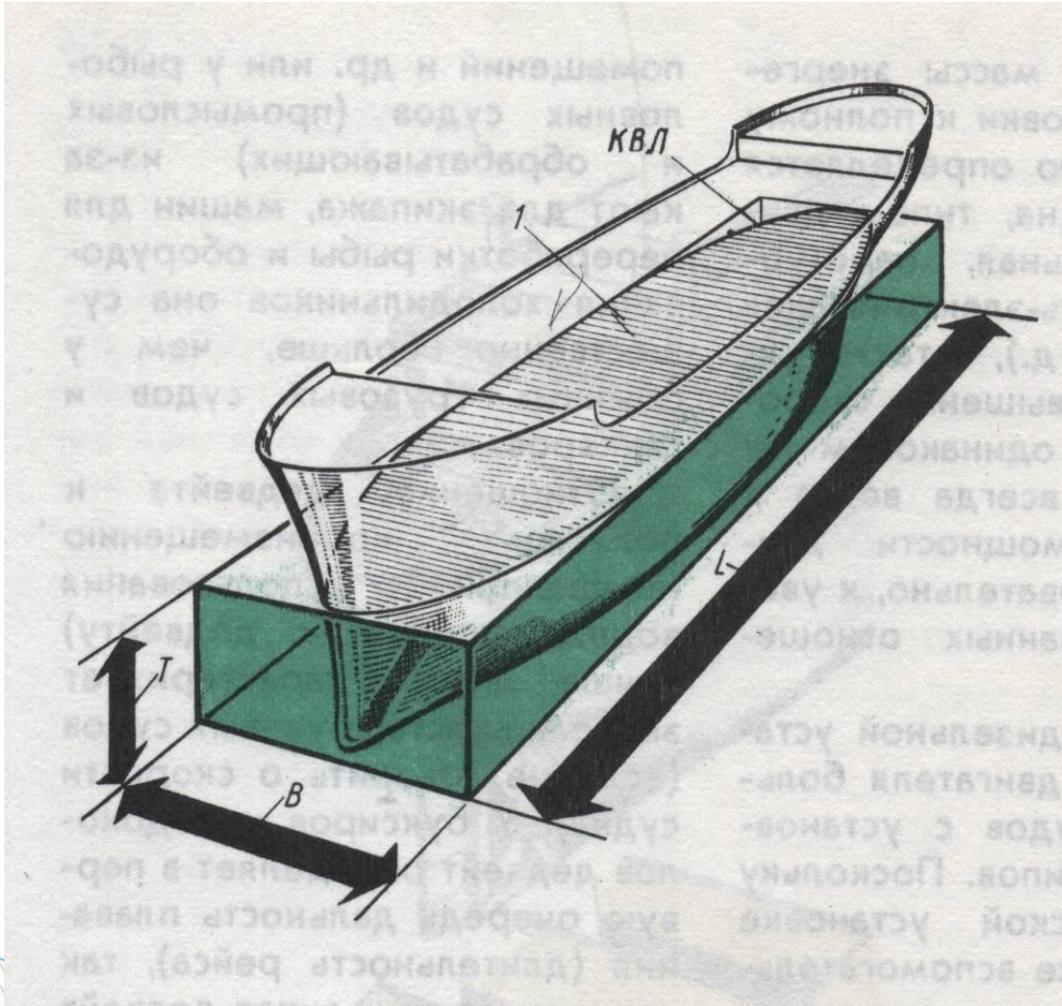
1- площадь КВЛ;
КВЛ-конструктивная ватерлиния;
 L – длина судна;
 B – ширина судна;
 T – осадка судна.

коэффициент полноты мидель-шпангоута β —
отношение площади мидель-шпангоута ω к площади
прямоугольника со сторонами
 B и T :

$$\beta = \frac{\omega}{BT}$$

- 1- подъём скулы;
- 2- площадь мидель-шпангоута;
- 3- радиус закругления скулы;
- B – ширина судна;
- T – осадка судна.





коэффициент общей полноты δ — отношение объёмного водоизмещения V к объёму параллелепипеда, построенного на главных размерах судна L , B и T :

$$\delta = \frac{V}{LBT}$$

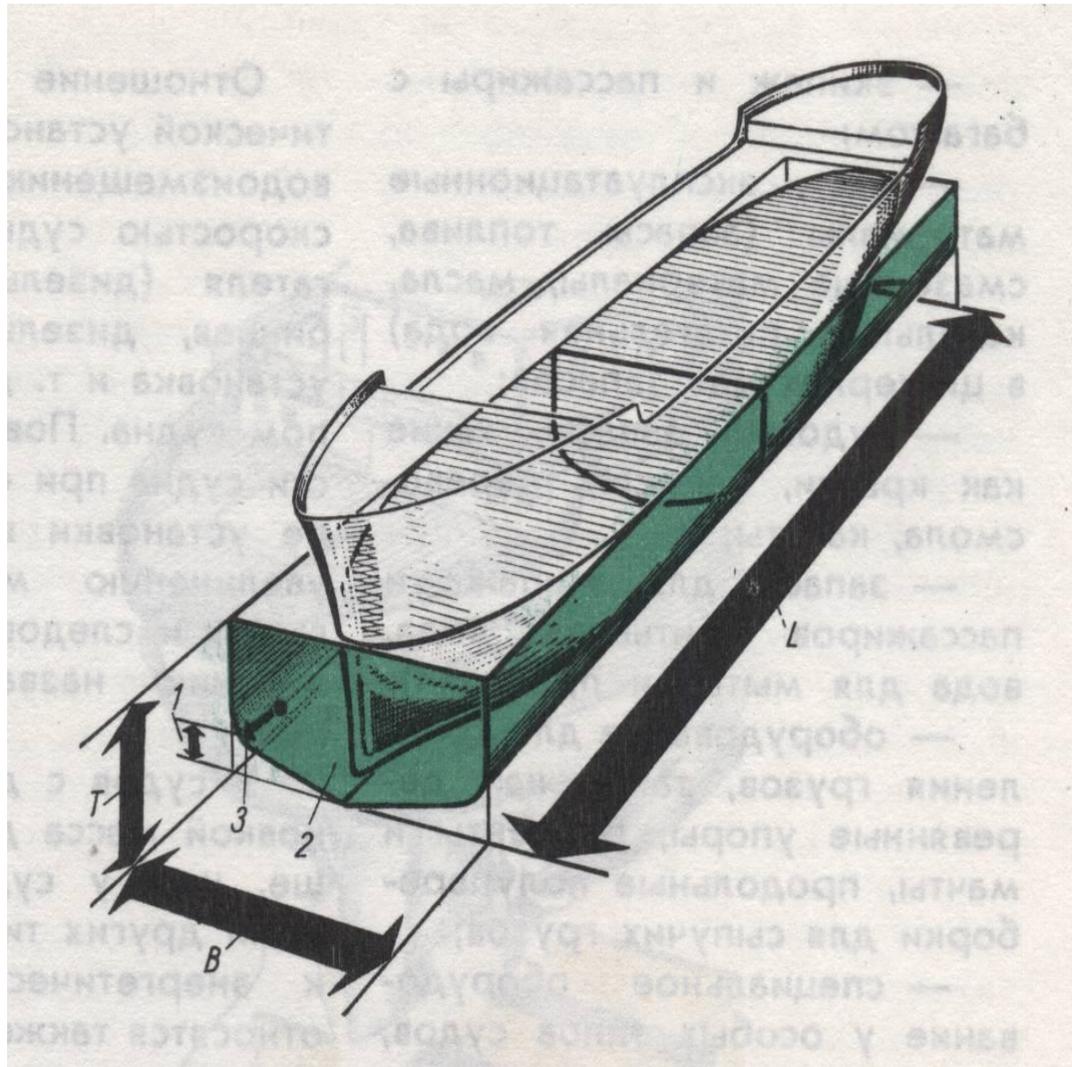
1- площадь КВЛ;
КВЛ-конструктивная ватерлиния;
 L – длина судна;
 B – ширина судна;
 T – осадка судна.

коэффициент продольной

полноты φ — отношение объёмного водоизмещения к объёму призмы, имеющей основанием площадь мидель-шпангоута ω и высоту L :

$$\varphi = \frac{V}{\omega L} = \frac{\delta L B T}{\beta B T L} = \frac{\delta}{\beta}$$

- 1- подъём скулы;
- 2- площадь мидель-шпангоута;
- 3- радиус закругления скулы;
- B – ширина судна;
- T – осадка судна.



коэффициент вертикальной полноты χ — отношение объёмного водоизмещения к объёму призмы, имеющей основанием площадь конструктивной ватерлинии S и высоту T :

$$\chi = \frac{V}{ST} = \frac{\delta LBT}{\alpha BT} = \frac{\delta}{\alpha}$$

Численные значения соотношений главных размерений и коэффициентов полноты зависят не только от стремления придать судну надлежащие мореходные качества, но также от требований, накладываемых его назначением, условиями эксплуатации и ряда других факторов. Более быстроходным судам отвечают меньшие значения α , δ , φ , характеризующие более заострённую и удобообтекаемую форму. С увеличением δ ухудшается начальная остойчивость, а с увеличением α она, наоборот, увеличивается.

В таблице ниже приведены диапазоны изменения характеристик формы судов различных типов.

Соотношения главных размерений и коэффициенты полноты некоторых типов гражданских судов

Тип судна	Соотношения главных размерений				Коэффициенты полноты		
	<i>L/B</i>	<i>B/T</i>	<i>H/T</i>	<i>L/H</i>	δ	α	β
Океанские пассажирские лайнеры	7 – 10	2,4 – 3,1	1,35 – 1,70	12 – 15	0,56 – 0,70	0,70 – 0,80	0,95 – 0,96
Морские пассажирские суда	6,5 – 7,5	2,6 – 3,2	1,35 – 1,45	10 – 14	0,50 – 0,60	0,70 – 0,80	0,85 – 0,96
Сухогрузные суда общего назначения:	7,2 – 8,0	2,4 – 2,6	1,30 – 1,50	12 – 14	0,62 – 0,72	0,80 – 0,85	0,95 – 0,98
- большие	6,5 – 7,5	2,3 – 2,5	1,30 – 1,50	10 – 14	0,65 – 0,75	0,80 – 0,85	0,96 – 0,98
- средние	6,0 – 7,0	2,2 – 2,4	1,20 – 1,40	10 - 14	0,70 – 0,75	0,80 – 0,85	0,96 – 0,98
- малые							
Суда для навалочных грузов	6,2 – 7,0	2,3 – 2,8	1,30 – 1,40	10,5 – 13,0	0,73 – 0,80	0,78 – 0,83	0,96 – 0,99
Контейнеровозы:							
- большие	6,2 – 7,0	2,7 – 3,0	1,7 – 2,0	9,0 – 11,0	0,60 – 0,68	0,80 – 0,85	0,95 – 0,98
- малые	6,0 – 6,5	2,5 – 3,2	1,4 – 1,8	9,0 – 11,5	0,65 – 0,70	0,82 – 0,86	0,97 – 0,98
Суда с горизонтальной грузообработкой:	6,5 – 7,0	3,0 – 3,5	2,0 – 2,3	8,8 – 10,5	0,58 – 0,65	0,85 – 0,88	0,93 – 0,95
- большие	5,8 – 6,5	2,8 – 3,8	1,9 – 2,2	8,2 – 9,2	0,62 – 0,70	0,82 – 0,85	0,95 – 0,97
- малые							
Танкеры:							
- крупнотоннажные	5,5 – 7,0	2,5 – 3,5	1,29 – 1,40	12 – 14	0,75 – 0,85	0,83 – 0,88	0,96 – 0,99
- среднетоннажные	6,0 – 7,5	2,3 – 2,5	1,29 – 1,31	12,5 - 14	0,72 – 0,78	0,78 – 0,86	0,97 – 0,99
Ледоколы	3,5 – 4,5	2,2 – 3,2	1,40 – 1,70	7 - 10	0,45 – 0,55	0,75 – 0,77	0,80 – 0,85
Рыбопромысловые суда	5,0 - 6,0	2,0 – 2,4	1,20 – 1,30	9 - 11	0,50 – 0,60	0,75 – 0,80	0,77 – 0,85
Буксиры морские	3,0 – 4,0	2,4 – 3,0	1,20 – 1,40	6 - 8	0,45 – 0,55	0,70 – 0,78	0,80 – 0,90

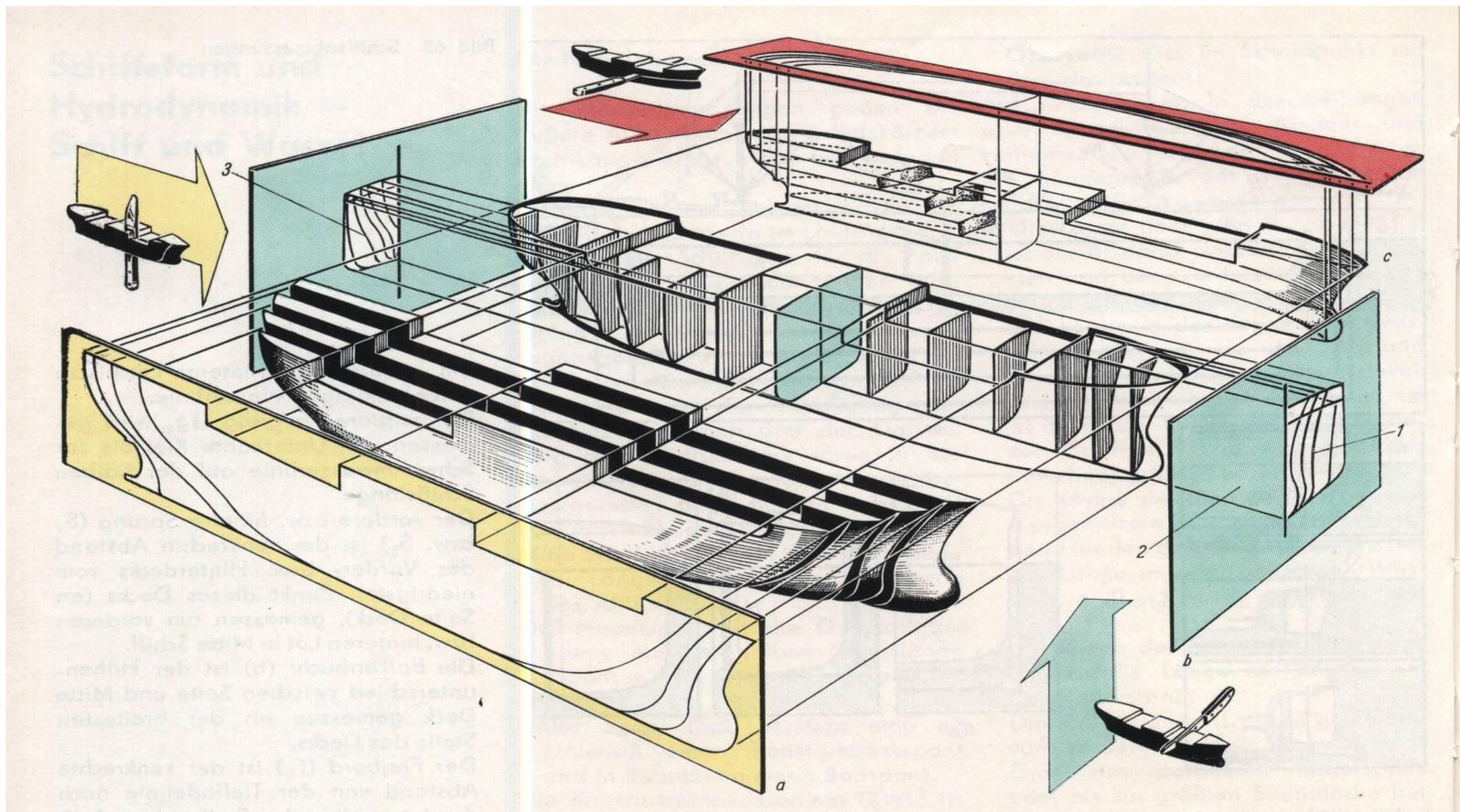
Теоретический чертёж

Наиболее точное представление о форме корпуса корабля дает его теоретический чертёж (ТЧ), составление которого является одной из важнейших задач проектанта.

Теоретическим его называют потому, что он изображает теоретическую поверхность корпуса: без учета наружной обшивки— для металлических судов и с учетом наружной обшивки— для деревянных и железобетонных судов.

Теоретический чертёж судна необходим для выполнения всех расчетов и экспериментов, связанных с определением мореходных качеств, для разработки чертежей общего расположения, конструктивных чертежей и для разбивки корпуса на плазе при постройке судна.

Теоретический чертёж



Изображение корпуса судна на теоретическом чертеже:

- a* – бок; *b* – корпус; *c* – полуширота; 1 – корпус носовой оконечности;
2 – диаметральной плоскости;
3 – корпус кормовой оконечности

Подготовительные работы, которые необходимо сделать перед началом работ по проектированию линий теоретического чертежа.

Проектные решения, касающиеся формы корпуса, выражаются в построении теоретического чертежа.

При построении теоретического чертежа необходимо учитывать весь комплекс вопросов, связанных с влиянием формы судна на его мореходные и эксплуатационные качества.

Перед началом работ по проектированию линий теоретического чертежа должны быть выбраны следующие характеристики и определены особенности формы корпуса судна:

1. Главные размерения - длина L , ширина B , высота борта H и осадка T .
2. Коэффициенты полноты – общей полноты δ , полноты площади ватерлинии α и полноты площади мидель-шпангоута β .
3. Абсцисса центра величины (центра плавучести) x_c - положение центра величины по длине судна.
4. Длина и положение цилиндрической вставки $l_{цв}$ (длина корпуса судна с постоянным сечением шпангоута)
5. Форма шпангоутов в средней части длины судна.
6. Форма носовой и кормовой оконечностей.
7. Форма седловатости верхней палубы.
8. Размеры и форма надстроек на верхней палубе.

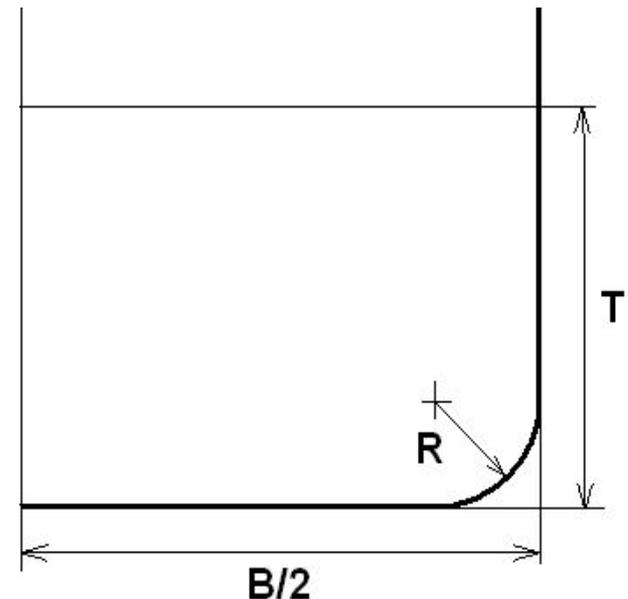
Численные значения характеристик формы корпуса, касающихся подводной части судна, являются основой создаваемого теоретического чертежа и подлежат безусловной реализации, так как связаны с расчетным водоизмещением D и требованиями эксплуатационного характера (удифферентовкой, вместимостью и т.п.) Особенности формы подводной части судна назначаются проектантом на основе общих закономерностей, известных из теоретических исследований и опыта эксплуатации. То же касается и формы надводной части судна.

Форма шпангоутов в средней части длины.

Большинство транспортных судов имеет горизонтальное днище (без килеватости) и вертикальные борта в средней части длины судна. Такая форма корпуса создает благоприятные условия для размещения груза и упрощает технологию постройки. Переход вертикальной линии борта в горизонтальную линию днища называется скулой.

Обычно линия скулы выполняется по дуге окружности. Радиус окружности можно геометрически связать с шириной B , осадкой T и коэффициентом полноты площади мидель-шпангоута β следующей зависимостью:

$$R = [2,32BT(1 - \beta)]^{1/2}$$



Форма скулы.

Форма носовой и кормовой оконечностей.

Формы носовой и кормовой оконечностей судна проектируют исходя из условий снижения сопротивления, а также обеспечения мореходности на морском волнении (носовые обводы) и наилучших условий взаимодействия корпуса и движителя (кормовые обводы). При проектировании обводов оконечностей следует учитывать соотношение между составляющими остаточного сопротивления и какая из них (волновое сопротивление или сопротивление формы) может быть снижена в конкретном случае за счет надлежащего выбора формы корпуса.

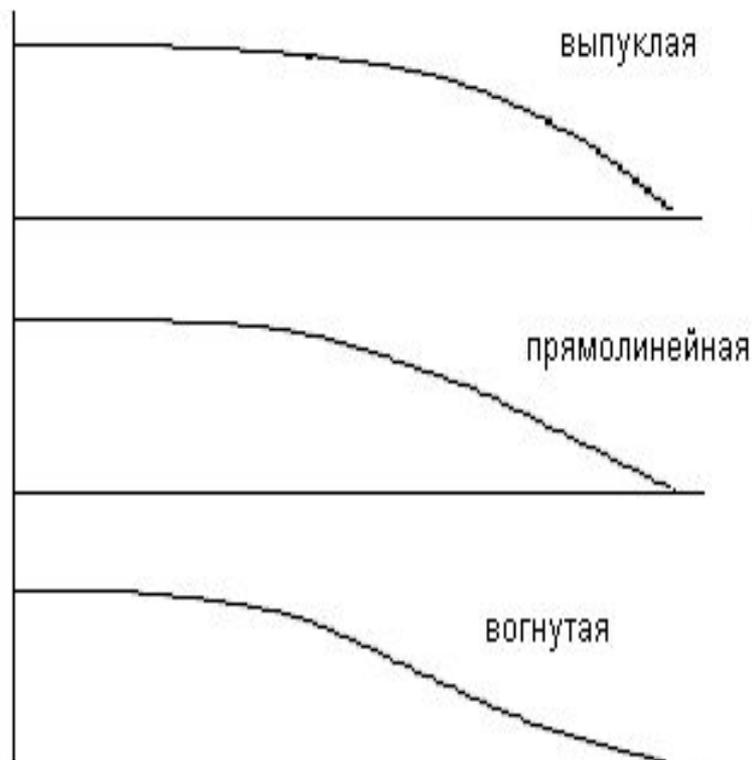
При заданных соотношениях главных размерений и коэффициентах полноты в ходе проектирования теоретического чертежа возможны существенные изменения форм обводов корпуса, оказывающих значительное влияние на мореходные качества судна.

Форма носовой оконечности описывается формами ватерлиний, шпангоутов и форштевня.

Различают следующие формы ватерлиний: выпуклые, прямолинейные и вогнутые:

При проектировании судов, располагающихся в верхней зоне рисунка (быстроходные суда), для уменьшения волнового сопротивления выгодно заострять ватерлинии, что приводит к прямолинейной или слегка вогнутой формам.

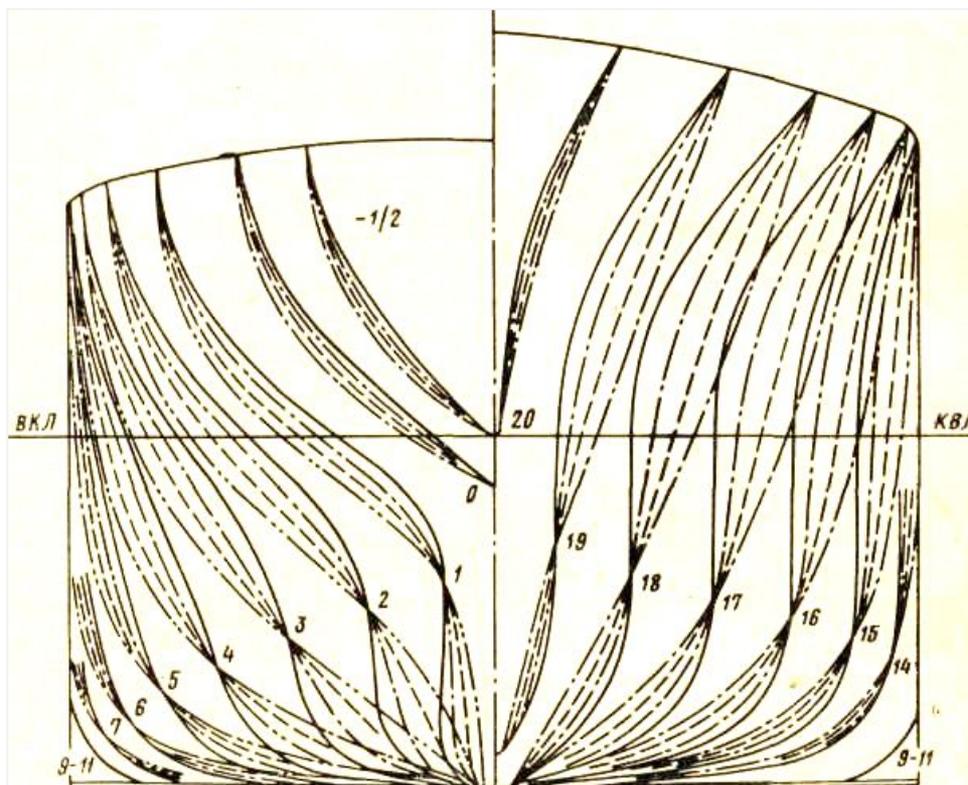
На очень полных судах ($\delta > 0,80$) практически невозможно в достаточной степени заострить грузовую ватерлинию без резкого перехода к цилиндрической вставке, нарушающего плавность обтекания. Поэтому для таких судов применяют выпуклые ватерлинии, что, однако, не приводит к заметному росту волнового сопротивления.



Формы ватерлиний.

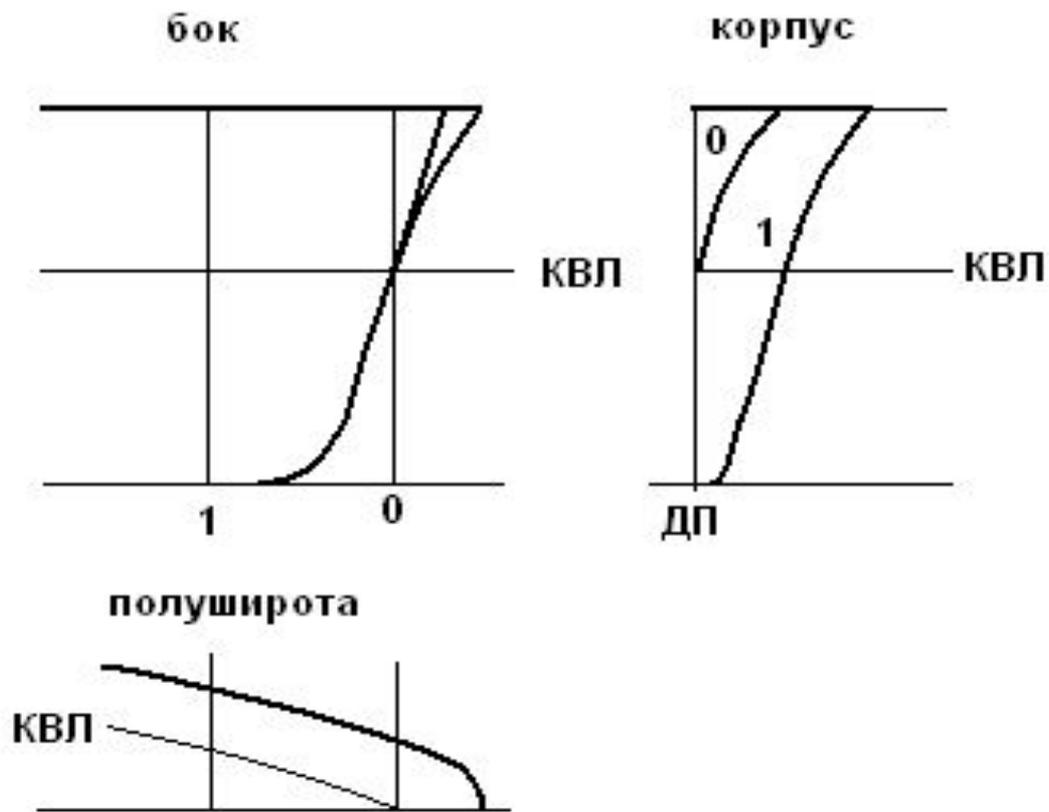
Форма шпангоутов в носовой части судна должна геометрически согласовываться с формой ватерлиний. Различают U-образную и V-образную формы шпангоутов.

V-образная форма лучше согласуется с выпуклыми ватерлиниями. Однако для больших судов в условиях волнения V-образная форма создает дополнительное сопротивление. Поэтому на таких судах применяют умеренно U-образную форму носовых шпангоутов.



Форма шпангоутов.

На современных судах форштевень в надводной части делают прямым или вогнутым наклонным.

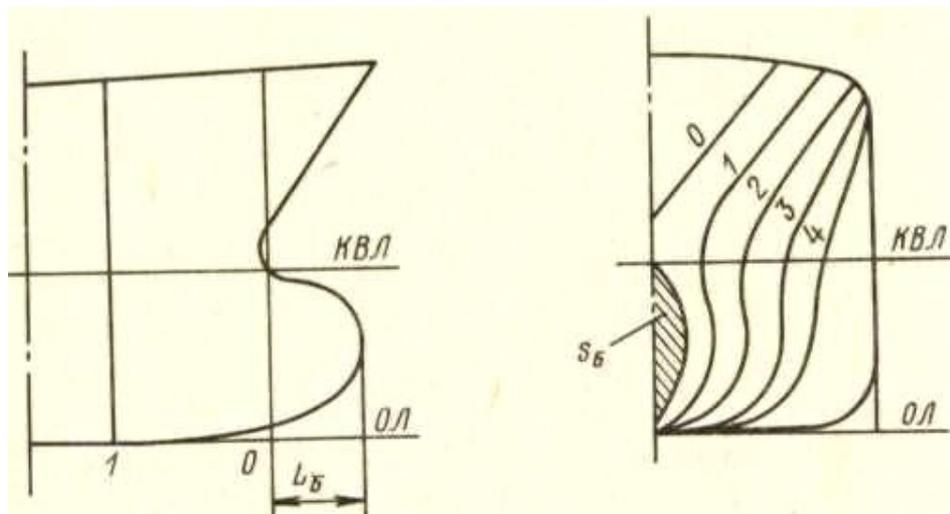


Форма форштевня.

Наклонный или вогнутый форштевень хорошо согласуется со значительным развалом носовых шпангоутов в надводной части корпуса, обеспечивающим защиту носовой части палубы от заливания.

С середины XX века на транспортных судах широко применяется бульбообразная наделка (бульб) в носовой оконечности. Предложено много различных форм бульбов. Но до сих пор не существует общепризнанной методики расчета оптимальных параметров бульба. Как правило, окончательная его форма определяется в результате модельного эксперимента.

Наиболее общими характеристиками бульба являются его длина l_b и площадь его поперечного сечения на нулевом теоретическом шпангоуте s_b , выраженная в долях от площади мидель-шпангоута.



Параметры формы носового бульба.

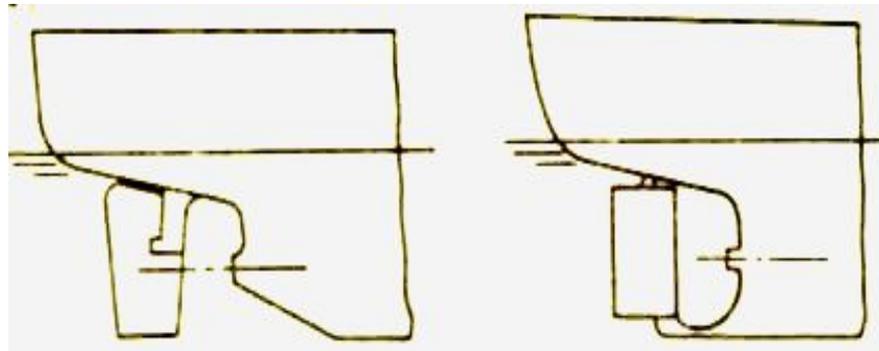
При проектировании кормовой оконечности стараются предотвратить отрыв пограничного слоя для уменьшения сопротивления формы. По этой причине не применяют ватерлинии вогнутой формы, угол кормового заострения КВЛ стараются удержать в пределах до 30° .

Форма кормовых шпангоутов оказывает влияние и на пропульсивный коэффициент. По результатам совокупного влияния на ходкость одновинтовых судов предпочтение отдают умеренно U-образным шпангоутам. У двухвинтовых судов лучшие результаты получаются при V-образных шпангоутах.

Обводы крейсерской кормы, принятой у современных морских судов, отличаются видами подводной и надводной частей.

Различают два вида подводной части крейсерской кормы: открытую и закрытую.

Большинство современных судов имеет корму открытого типа, обеспечивающую лучшее взаимодействие корпуса и движителя. Закрытая корма применяется на судах, требующих дополнительной опоры в нижней части пера руля.

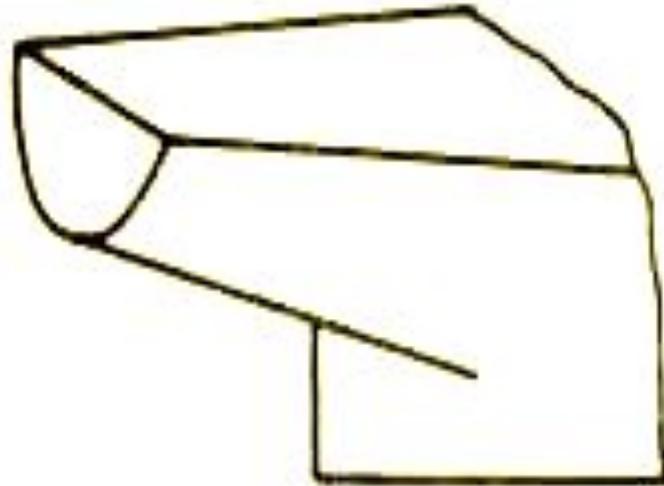


Открытая корма

Закрытая корма

Форма кормы.

В надводной части крейсерская корма имеет транец, не влияющий на гидродинамику обтекания водой кормовой оконечности, но существенно упрощающий технологию постройки судна и, дополнительно, позволяющий увеличить площадь верхней палубы, необходимой для размещения швартовного оборудования и спасательных средств.



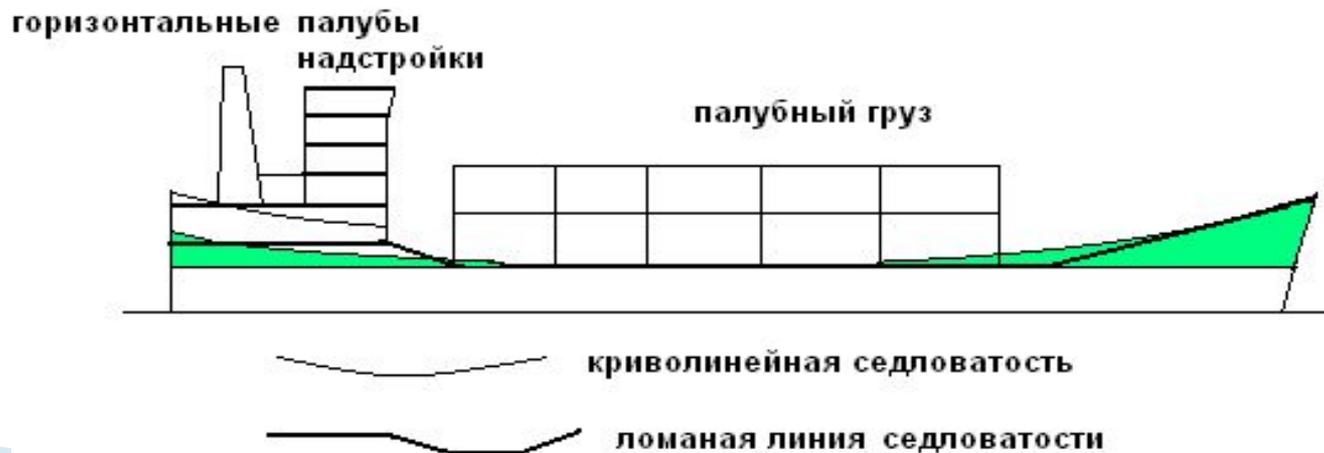
Транец в надводной части крейсерской кормы.

Седловатость верхней палубы.

Седловатость может придаваться верхней палубе для обеспечения непотопляемости и незаливаемости. Форма седловатости описывается видом линии - диаметрали, образующейся при пересечении верхней палубы с диаметральной плоскостью. Традиционный вид диаметрали – некая кривая, образованная с учетом требований мореходных качеств и технической эстетики, так как оказывает существенное влияние на боковой вид судна.

Однако продольная кривизна верхней палубы может создавать неудобства для эксплуатации судна. Наклонное, не горизонтальное расположение палуб надстройки затрудняет быт экипажа и пассажиров. Изгиб верхней палубы в районе грузовой части судна затрудняет размещение палубного груза.

С учетом вышесказанного, при выборе формы корпуса стараются, если возможно, полностью отказаться от седловатости. Если же применение седловатости необходимо, то с целью упрощения технологии постройки судна с сведением к минимуму негативных последствий продольного наклона палуб, криволинейную седловатость заменяют ломаной линией.



Примеры выполнения седловатости на транспортном судне

Форма и размеры надстроек на верхней палубе.

Перед началом разработки теоретического чертежа необходимо принять решение о том, каким образом обеспечить минимальную заливаемость и забрызгиваемость верхней палубы.

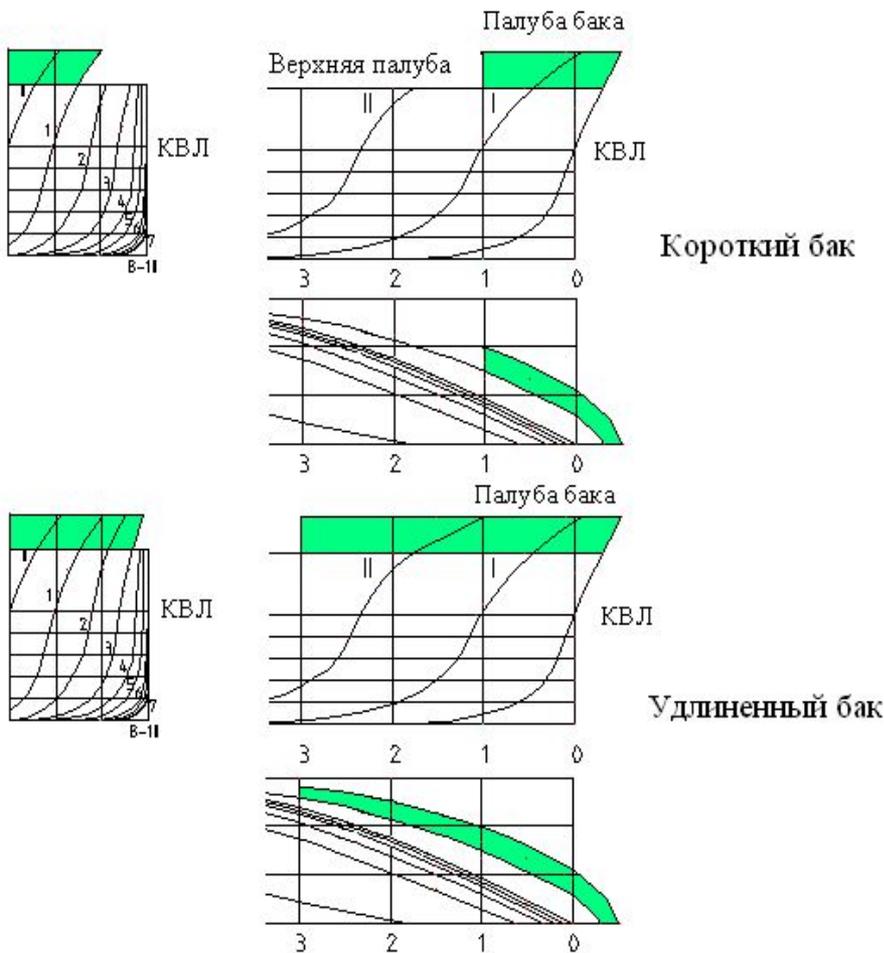
Опыт эксплуатации судов в штормовых условиях показывает, что наиболее заливаемый район верхней палубы – $1/5$ – $1/4$ длины судна от носовой оконечности.

На заливаемость влияет совокупность следующих факторов:

- форма подводной части носовой оконечности, обеспечивающая её всплытие при встрече с волной;
- высота надводного борта с учетом седловатости;
- форма (развал) носовых шпангоутов выше ватерлинии;
- высота и протяженность носовой надстройки – бака.

Форма подводной части носовой оконечности выбирается исходя из соображений ходкости и килевой качки и при рассмотрении вопроса незаливаемости обычно принимается как заданная. Поэтому для обеспечения незаливаемости следует учитывать комбинацию трех последних факторов.

За исключением очень крупных транспортных судов – контейнеровозов, танкеров и навалочных судов – остальные вынуждены иметь бак для уменьшения заливаемости и забрызгиваемости при плавании на встречном волнении.



Влияние длины бака на защиту верхней палубы от заливания.

Основная задача проектанта теоретического чертежа при решении этой задачи – обеспечить наибольшее перекрытие ширины судна торцевой переборкой бака. Желательно, чтобы торцевая переборка бака полностью или почти полностью перекрывала ширину судна на уровне верхней палубы.

При фиксированной форме развала шпангоутов это зависит от длины бака. На рисунке сбоку торцевая переборка короткого бака перекрывает только около половины ширины судна. Такой бак не будет защищать в достаточной степени верхнюю палубу от заливания при подходе встречной волны.

Увеличение длины бака (*удлинённый бак*) позволяет практически полностью перекрыть ширину судна.

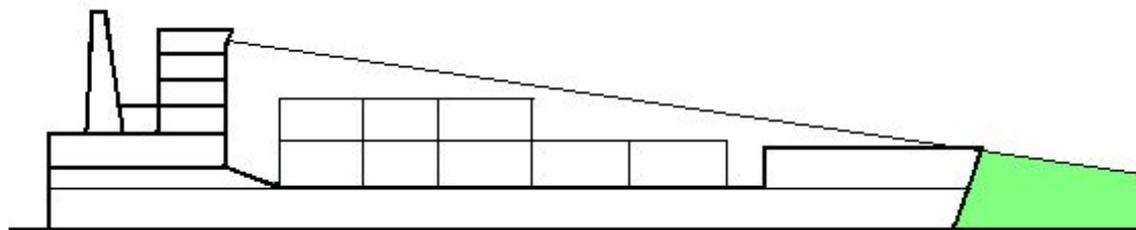
Увеличению перекрытия ширины судна торцевой переборкой бака может также способствовать увеличение развала шпангоутов и высоты бака.

При решении вопросов обеспечения мореходности необходимо учитывать и ограничения, связанные с длиной бака, его высотой и развалом шпангоутов.

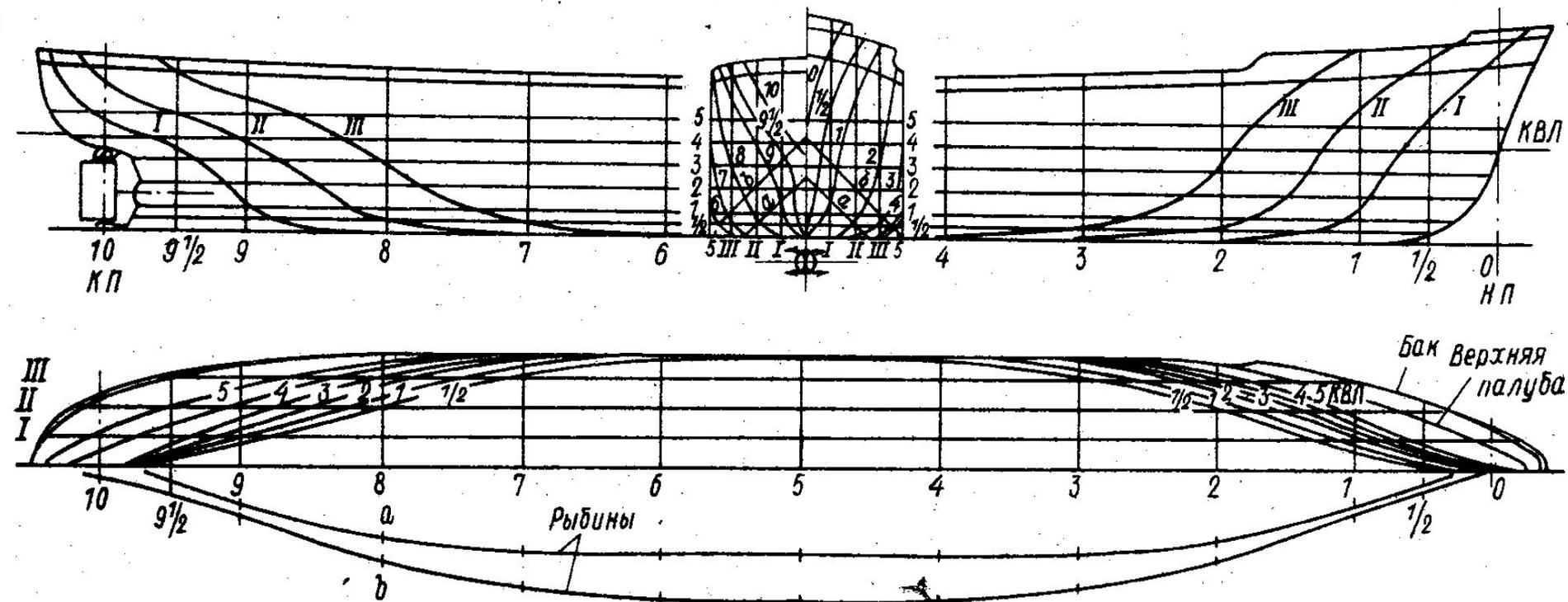
Длина бака может быть ограничена расположением таких конструкций на верхней палубе, как грузовые люки над носовым трюмом на сухогрузном судне.

Форма развала шпангоутов выше КВЛ геометрически связана с формой КВЛ в носовой части судна. Чрезмерный развал носовых шпангоутов может приводить к сильным ударам волн при плавании на встречном косом волнении.

Высота бака влияет на защиту носовой части от заливания и может достигать 3-х метров и более. Единственное ограничение, которое может возникнуть при значительной высоте бака – нормируемая Правилами протяженность зоны невидимости из рулевой рубки, иногда зависящая именно от высоты бака.



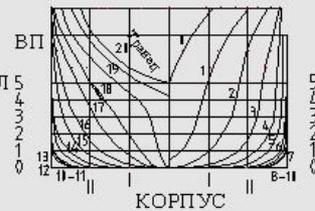
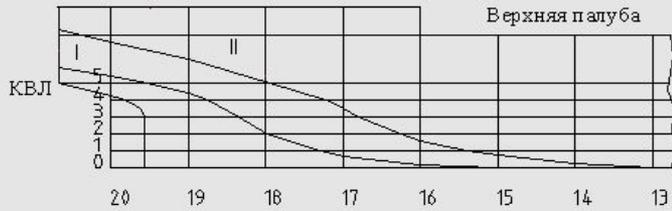
Зона невидимости, создаваемая баком.



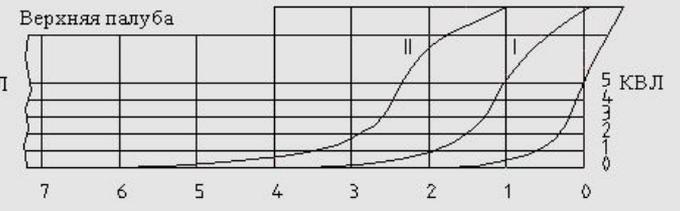
Теоретический чертёж судна

БОК

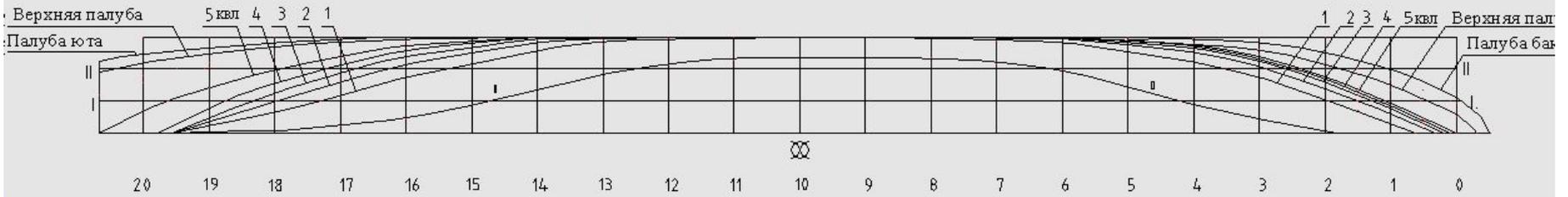
Палуба юта



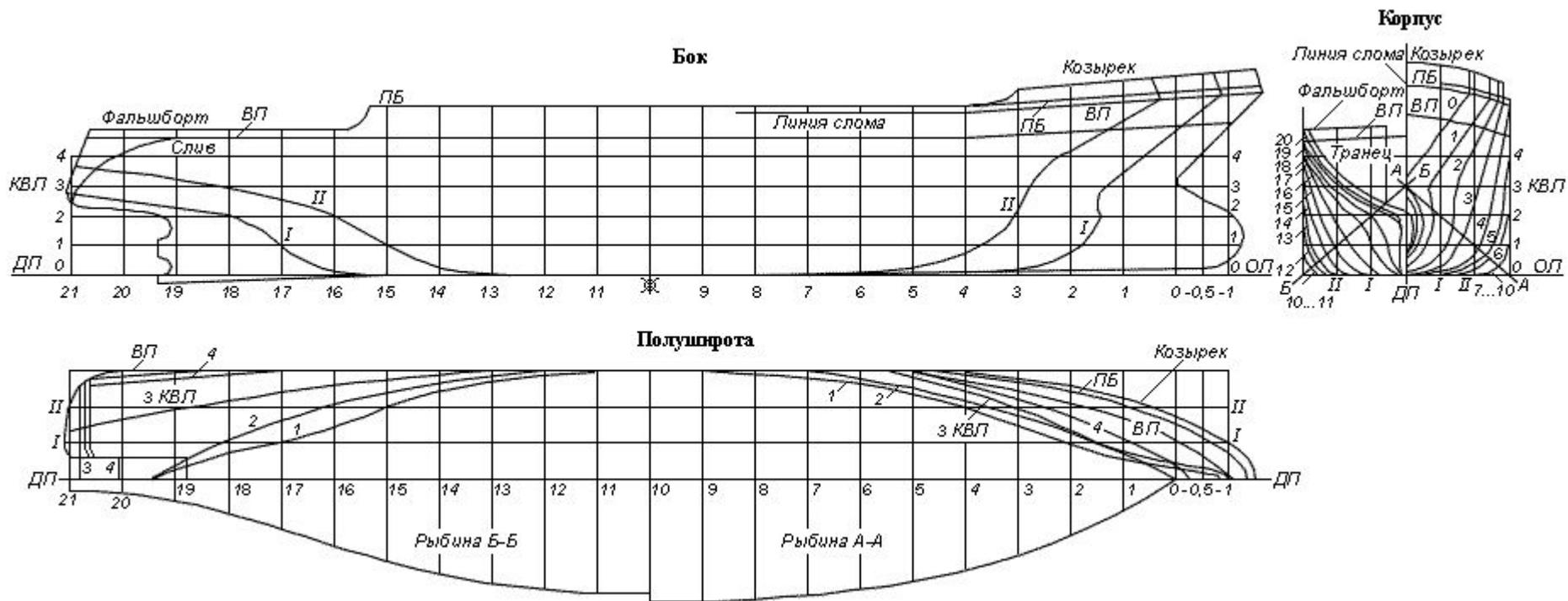
Палуба бака



ПОЛУШИРОТА



Теоретический чертёж судна



Теоретический чертёж судна

На теоретическом чертеже корпус судна изображается в проекциях на три взаимно перпендикулярные плоскости: диаметральную (ДП), конструктивной ватерлинии (КВЛ) и мидель-шпангоута, называемых соответственно, «Бок», «Полуширота» и «Корпус». На проекции «Бок» помимо следа ДП изображают также кривые пересечения поверхности корпуса с плоскостями, параллельными ДП, называемые батоксами (обычно проводят 2—3 батокса на каждый борт).

Прямая линия, проведенная в ДП через точку пересечения мидель-шпангоута с килевой линией и параллельно грузовой ватерлинии, называется основной линией (ОЛ).

На проекции «Полуширота» кроме КВЛ изображают ватерлинии, представляющие собой кривые пересечения поверхности корпуса с горизонтальными плоскостями, параллельными плоскости КВЛ. Эти плоскости проводят на равных расстояниях одну от другой в количестве — 5—7 ниже КВЛ и столько же — выше КВЛ. Кроме того, на «Полушироте» вычерчивают линии верхней палубы и бака.

На проекции «Корпус» вычерчивают сечение по мидель-шпангоуту, а также кривые пересечения поверхности корпуса с плоскостями, параллельными плоскости мидель-шпангоута, называемые теоретическими шпангоутами. Эти плоскости проводят на одинаковых расстояниях одну от другой, равных обычно $1/20$ длины судна между перпендикулярами.

Следует иметь в виду, что следы секущих плоскостей изображаются на одной проекции в виде кривых, а на других — в виде прямых линий. Так, в виде прямых линий теоретические шпангоуты изображают на «Боку» и «Полушироте»; ватерлинии — на «Боку» и «Корпусе»; батоксы — на «Корпусе» и «Полушироте».

Благодаря симметрии корпуса судна относительно ДП на «Полушироте» обычно вычерчивают ватерлинии только левого борта, а теоретические шпангоуты изображают на «Корпусе» только на один борт; при этом обводы носовых шпангоутов вычерчивают справа от ДП, а обводы кормовых шпангоутов — слева от нее.

Для точного построения теоретического чертежа производится мысленное сечение корпуса рядом дополнительных плоскостей, параллельных основным.

Все линии теоретического чертежа должны иметь плавный характер, кроме мест, где поверхность корпуса имеет переломы.

По внешнему виду теоретического чертежа можно судить о назначении судна, о мореходных качествах. Острые образования ватерлинии - признак того, что судно предназначено для больших скоростей. "Полные" образования говорят о том, что судно тихоходное. Наклонные носовые батоксы и развалистые шпангоуты характеризуют хорошую восходимость на волну, нос не зарывается в воду.

На теоретическом чертеже иногда проекцию "корпус" располагают в средней части проекции "бок", когда судно имеет значительную цилиндрическую вставку.

Проектные теоретические чертежи крупных судов выполняют в масштабе 1:100 (судов длиной более 250 м—1:200), малых судов - 1: 50 или 1:25.

При постройке судна теоретический чертеж выполняют на плазе в масштабе 1:1 или 1:10.

С помощью теоретического чертежа можно, несмотря на сложность формы корпуса судна, достаточно просто и точно определить его объем.