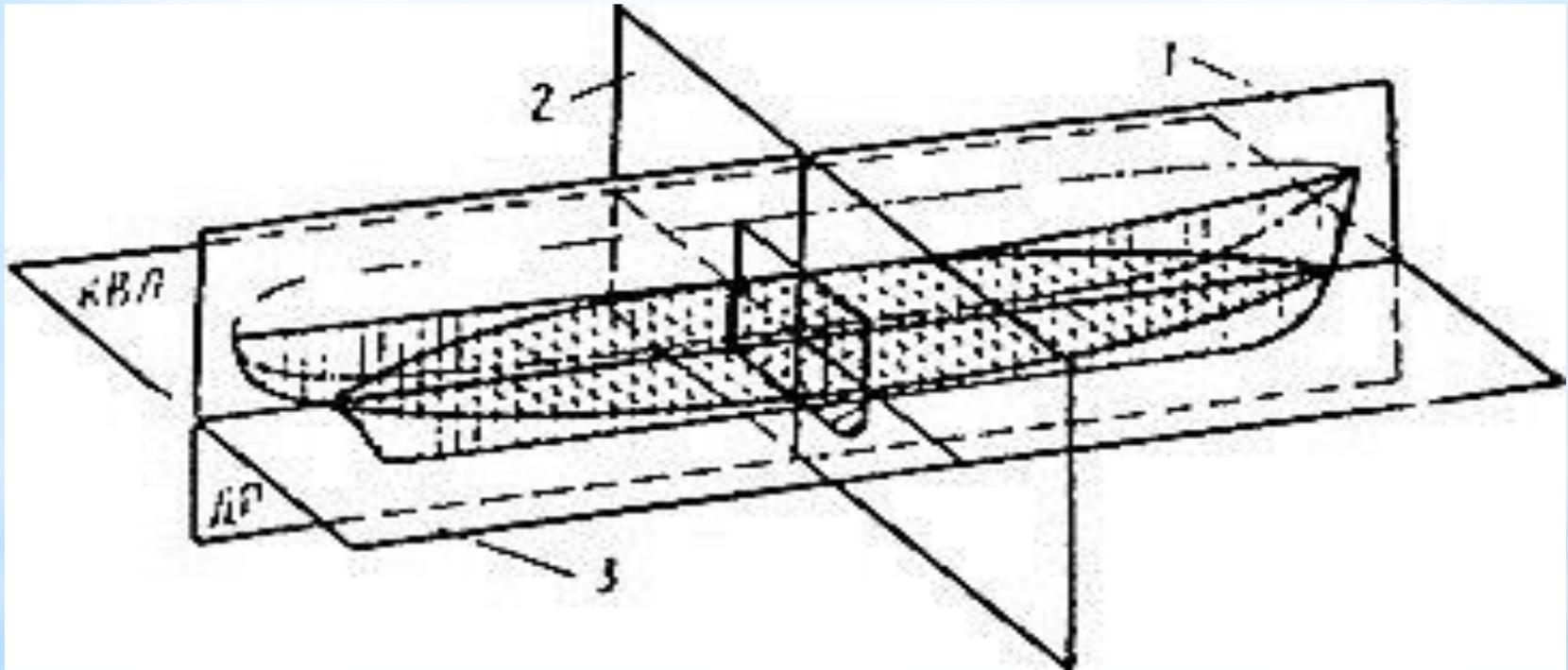




Основы теории судна

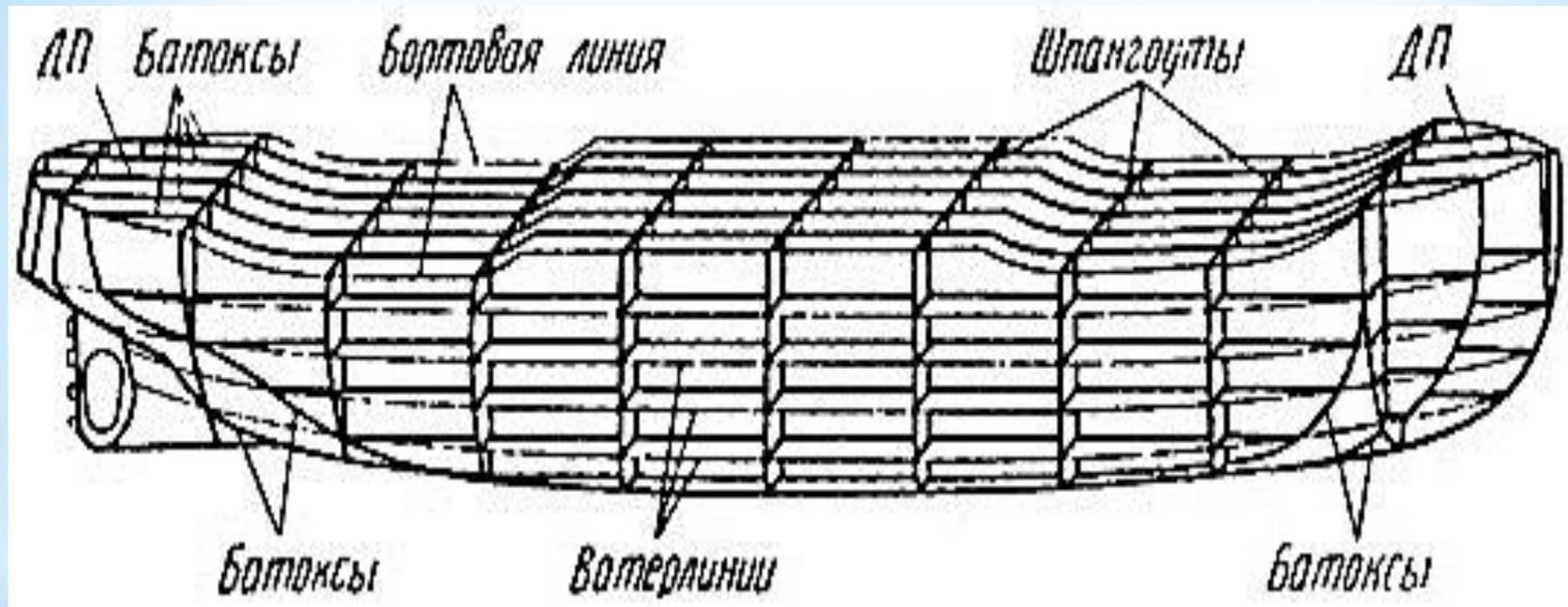
Теоретический чертёж.

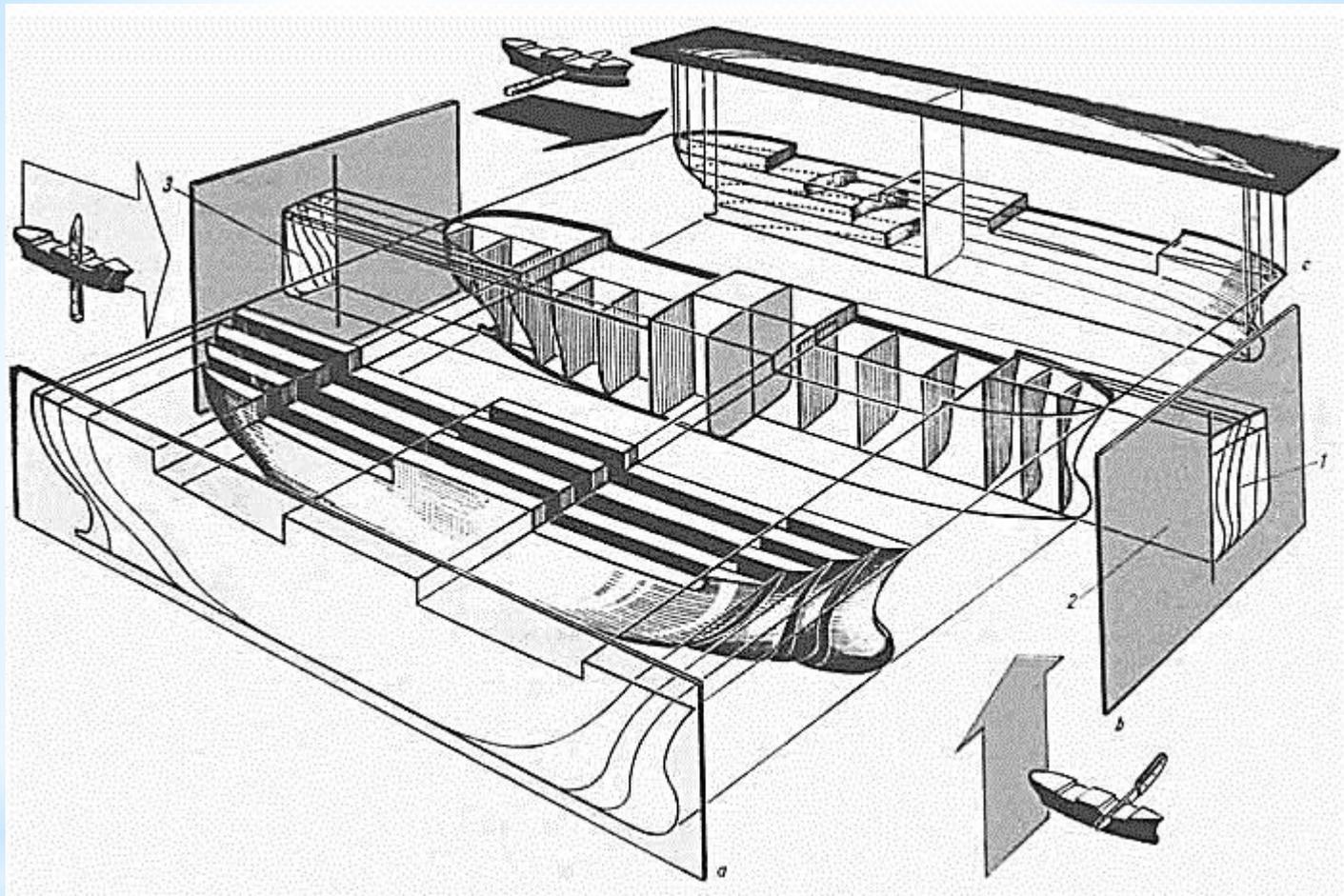
Линии, образованные от пересечений поверхности корпуса судна с плоскостями, изображают на чертеже

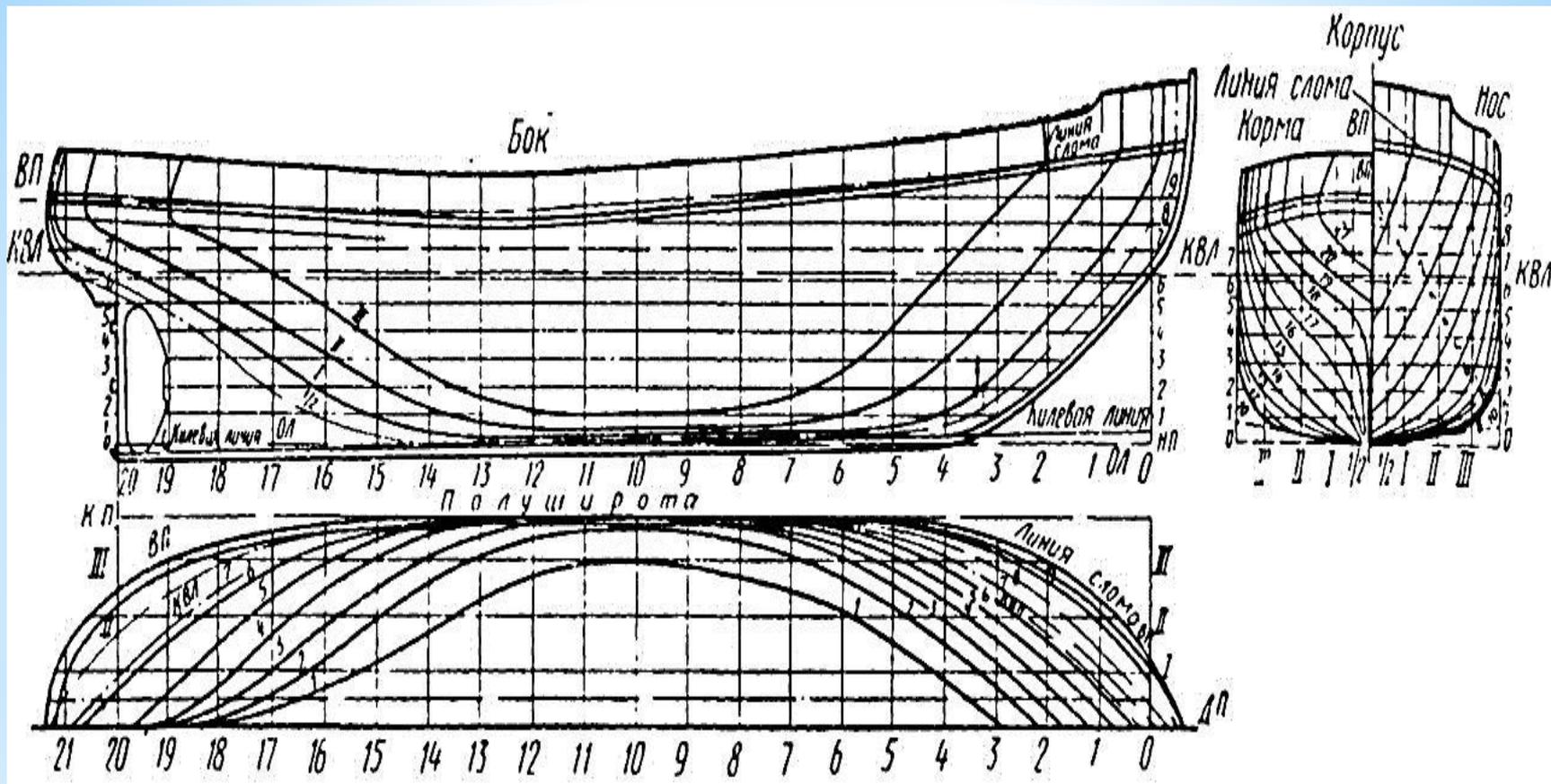


1 — диаметральной плоскости, 2 — плоскости мидель-шпангоута, 3 — плоскости конструктивной ватерлинии

Секущие плоскости теоретического чертежа





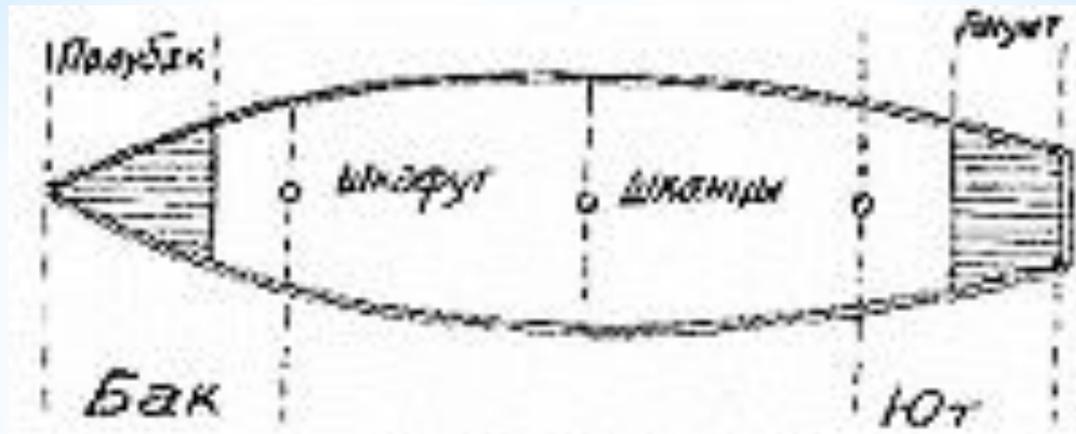


Мидель-шпангоут

Линия пересечения теоретической поверхности корпуса с вертикальной поперечной плоскостью (плоскость мидель-шпангоута), проходящей по середине длины судна, на базе которой построен теоретический чертеж судна.

Батокс, образованный пересечением диаметральной плоскости с корпусом, называют нулевым 0.

Одну из секущих горизонтальных плоскостей проводят на уровне осадки, соответствующей водоизмещению судна; эту ватерлинию называют **конструктивной ватерлинией (КВЛ)**.



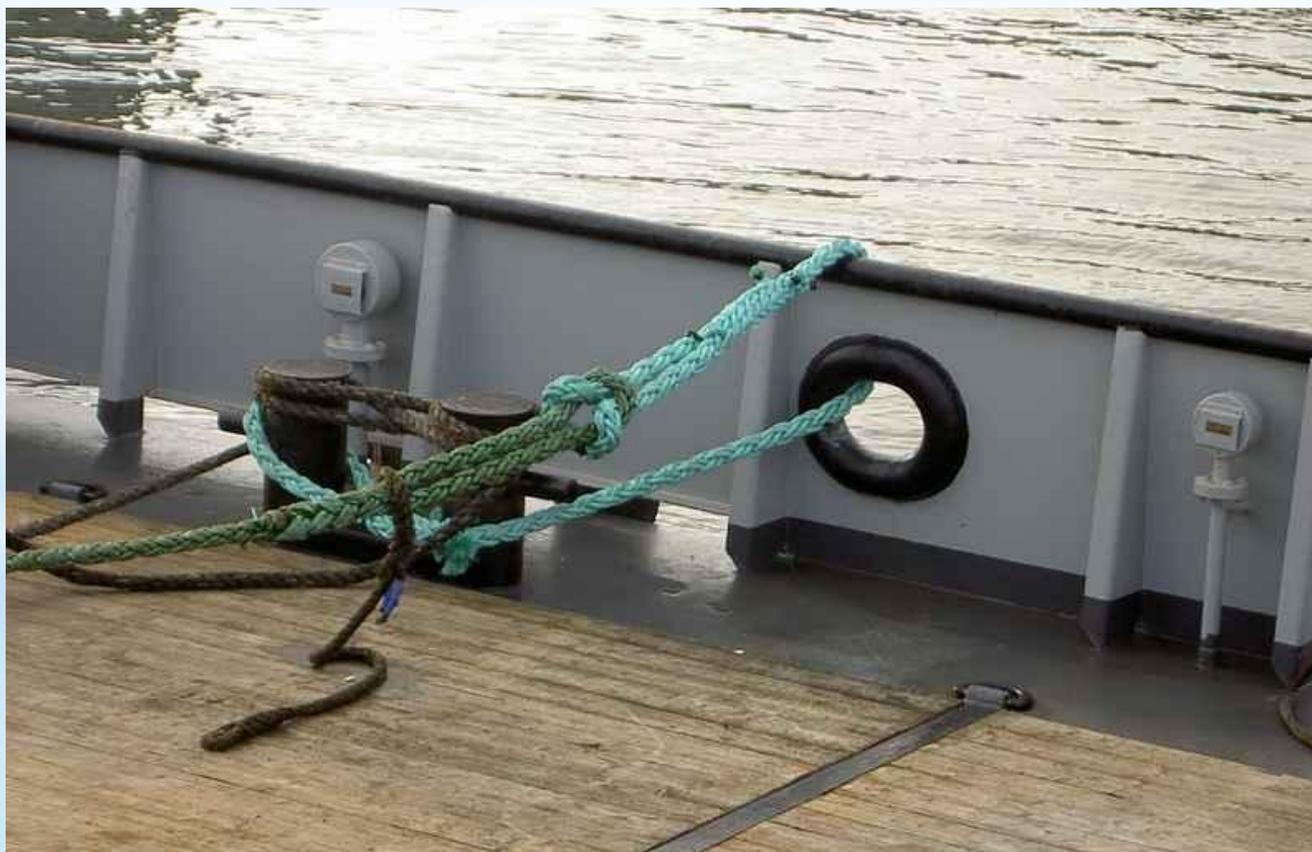
Бак (нидерл. *bak*) — надстройка в носовой части палубы, доходящая до форштевня. Баком называют также и всю переднюю часть палубы (спереди от фок-мачты или носовой надстройки).

Полубак — носовая надстройка на баке корабля.

Шкафут на кораблях и судах — средняя часть верхней палубы от фок-мачты до грот-мачты^[1] либо от носовой надстройки (бак) до кормовой (ют)^[2].

Ют (от нидерл. *hut*) — кормовая надстройка судна или кормовая часть верхней палубы. Ют, частично утопленный в корпус судна, называется полуютом.

Фальшборт (**англ.** *bulwark*) — ограждение по краям наружной **палубы** судна, корабля или другого плавучего средства представляющее собой сплошную стенку без вырезов или со специальными вырезами для стока воды (просветы между ширстреком и самим фальшбортом), **швартовки** (**клюза**) и прочими. Это конструкция из дерева или стальных листов с подпирающим набором (в зависимости из какого материала строилось плавучее средство).



Леер (нидерл. leier, от *leiden* — вести́) — туго натянутый трос, оба конца которого закреплены на судовых конструкциях (стойках, мачтах, надстройках и т. п.). *Леера*, закрепленные концами к носу и корме судна, пропускаются средними частями через топы грот- и фок-мачт. *Леера* служат для подъёма косых парусов, ограждения палубных отверстий или открытых палуб в местах, не защищенных комингсом или фальшбортом, установки тентов, подвески шлангов при передаче жидкого топлива на ходу и других целей.



Ватервэйс — На современных судах водосточный жёлоб, идущий по верхней палубе вдоль бортов, по которому вода через шпигаты стекает за борт

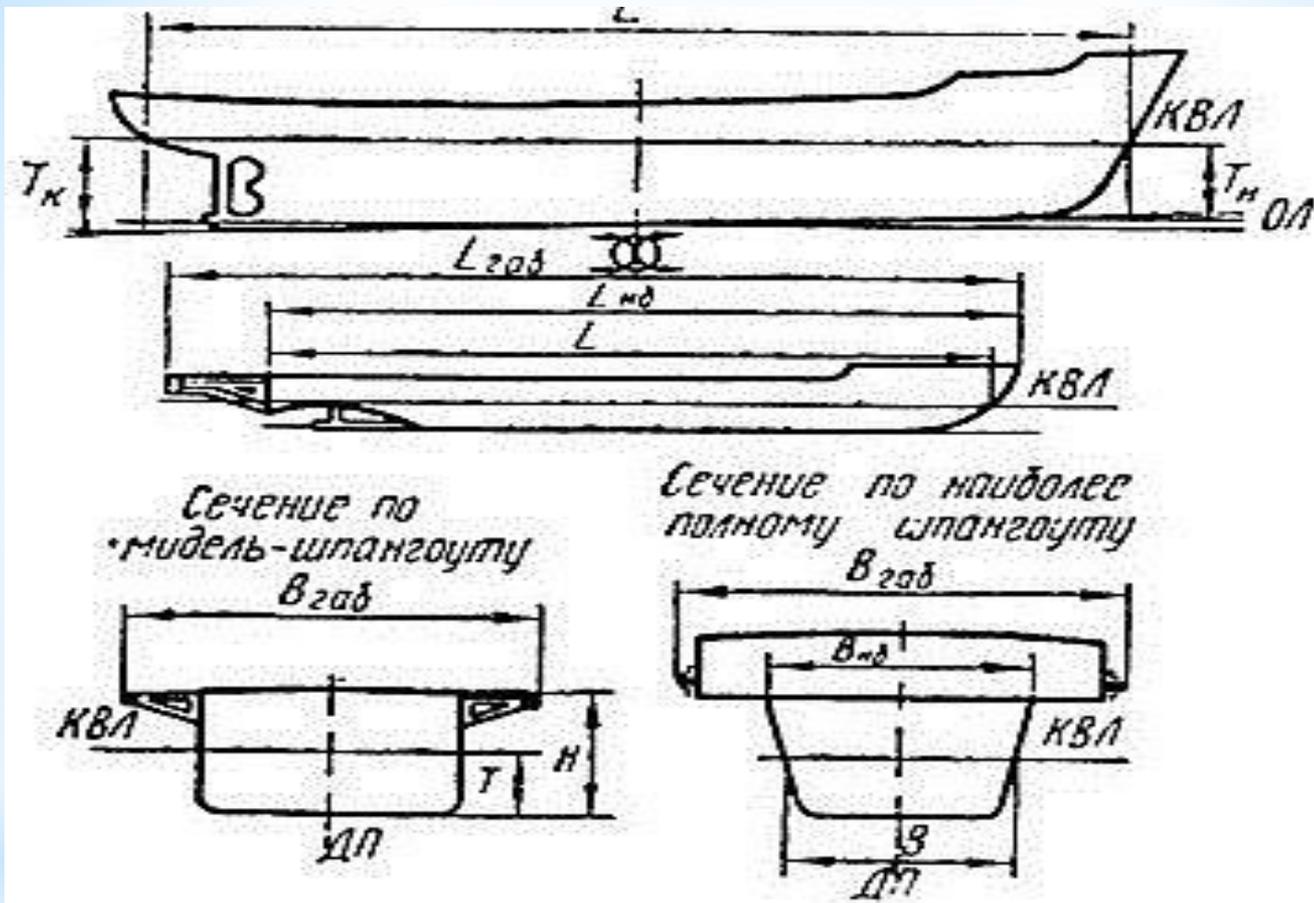


Шпигат (нидерл. *spuigat* от *spuien* «сливать, сбрасывать» и *gat* «отверстие»^[Ш]) — отверстие в палубе или фальшборте судна для удаления за борт воды, которую судно приняло при заливании волнами, атмосферных осадках, тушении пожаров, уборке палубы и др.

При проектировании и строительстве судна шпигаты располагают в местах возможного скопления воды, например, в низших точках палубы. Шпигаты, расположенные в палубе, обычно снабжают трубой, через которую вода отводится самотёком непосредственно за борт или на соответствующие нижележащие открытые палубы. Для предотвращения обратного потока воды при ударе волны отводную трубу у борта часто закрывают невозвратным клапаном.



Главные размерения судна.



Главными размерениями любого судна являются:
длина L , ширина B , высота борта H и осадка T .

Обозначение главных размерений	Порядок измерения (см. рис. 38)
L — длина расчетная	В плоскости КВЛ между кормовой кромкой форштевня и носовой кромкой ахтерштевня
L _{нб} — длина корпуса наибольшая	Параллельно плоскости КВЛ по наибольшей длине корпуса без его выступающих частей
L _{габ} — длина судна габаритная	Параллельно плоскости КВЛ между крайними точками судна с учетом выступающих частей (фальшборт, штевни, кринолин и др.)
B — ширина расчетная	В наиболее широкой по плоскости КВЛ части корпуса без учета толщины обшивки
B _{нб} — ширина корпуса наибольшая	Параллельно плоскости КВЛ в наиболее широком месте корпуса без его выступающих частей
B _{габ} — ширина судна габаритная	Параллельно плоскости КВЛ в наиболее широком месте судна с учетом всех выступающих частей судна (привального бруса» ограждения движителей и др.)
H — высота борта расчетная	В плоскости мидель-шпангоута по вертикали от уровня ОЛ до нижней точки линии пересечения поверхностей наружной обшивки и настила расчетной палубы
T — осадка расчетная	По вертикали от плоскости КВЛ до ОЛ
T _{нб} — осадка наибольшая	От КВЛ (грузовой) до низшей точки внешней кромки наружной обшивки или брускового киля (на рисунке не изображена)
T _{габ} — осадка габаритная (проходимая)	От КВЛ до низшей точки судна с учетом выступающих частей (на рисунке не изображена)

Закон Архимеда.

$$\frac{P_{obj}}{\rho_{fluid}} = \frac{\rho_{obj}}{\rho_{fluid}} g - P_{im}$$

Где :

- *P_{obj}* – вес тела;
- *ρ_{obj}* – плотность тела;
- *g* – ускорение свободного падения;
- *P_{im}* – вес погруженного тела.
- *ρ_{fluid}* – плотность жидкости.

Водоизмещение судна (корабля) – **количество воды, вытесненной подводной частью корпуса судна (корабля).** Масса этого количества жидкости равна массе всего судна (корабля), независимо от его размера, материала и формы.

Различают **объемное и массовое** водоизмещение. По состоянию нагрузки судна (корабля) различают **стандартное, нормальное, полное, наибольшее, порожнее** водоизмещение.

Для подводных лодок различают **подводное и надводное** водоизмещение.

Объемное водоизмещение – равное объему подводной части судна (корабля) до ватерлинии измеряется в **м³**.

Массовое водоизмещение – водоизмещение равное массе судна (корабля) измеряется в **тоннах**.

Стандартное водоизмещение – водоизмещение полностью укомплектованного судна (корабля) с экипажем, но без запасов топлива, смазочных материалов и питьевой воды в цистернах.

Нормальное водоизмещение – водоизмещение равное стандартному водоизмещению плюс половинный запас топлива, смазочных материалов и питьевой воды в цистернах.

Полное водоизмещение – водоизмещение, равное стандартному водоизмещению плюс полные запасы топлива, смазочных материалов, питьевой воды в цистернах, груза.

Наибольшее водоизмещение – водоизмещение, равное стандартному водоизмещению плюс максимальные запасы топлива, смазочных материалов, питьевой воды в цистернах, груза.

Порожнее водоизмещение – водоизмещение порожнего судна (корабля), то есть судна (корабля) без экипажа, топлива, запасов и т.д.

Подводное водоизмещение – водоизмещение подводной лодки (объекта) в подводном положении. Превышает надводное водоизмещение на массу воды, принимаемой при погружении в цистерны главного балласта.

Надводное водоизмещение – водоизмещение подводной лодки (объекта) в положении на поверхности воды до погружения. Либо после всплытия.

Под плавучестью судна (корабля) понимают – его способность оставаться на плаву при заданной нагрузке. Эта способность характеризуется **запасом плавучести**, который выражается *в отношении процента объема водонепроницаемых отсеков выше ватерлинии к общему водонепроницаемому объему.*

Запас плавучести выражается формулой:

$$W = \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{о}}} \times 100\%$$

Где:

- $V_{\text{н}}$ – объем под палубных помещений над ватерлинией;
- $V_{\text{о}}$ – весь объем под палубных помещений.

Уравнение равновесия судна (корабля) выглядит так:

$$P = \gamma(V_{\text{о}} - V_{\text{н}}) \text{ или;}$$

$$P = \gamma V.$$

Где:

P – вес судна;

γ – плотность воды;

V – погруженный объем.

Это уравнение и называется **уравнением плавучести**.

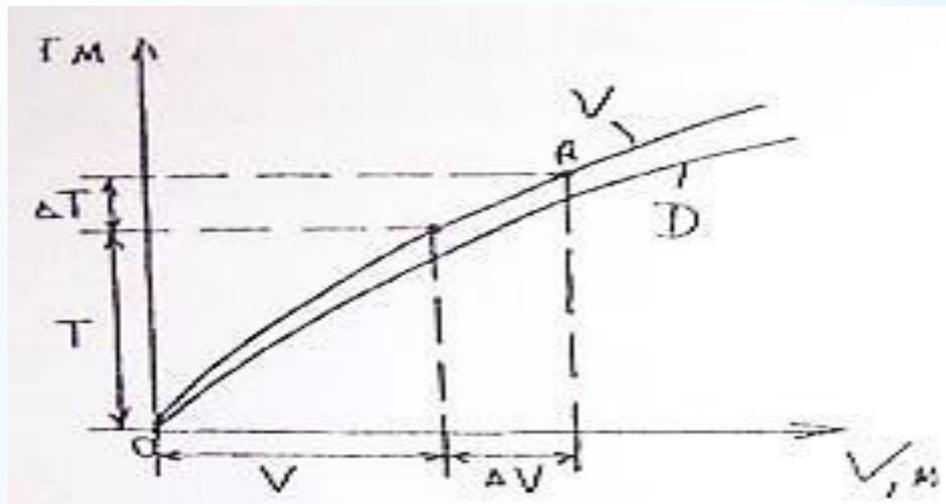
Физический смысл запаса плавучести – это объем воды, который судно может принять (при аварийном затоплении отсеков) и еще оставаться на плаву.

1. Для надводных судов (кораблей) характерны запасы плавучести 50 – 60%. Считается, что чем больший запас плавучести при постройке судна (корабля) удалось получить, тем лучше.

Нейтральная плавучесть. Когда объем принятой воды (для надводного судна) в точности равен запасу плавучести, считается, что плавучесть судна утеряна – **запас равен 0%**. Действительно в этот момент судно (корабль) погружается по главную палубу и находится в неустойчивом состоянии, когда любое внешнее воздействие может вызвать его уход под воду. **В теории этот случай называется нейтральная плавучесть.**

Отрицательная плавучесть. При приеме объема воды больший чем запас плавучести (или любого груза, большего по весу грузоподъемности судна) говорят, что судно получает **отрицательную плавучесть**. В этом случае судно неспособно плавать, а может только – **тонуть**.

Шкала осадок



Пользоваться кривой объемного водоизмещения (или грузовым размером) необходимо следующим образом. Пусть начальное водоизмещение судна равно V , а соответствующая ему осадка — T . Принятому грузу P отвечает приращение объемного водоизмещения $\Delta V = P/\rho$. Отложив значение ΔV на оси абсцисс вправо от первоначального водоизмещения V , в полученной точке проводим вертикаль. Точку A пересечения этой вертикали с кривой объемного водоизмещения сносим по горизонтали на ось ординат, где по шкале осадок T находим новую осадку судна. А следовательно, и приращение осадки ΔT . В случае снятия груза изменение осадки откладывается по оси абсцисс не вправо, а влево от точки, отвечающей первоначальному водоизмещению V .

Осадка судна, м	Водоизмещение, т		Водоизмещение, в морской воде на единицу осадки		Грузоподъем- ность, т		Надвод- ный борт, м
	Морская вода	Пресная вода	т/см	т/дюйм	Морская вода	Пресная вода	
9,0	32000	31000	3	105	12000	11000	3,0
	31000	30000	2		11000	10000	
8,5	30000	29000	1	104	10000	9000	3,5
	29000	28000	9		9000	8000	
8,0	28000	27000	8	103	8000	7000	4,0
	27000	26000	7		7000	6000	
7,5	26000	25000	6	102	6000	5000	4,5
	25000	24000	5		5000	4000	
7,0	24000	23000	4	101	4000	3000	5,0
	23000	22000	3		3000	2000	
6,5	22000	21000	2	100	2000	1000	5,5
	21000	20000	1		1000	0	
6,0	20000	19000	0	99	0	0	6,0

Рис. 9.18. Грузовая шкала

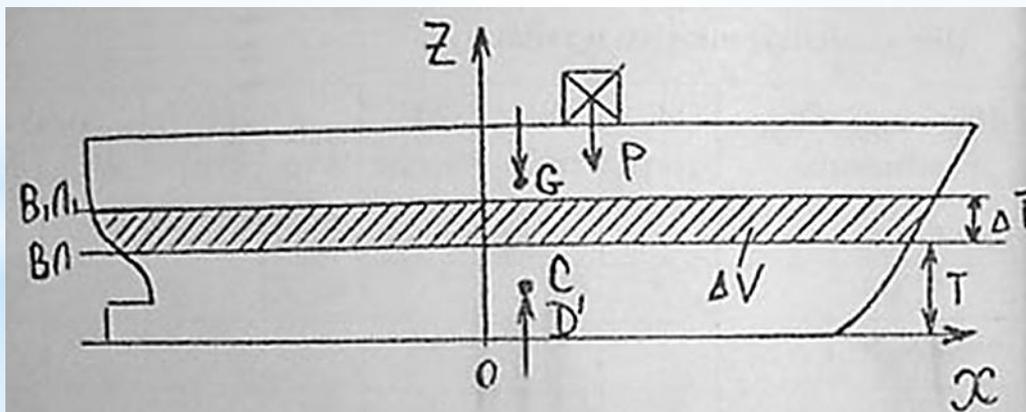
Изменение осадки судна при приеме (снятии) груза.

Допустим, что на судно принят малый груз P , т. е. такой груз, при приеме которого обводы корпуса можно считать практически не изменившимися в пределах приращения осадки. *Малым можно считать груз, составляющий 5 – 10 % водоизмещения груза.*

При приеме груза P водоизмещение судна возрастет на величину $\rho \times \Delta V$, причем значение ΔV определяется объемом слоя между ватерлиниями $ВЛ$ и $В1Л1$.

Для определения приращения осадки судна ΔT после приема груза используем условие равновесия судна, выражается равенством масс груза P и дополнительного водоизмещения:

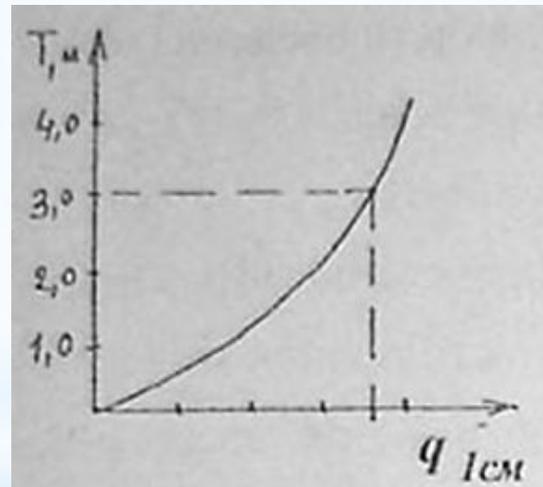
$$P = \rho \times \Delta V$$



В случае снятия груза его масса P будет со знаком минус. Следовательно, приращение осадки ΔT будет отрицательным и осадка судна вернется к значению $ВЛ$.

При решении практических задач, связанных с определением изменения средней осадки судна при приеме или снятии груза, часто пользуются вспомогательной величиной $q_{1\text{см}}$ представляющей собой значение массы (числа тонн) груза, от приема или снятия которой осадка судна изменится на 1 сантиметр.

Можно построить кривую числа тонн на один см (или дюйм) осадки.

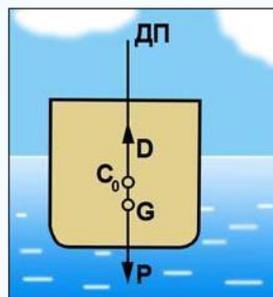


Для того, чтобы определить, как изменится осадка T судна при приеме или снятии груза P , необходимо по указанной кривой найти значение $q_{1\text{см}}$ при осадке T , затем найти новое значение осадки судна:

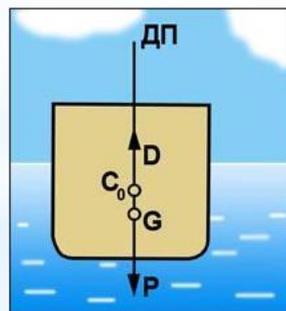
$$T_1 = T \pm P / (100 \times q_{1\text{см}})$$

Соленость воды в различных бассейнах Мирового океана различна и колеблется *от 0 – 50 ‰ (промилле)*. *Увеличение солености воды увеличивает ее плотность и сопротивление движению, уменьшает объемное (полное) водоизмещение и незначительно изменяет дифферент(и наоборот)*. ***В лоциях имеются данные зависимости плотности воды от ее солености.*** Максимальная осадка морских судов рассчитывается на плотность воды ***$\gamma = 1,025$*** . В процессе эксплуатации суда плавают в воде с различной соленостью. Особенно необходимо учитывать изменение солености при переходе судна из морской воды (соленой) в пресную при небольших запасах воды под килем. Для контроля осадки судна при плавании в воде с различной плотностью и соленостью ставится ***Грузовая марка с кругом ПЛИМСОЛЯ.***

Центр величины судна (C_0) – точка приложения равнодействующей сил поддержания (D), действующих на судно. Другими словами, центр величины — *это центр тяжести объёма воды, вытесненной судном, т. е. центр тяжести подводного объёма судна.*

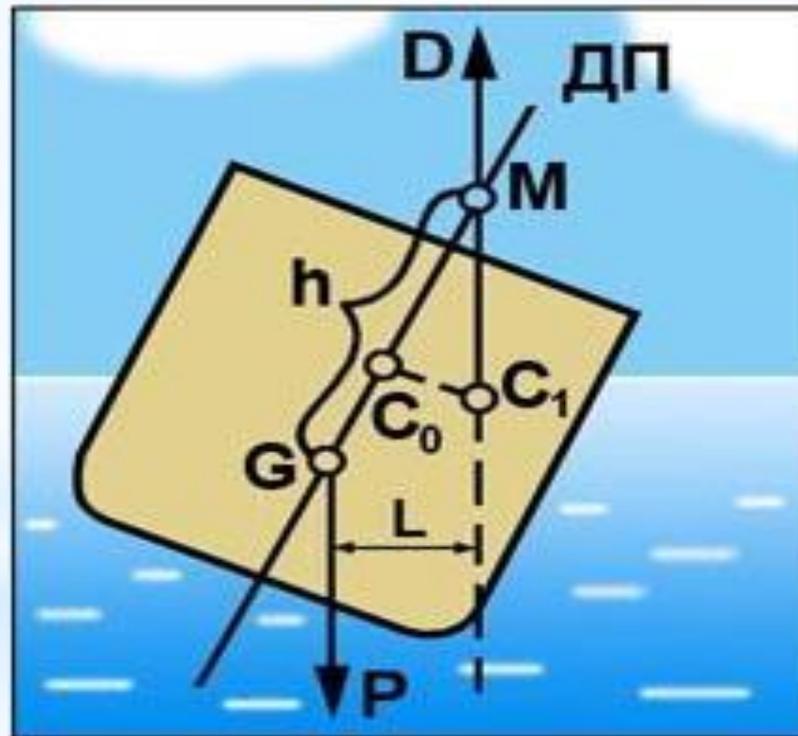


Центр тяжести судна (G) – точка приложения равнодействующей сил тяжести (P), действующих на судно.

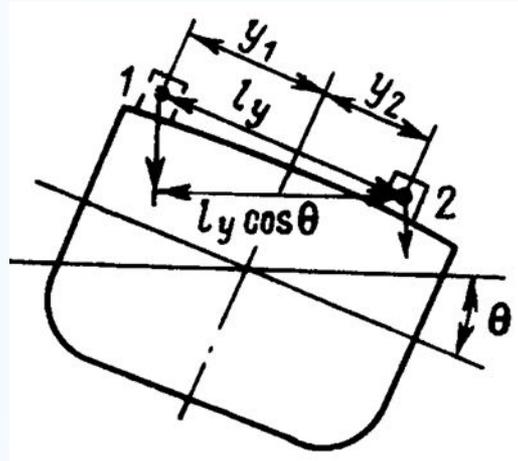


Метацентр (M) – точка пересечения линии действия силы поддержания с диаметральной плоскостью.

Метацентрическая высота (h) – расстояние между метацентром (M) и центром тяжести (G).



Поперечное горизонтальное перемещение груза



Поперечное горизонтальное перемещение груза массой m приводит изменению крена судна в результате возникновения кренящего момента $m_{кр}$ с плечом

$$(y_2 - y_1) \cos \theta.$$

Кренящий момент $m_{кр}$ будет равен:

$$m_{кр} = m(y_2 - y_1) \cos \theta.$$

Где:

m - масса груза;

y_1 и y_2 – ординаты положения ЦТ груза до и после перемещения;

$(y_2 - y_1) \cos \theta$ – плечо кренящего момента.

Условия остойчивости судна.

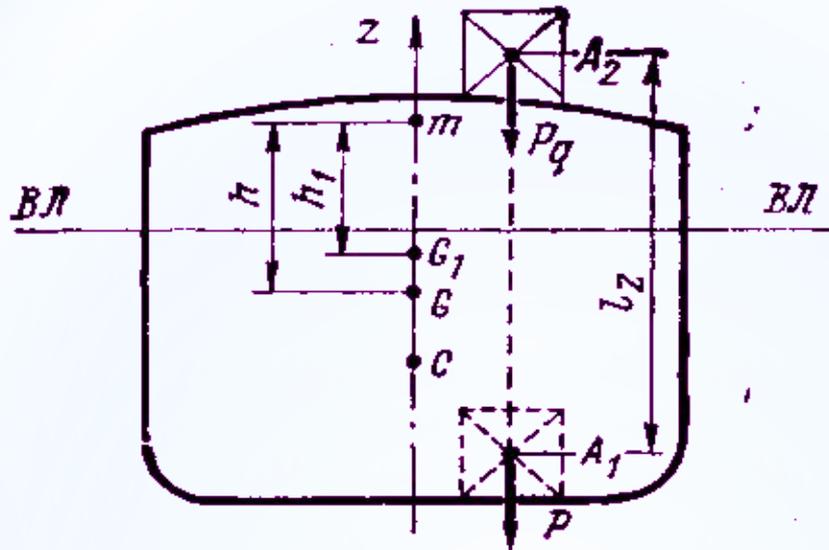
При плавании в море на суда постоянно воздействуют различные кренящие нагрузки. *В первую очередь ветер и волнение.*

Остойчивостью называется – способность судна выведенного из положения равновесия под воздействием внешних кренящих нагрузок, вновь возвращаться в первоначальное положения после прекращения этого воздействия.

Остойчивость – одно из основных мореходных качеств, сохранение и поддержание остойчивости – является важнейшей задачей экипажа судна.

Отклонение судна от равновесного положения в поперечной плоскости *называется – креном, в продольной – дифферентом.*

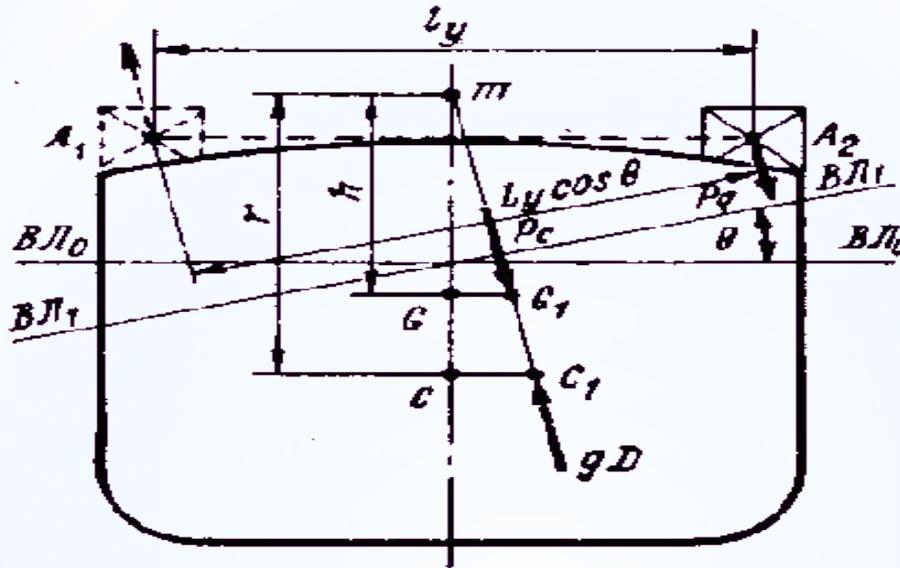
Вертикальное перемещение груза.



Так как в нашем случае оба условия равновесия соблюдены. То можно сделать вывод:

при вертикальном перемещении груза судно не изменит своего положения равновесия.

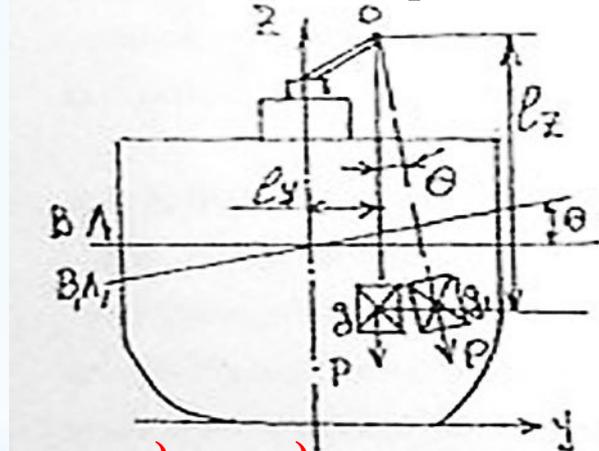
Поперечное горизонтальное перемещение груза.



Перемещение груза из точки A_1 в точку A_2 на расстояние l_y вызовет крен судна на угол θ и смещение его ЦТ G в направлении, параллельном линии перемещения груза. И возникновению *кренящего момента*. Накренившись на угол θ , судно приходит в новое положение равновесия, сила тяжести P_g , приложенная в точке G_1 и сила поддержания gD , приложенная в точке C_1 , действует по одной вертикали, перпендикулярной новой ватерлинии $ВЛ_1$.

Влияние подвешенного груза на остойчивость.

Допустим, что на судне имеется груз P , подвешенный в точку O , расположенной на расстоянии l_y от $ДП$. Если закрепить груз в точке g . То при крене судна груз останется на месте и начальная остойчивость судна не изменится. Если же груз в точке g не закреплен, при крене судна на угол θ центр тяжести переместится в сторону крена из точки g в точку g_1 и линия подвеса примет положение перпендикулярно плоскости новой ватерлинии B_1L_1 . Такое перемещение груза, как видно из рисунка, создает дополнительный кренящий момент.

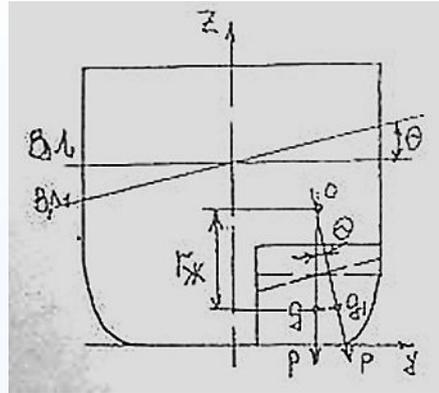


Таким образом, наличие на судне подвешенного груза приводит к уменьшению исходной метацентрической высоты, а следовательно к уменьшению восстанавливающего момента.

В условии равновесия судна подвешенный незакрепленный груз P влияние на остойчивость не оказывает. После отрыва от палубы груза P происходит изменение метацентрической высоты. Сам процесс подъема и опускания груза P в вертикальной плоскости не влияет ***на остойчивость судна.***

Влияние на остойчивость оказывает перемещение груза P , только при возникновении крена.

Влияние жидкого груза на остойчивость.



Влияние такого груза на остойчивость, аналогично влиянию, которое оказывает на остойчивость закрепленный твердый груз.

с точки зрения влияние на остойчивость, жидкий груз со свободной поверхностью подобен подвешенному грузу, точка подвеса которого расположена в метацентре, а длина подвеса равна метацентрическому радиусу.

Свободная поверхность жидкого груза, перетекая в сторону наклона судна. Уменьшает метацентрическую высоту и отрицательно сказывается на остойчивости.

При восстановлении равновесия судна, жидкость особенно топливо и смазочные материалы. Нефтепродукты, перетекают в исходное положение с задержкой, создают **момент инерции**.

Рекомендации по устранению или уменьшению отрицательного влияния свободной поверхности жидкого груза на остойчивость судна:

- 1. При приеме жидкого груза необходимо стремиться к тому, чтобы цистерны или отсеки были запрессованы (запрессованными считаются цистерны заполненные на 95% и более;*
- 2. Расходовать рейсовые запасы следует сначала из верхних емкостей, а затем – из нижних. Причем забирать их надо по очереди из разных цистерн, а не одновременно из нескольких;*
- 3. При балластировке нельзя принимать забортную воду сразу в несколько балластных цистерн;*
- 4. Во время рейса следует избегать приема забортной воды в балластные танки и ее удаление из них. Особенно опасна такая операция для судна с малой метацентрической высотой. Например, для лесовозов с грузом леса на палубе. Балластировку нужно производить в порту или на базе – убежище, а в море – лишь в исключительных случаях с соответствующей расчетной проверкой остойчивости.*
- 5. При балластировке судна приемом воды в кормовые трюмы, через которые проходит туннель гребного вала, не следует доводить уровень воды выше туннеля.*

Существуют различные предупредительные меры по ограничению

смещения насыпных грузов:

- разделение трюмов постоянными или временными продольными переборками. Они должны простираться на высоту, достаточную для предотвращения смешения: в твиндеках такие переборки устанавливаются от палубы до палубы. Переборки должны быть достаточно прочными, соответствующим образом закрепленными и непроницаемыми для данного груза;***
- Устройство над грузовыми люками шахт - питателей достаточной емкости (2.5-8 % вместимости отсека);***
- при частичном заполнении трюма - выравнивание насыпного груза и укладка сверху мешков с этим грузом.***

Остойчивость судна на попутном волнении.

В определенных случаях эти изменения могут иметь опасный характер и привести к возникновению аварийной ситуации или опрокидыванию судна.

Аварии обычно *предшествует одно из следующих трех явлений или их комбинация.*

- 1. Значительное уменьшение или потеря поперечной остойчивости при прохождении вершины волны вблизи миделя судна.* Наиболее опасным в этом отношении является движение на волнах, *Длина волны λ близка к длине судна L , а скорость волны близка к скорости судна V .* В этом случае время пребывания в зоне с пониженной (ниже опасного уровня) остойчивость может оказаться существенно больше, чем время, необходимое судну для опасного наклонения.
- 2. Основной или параметрический резонансы бортовой качки,* когда, соответственно, $\tau' = T$ или $\tau' = T/2$.
- 3. Захват волной, потеря управляемости и самопроизвольный неуправляемый разворот судна лагом к волне – брочинг.* Наиболее опасным является захват на переднем склоне волн, имеющих $V_{\text{волны}} \approx V_{\text{судна}}$ и $\lambda = 0,8 - 1,31 L_{\text{судна}}$. Брочингу в основном подвержены быстроходные и малые суда.

Основными признаками недостаточной остойчивости являются:

- неожиданное увеличение крена при нахождении вершины отдельных волн вблизи миделя судна, существенно превышающее значение предшествующих углов статического крена или амплитуд бортовой качки;
- длительное по сравнению с $1/4\tau$ наклонения судна на борт;
- задержка (зависание) в положении максимального крена и медленное возвращение в положение максимального крена и медленное возвращение в исходное состояние.

Основными признаками брошинга являются:

- ***значительное колебание скорости за время прохождения волны относительно судна. его тенденции к разгону на переднем склоне попутной волны;***
- ***ухудшение устойчивости на курсе и стремление судна развернуться лагом к волне;***
- ***увеличение скорости и амплитуд перекладки руля, необходимых для удержания судна на курсе. (судно плохо слушается руля).***



Для предотвращения брочинга

рекомендуется:

- иметь скорость менее 0,6—0,7 от скорости распространения опасных волн ($\lambda > 0,8L$);
- не допускать статического дифферента на нос;
- в случае опасности захвата судна волной резко сбавить скорость, в критических случаях — кратковременно дать задний ход, чтобы возможно скорее уменьшить скорость до безопасной, не теряя при этом способности управляться.

Непотопляемость.

Непотопляемостью называется способность судна после затопления части помещений сохранять плавучесть и остойчивость.

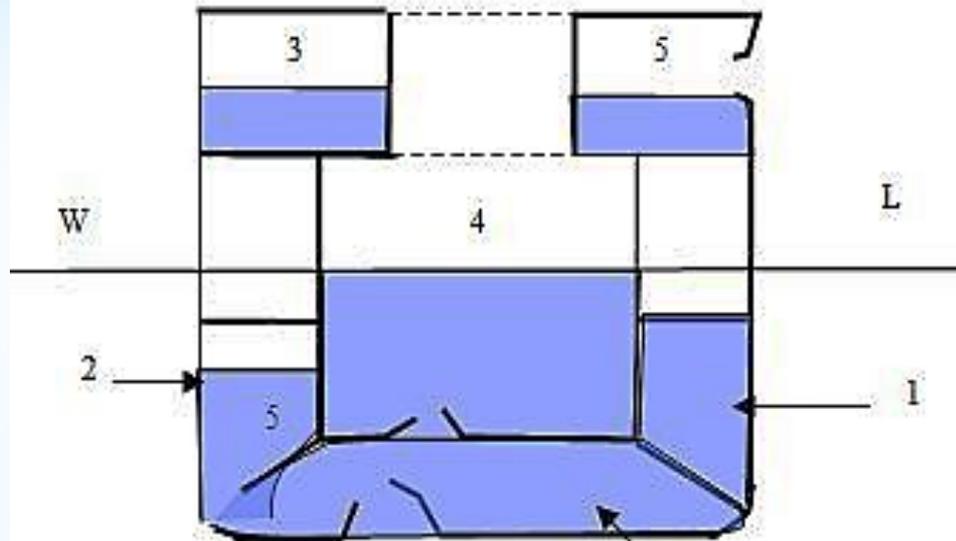
Непотопляемость в отличие от плавучести и остойчивости, не является самостоятельным мореходным качеством судна. непотопляемостью можно назвать *свойство судна сохранять свои мореходные качества при затоплении части водонепроницаемого корпуса.*

Судно, обладающее хорошей непотопляемостью, при затоплении одного или нескольких отсеков должно, прежде всего, оставаться на плаву и обладать достаточной остойчивостью, на допускающей его опрокидывания. Кроме того, судно *не должно утрачивать ходкость*. Которая зависит от *осадки, крена и дифферента*.

Увеличение осадки, значительный крен и дифферент повышают сопротивление воды движению судна и ухудшают эффективность работы винтов и судовых механизмов.

поскольку потеря непотопляемости приводит к тяжелейшим последствиям – гибели судна и людей, поэтому обеспечение непотопляемости является одной из главных задач, как для судоводителя, так и для всего экипажа.

Схема классификации затопленных помещений



В зависимости от характера затоплений судовых помещений:

I категория – судовые помещения, затопленные полностью (судовые помещения **5** и **6**);

II категория – частично затопленные судовые помещения, не имеющие сообщения с заборной водой (судовые помещения **3**);

III категория – частично затопленные судовые помещения, сообщающиеся с заборной водой и атмосферой (открытые сверху), (судовые помещения) **4**);

IV категория – частично затопленные судовые помещения, сообщающиеся с заборной водой, но не имеющие сообщения с атмосферой (с воздушными подушками), (судовые помещения **2**);

V категория – судовые помещения, затопленные (частично) по кромку пробоины или открытого заборного отверстия (судовые помещения **5**).

Элементы затопленных судовых помещений.

К элементам затопленных судовых помещений относятся:

- V – объем воды в отсеке;
- x_v, y_v, z_v, v – координаты центра величины (**ЦВ**) объема V ;
- S – площадь свободной поверхности воды в отсеке;
- x_s, y_s, z_s – координаты центра тяжести (**ЦТ**) площади S ;
- i_x, i_y, i_z – собственные (центральные) моменты и центробежный момент инерции площади S относительно продольной и поперечной осей судна.

*Для судовых помещений **IV** категории дополнительными характеристиками являются объем воздушной подушки и давление в ней.*

Различают теоритические объемы V_T и фактические V , которые зависят от загрузки и расположения в них судовых механизмов.

Отношение: вместимости судового помещения к его теоритическому объему

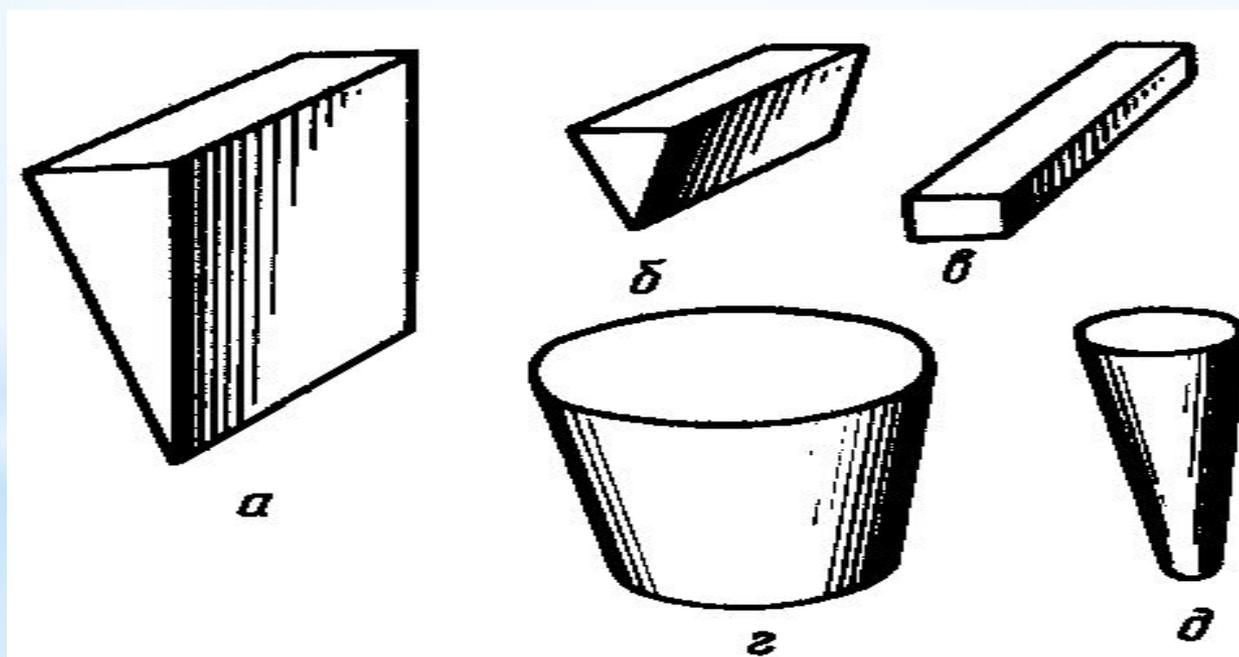
$t = V/V_T$ – называется **коэффициентом проницаемости**.

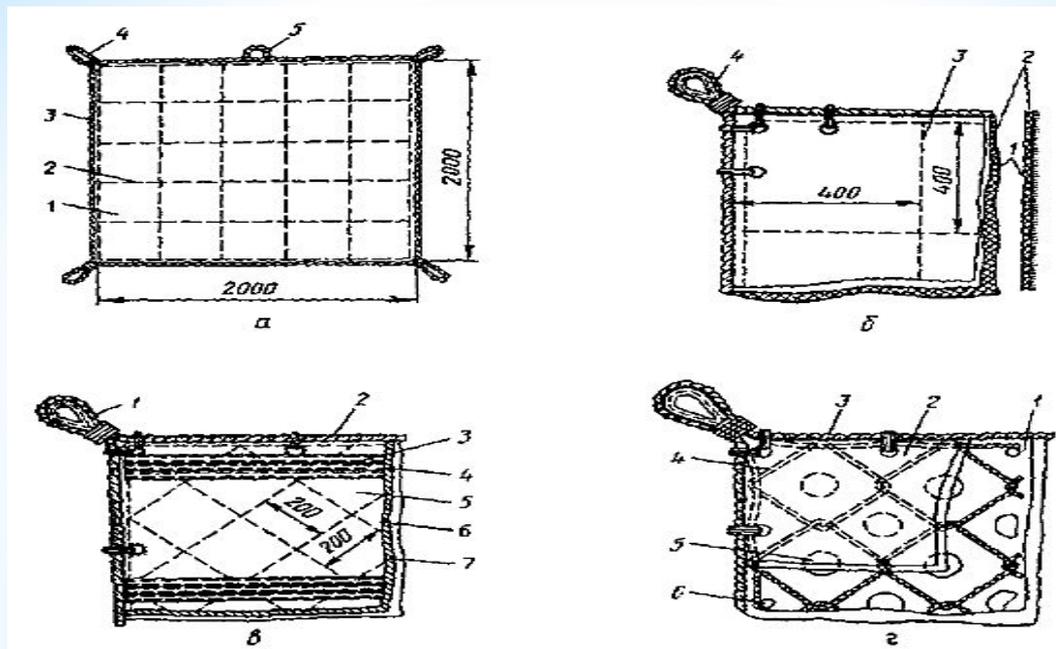
Часть 5 «Правил морского Регистра Судоходства» устанавливает следующие значения коэффициентов проницаемости отдельных судовых помещений.

Помещения	Коэффициент проницаемости
Судовые механизмы, электростанции, технологическое оборудование	0.85
Помещения непассажирских судов, занятых грузами и запасами	0.60
Помещения, загруженные порожней колесной техникой, жилые помещения	0.95
Пустые и балластные цистерны	0,98
Грузовые помещения накатных грузов	0.80

Борьба с поступающей водой состоит в обнаружении поступления воды внутрь судна, осуществлении возможных мероприятий по предотвращению или ограничению поступления и дальнейшего распространения забортной воды по судну, и ее удалению. При этом принимаются меры по восстановлению непроницаемости бортов, переборок, платформ, обеспечению герметичности отсеков.

Малые пробоины, разошедшиеся швы, трещины заделывают деревянными клиньями пробками – чопами.

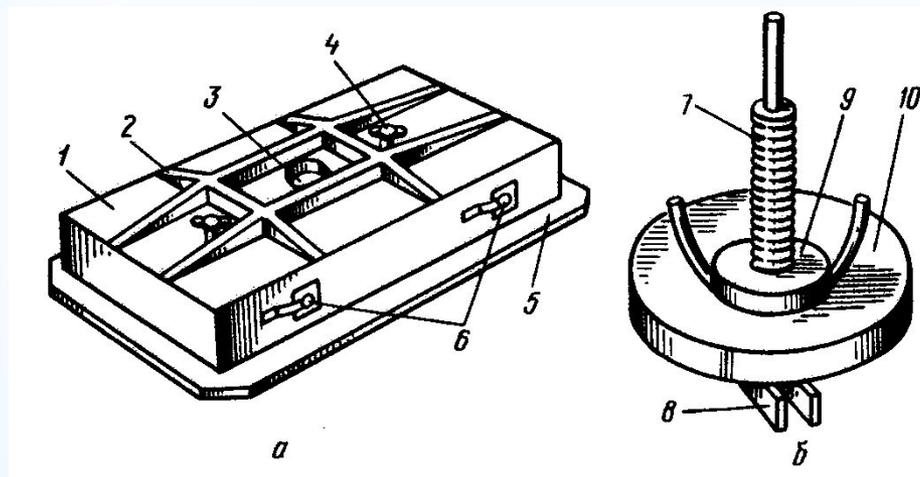




Пластыри:

а – учебный; 1- парусина; 2 – прошивка; 3 – ликтрос; 4 – угловые коуши; 5 – кренгельс для контрольного конца; **б – шпигованный**: 1 – парусиновая покрышка из двух слоев; 2 – мат шпигованный; 3 – прошивка; 4 – коуш угловой; **в – облегченный**: 1 – коуш угловой; 2 – ликтрос; 3 – карман для рейки; 4 – рейка распорная из трубы; 5,7 - слои парусины; 6 – войлочная прокладка; **г – кальчужный**: 1,2 – двойной слой парусиновой подушки; 3 – ликтрос пластыря; 4 – кольцо сетки; 5 – шайба парусиновая; 6 – ликтрос сетки

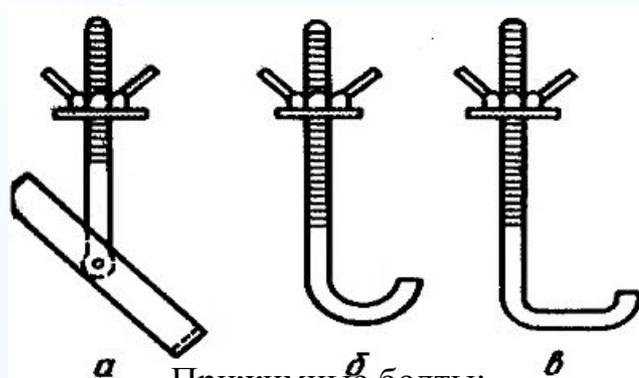
На пробойны большего размера ставят жесткий металлический пластырь, или мат, придавленный щитком.



Металлические пластыри:

а– клапанный; б – с прижимным болтом; 1 – коробчатый корпус; 2 – ребра жесткости; 3 – гнездо для раздвижного упора; 4 – патрубки с заглушками для стержней крючковых болтов; 5 – клапан; 6 – рымы для крепления подкильных концов; 7,8 – прижимной болт с откидной скобой; 9 – гайка с ручками; 10 – прижимной диск.

Для их крепления в комплект аварийного имущества входят специальные прижимные болты.

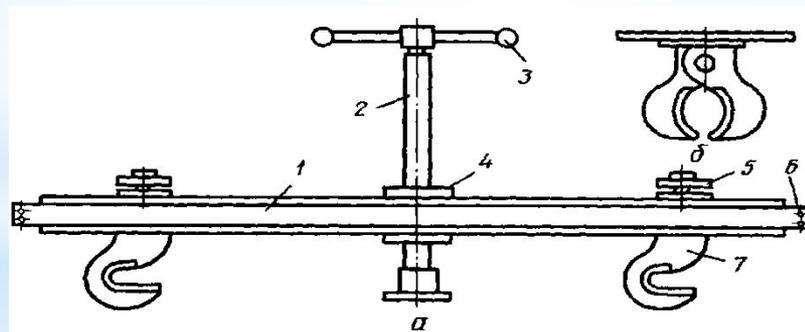


Прижимные болты:

а – с откидной скобой;

б, в – крючковые.

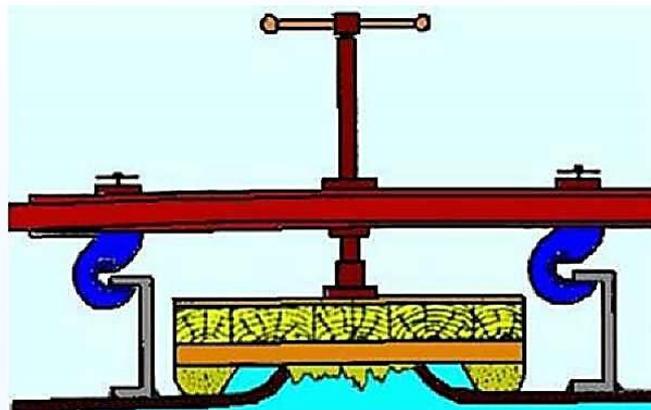
Струбцины.



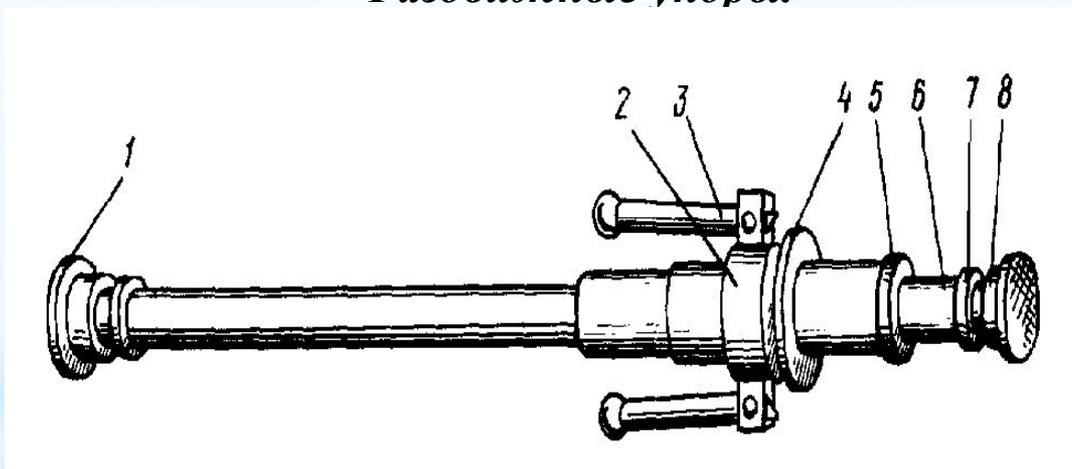
Аварийная струбцина:

а – с захватами за шпангоуты швеллерного типа; б – захват для шпангоутов бульбового типа; 1 – струбцина; 2 – прижимной винт; 3 – рукоятки прижимного винта; 4 – гайка-ползун; 5 – стопорные винты; 6 – болты, скрепляющие две планки швеллера; 7- захват.

Аварийная трубина



Раздвижные упоры.



Металлический раздвижной упор:

1,8 – подпятники; 2,3 – гайки с рукоятками; 4 – штырь; 5 – наружная трубка; 6 – внутренняя трубка; 7 – шарнир.

Аварийный брус.

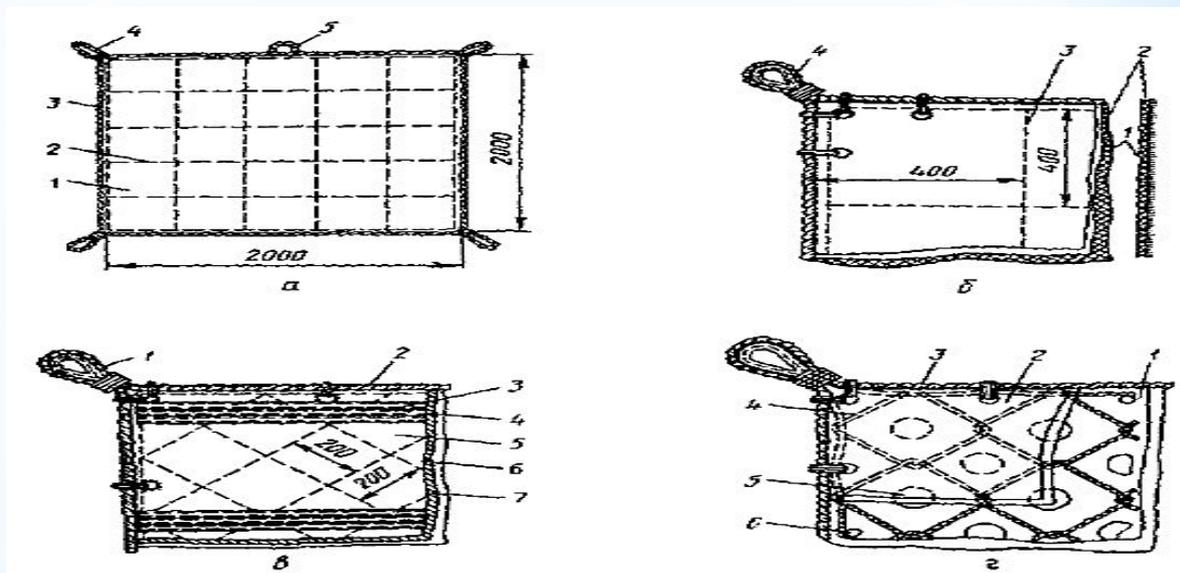


После откачки воды окончательное восстановление герметичности осуществляется путем **бетонирования пробоины – постановки цементного ящика.**

Успешность заделки пробоины малого размера зависит от места их расположения (**надводные или подводные**), от доступности пробоины изнутри судна. от ее формы и расположения краев разорванного металла (**внутри корпуса или наружу**).

В смежные с аварийным отсеком, вода может поступать в результате фильтрации через различные неплотности (**нарушения герметичности переборочных сальников, трубопроводов, кабелей и т. п.**) в таких случаях герметичность восстанавливают конопаткой, клиньями или пробками подкрепляют аварийными брусками, чтобы предотвратить их выпучивание или разрушение.

Мягкие пластыри являются основным средством для временной заделки пробоев, так как могут **плотно прилегать по обводам корпуса судна в любом месте.**



а – учебный: 1 - парусина; 2 – прошивка; 3 – ликтрос; 4 – угловые коуши; 5 – кренгельс для контрольного конца; **б – шпигованный:** 1 – парусиновая покрывка из двух слоев; 2 – мат шпигованный; 3 – прошивка; 4 – коуш угловой; **в – облегченный:** 1 – коуш угловой; 2 – ликтрос; 3 – карман для рейки; 4 – рейка распорная из трубы; 5,7 - слои парусины; 6 – войлочная прокладка; **г – кальчужный:** 1,2 – двойной слой парусиновой подушки; 3 – ликтрос пластыря; 4 – кольцо сетки; 5 – шайба парусиновая; 6 – ликтрос сетки.

Сопротивление среды при движении судна.

Сопротивление движению судна состоит из *воздушного сопротивления и сопротивление воды.*

Сопротивление воды представляет собой *вязкую среду.*

Это сопротивление складывается из следующих величин:

Сопротивление трения R_t – вызываемого трением обтекающей корпус воды.

Сопротивление формы R_f – вызываемого обтеканием корпуса судна вязкой жидкостью и образованием в носовой части зоны повышенного давления, а в кормовой части – зоны пониженного давления и завихрений, тормозящих движение судна вперед.

Волнового сопротивления R_v – вызываемого волнообразованием от движения судна (в местах повышенного и пониженного давления воды), требующим соответствующей затраты энергии.

Сопротивление выступающих частей $R_{в. ч.}$ – вызываемого увеличением сопротивления трения и сопротивления формы от выступающих частей корпуса (рулей, скуловых килей, бульбы и пр.).

Сопротивление трения зависит от скорости судна и степени шероховатости его поверхности. Которая зависит от качества сварки корпуса, а также времени пребывания судна в морской воде (со временем подводная часть обрастает морскими микроорганизмами и шероховатость увеличивается). *Сопротивления трения* рассчитывается точно. *Сопротивление формы и волновое сопротивление*, объединенное в остаточное сопротивление, рассчитывается приближенно с помощью исследования в *опытном бассейне.*

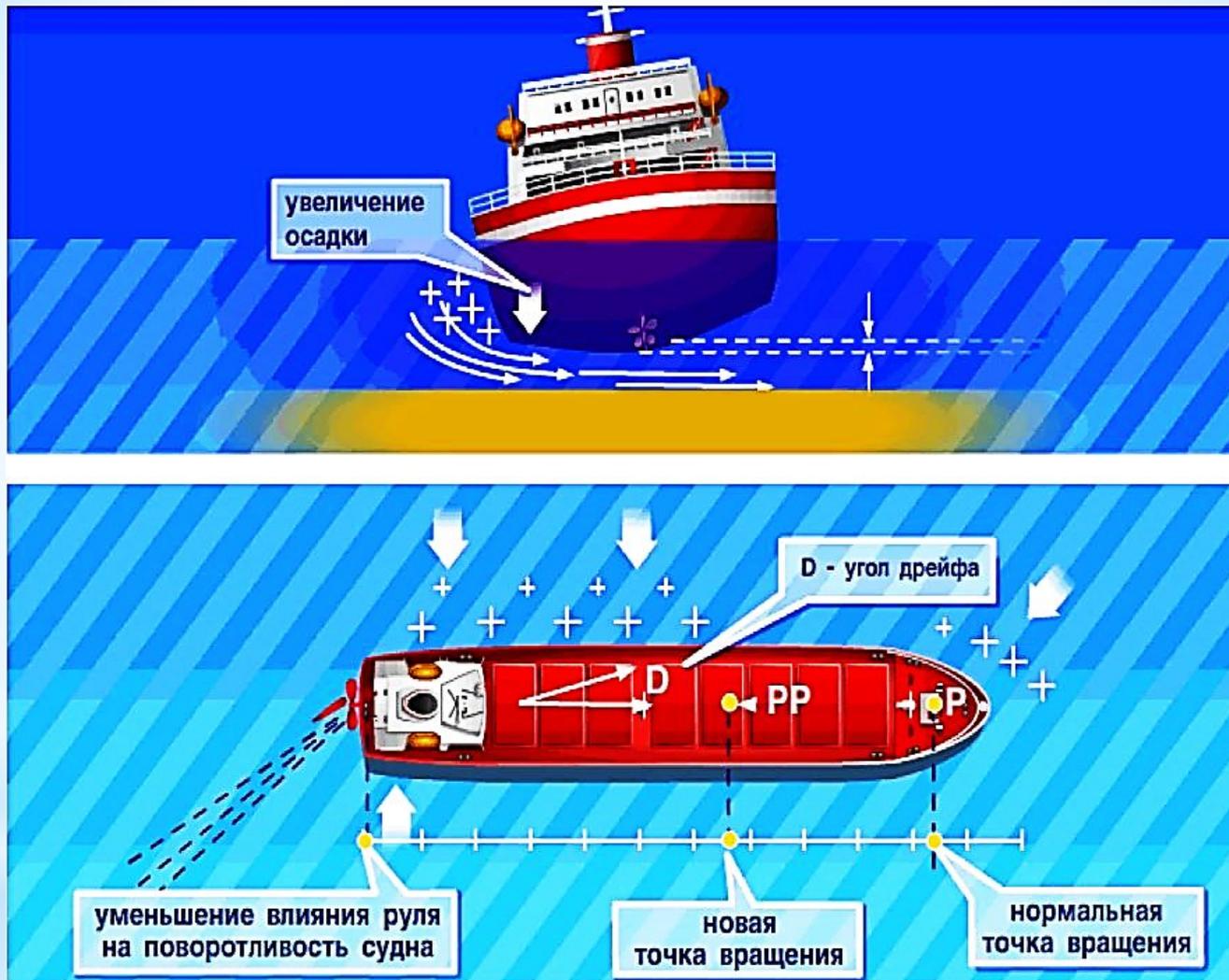
Воздушное сопротивление наглядно наблюдается при обдуве модели судна потоком воздуха в *аэродинамической трубе.*

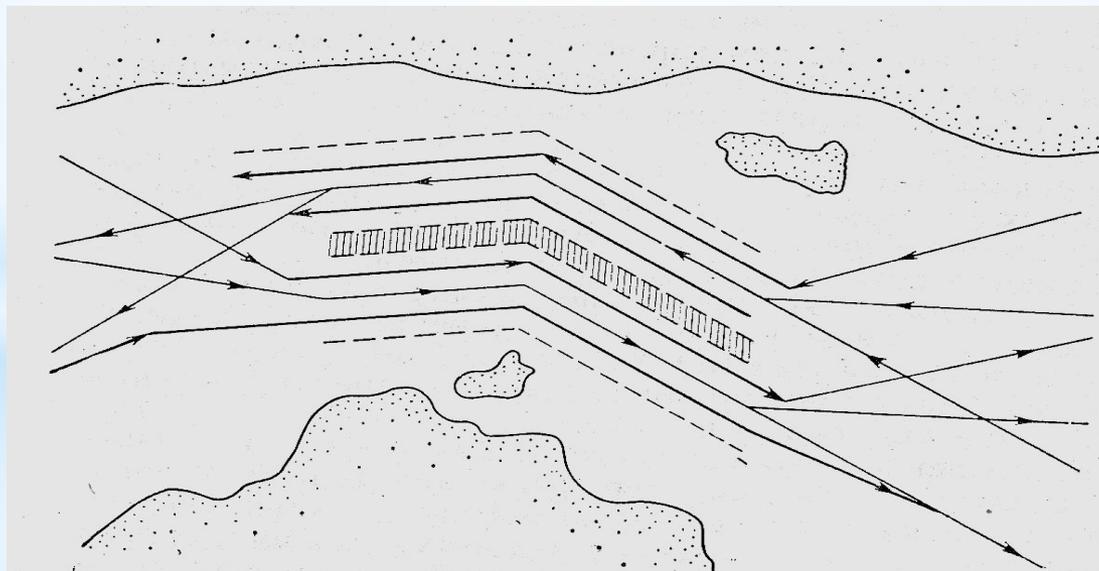
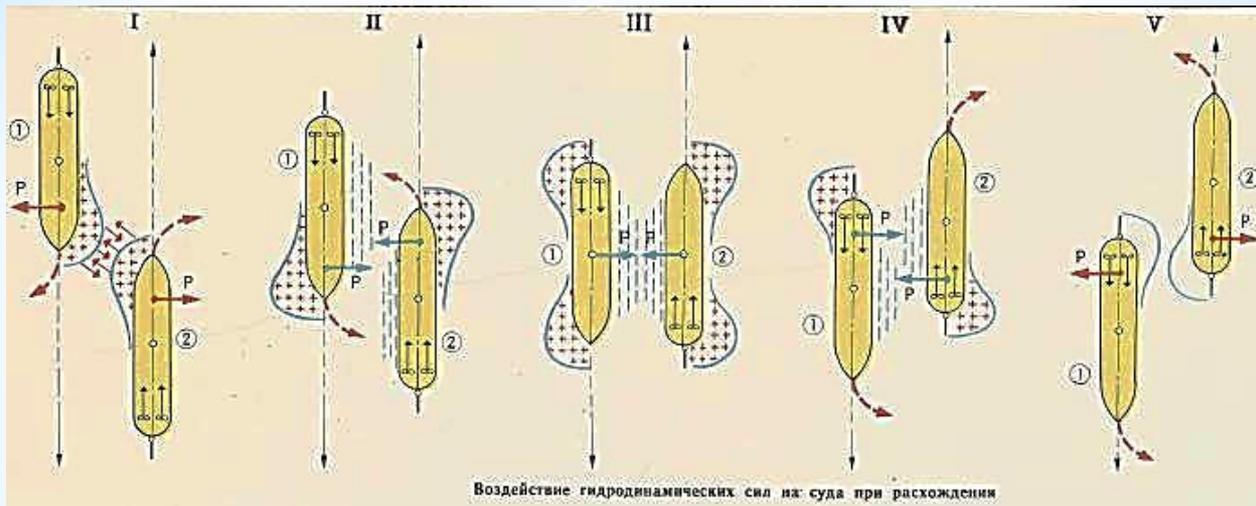
Добавляя к воздушному сопротивлению (*$R_{возд.}$*) сопротивление воды получаем полное сопротивление движению судна.

$$R = R_t + R_f + R_v + R_{в. ч.} + R_{возд.}$$



Особенности движения судна на мелководье и в каналах.

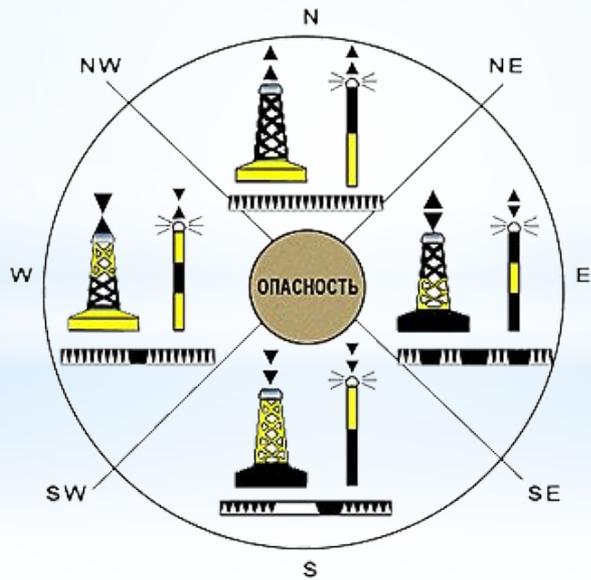
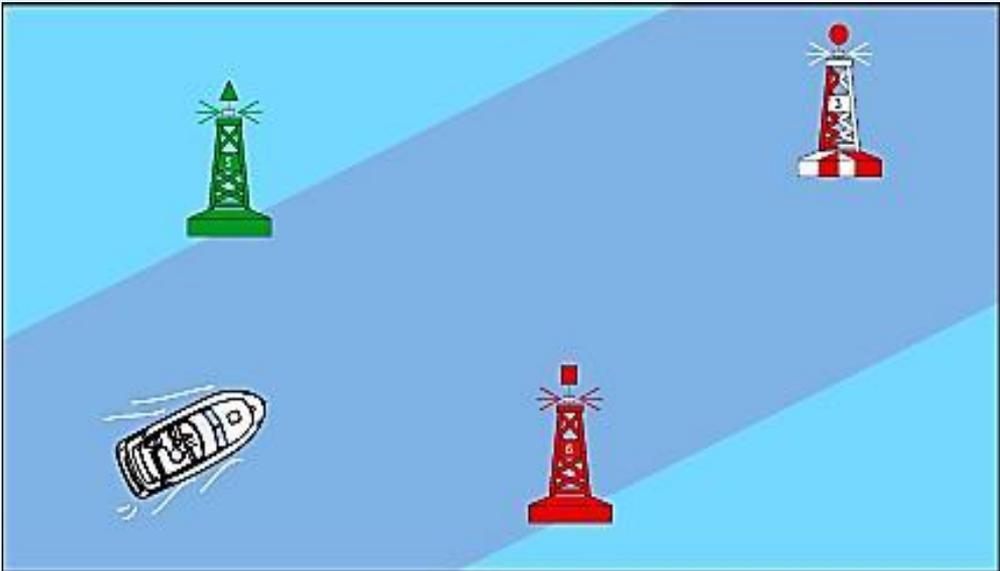


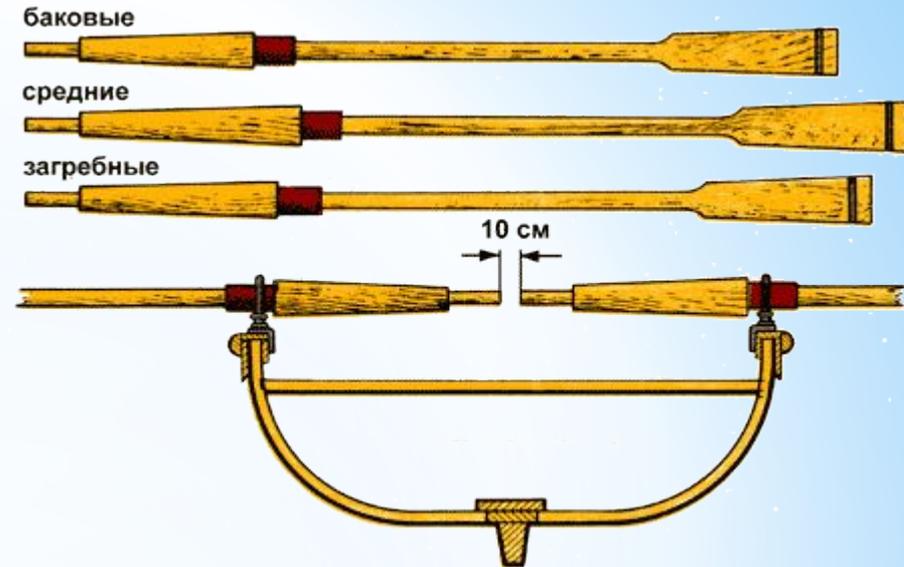
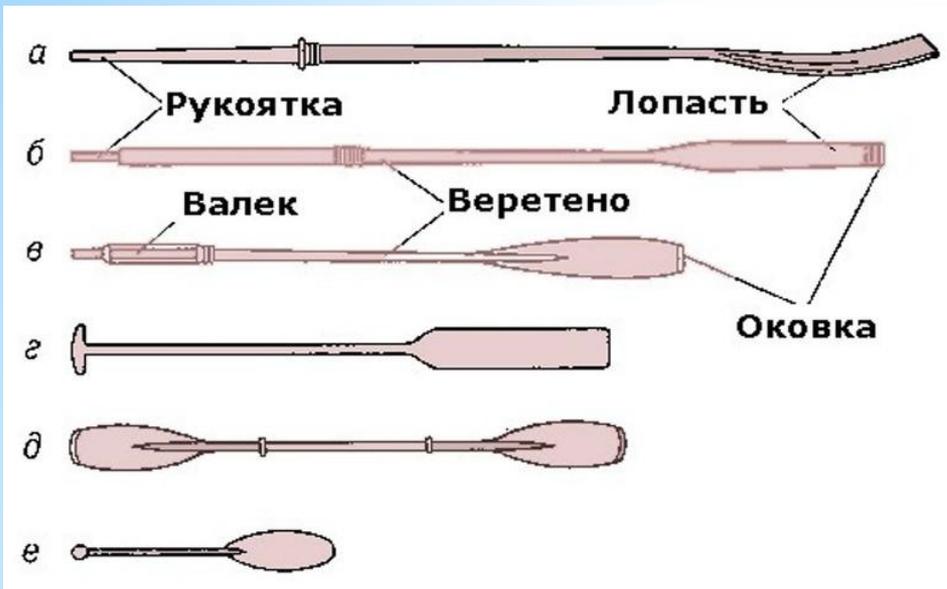


Подходя к глубоким выемкам и поворотам канала, где судовой ход не просматривается, необходимо заранее уменьшать скорость, следовать с осторожностью и подавать соответствующий звуковой сигнал, предписываемый правилом **34 в МППСС – 72 свистком;**

- а. один короткий звук означает “Я изменяю свой курс вправо”;***
- б. два коротких звука означают “Я изменяю свой курс влево”;***
- с. три коротких звука означают “Мои движители работают на задний ход”.***

А также по возможности оповещать другие по УКВ – радиосвязи о своем подходе к криволинейному участку. Судно необходимо ближе к выпуклому берегу.





Во время гребли средняя часть весла вставляется в устройство, которое называется – **уключина**.
 Уключина вставляется в отверстие в планшире шлюпки.

На современных шлюпках применяют уключину тип – **кочет**, в котором весло жестко фиксируется.



Суда с прямым парусным вооружением называются суда, у которых основные паруса прямые (*барк*).



Суда с косым парусным вооружением называют те, у которых основными являются косые паруса (*шхуна, иола, кеч*).



Яхты оснащаются треугольными парусами, которые получили название – *«бермудские паруса»*.



Суда со смешанным парусным вооружением – используют для передвижения, как прямые паруса, так и косые (*бригантина, баркентина, и др.*).



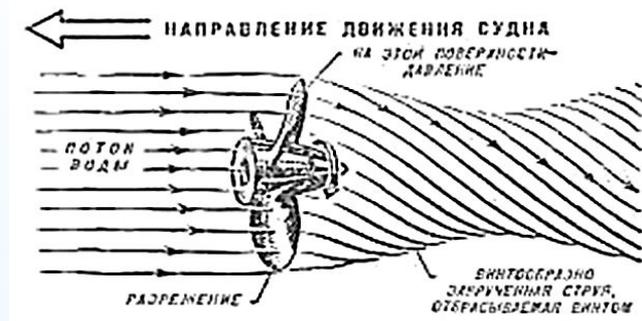
Еще одной разновидностью парусов, которые получили распространение в наше время, можно считать парус – *воздушный змей*.



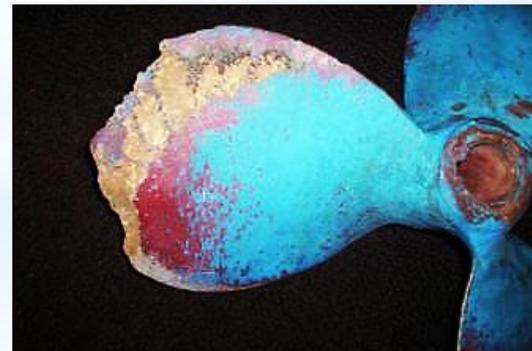
На первых пароходах в качестве основного движителя использовалось гребное колесо.

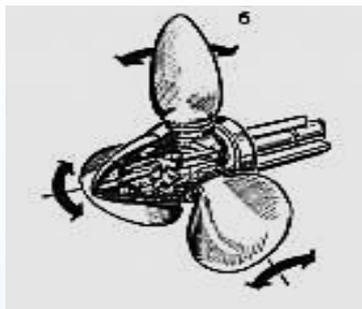


Колесный пароход «Сириус».

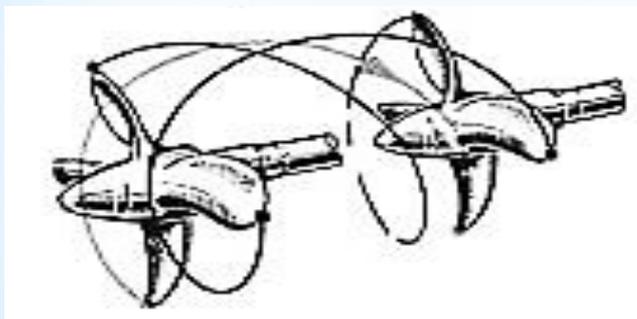


. На определенном моменте повышения оборотов винта из – за повышенной зоны разрежения образуются воздушные пузырьки. В результате резко падает мощность работы винта, и пузырьки производят гидроудары по лопастям винта. Разрушая их – это явление называется – *кавитацией*.

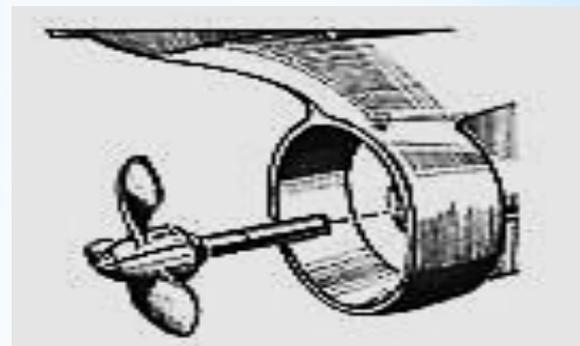




винт регулируемого шага



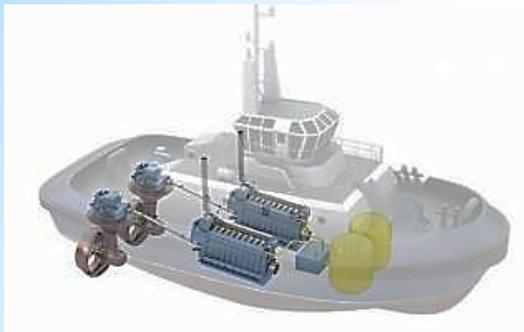
винтовая установка с двумя линиями вала



гребной винт в насадке



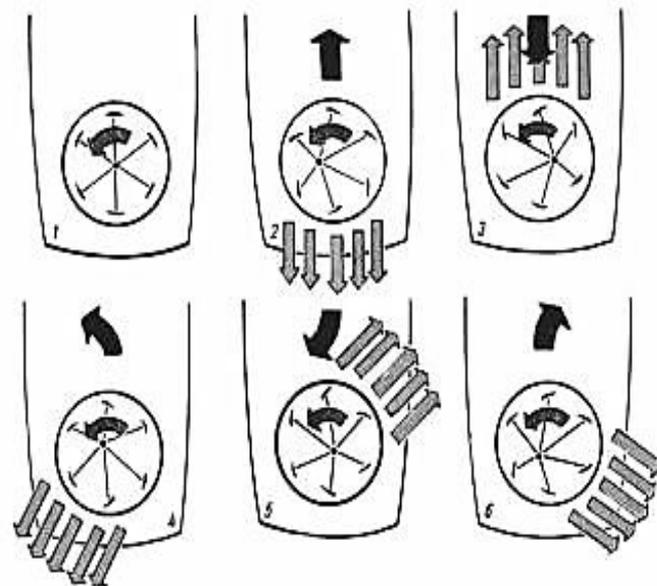
соосные гребные винты противоположного вращения



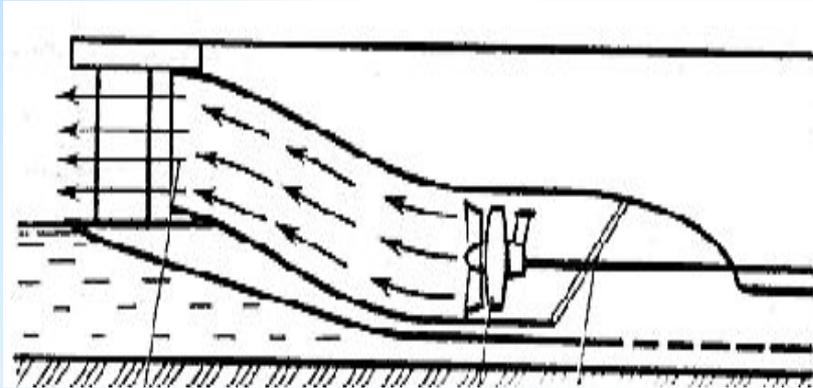
называемые *активные рули, получившие название* рулевая колонка типа *«азипод»* включает в себе небольшой гребной винт с собственным *электрическим мотором.*



Плавниковый движитель.



*Крыльчатые движители нашли применение в подруливающих устройствах. Они объединили в себе функции **двигателя** и **руля** и представляют собой ротор, установленный на одном уровне*

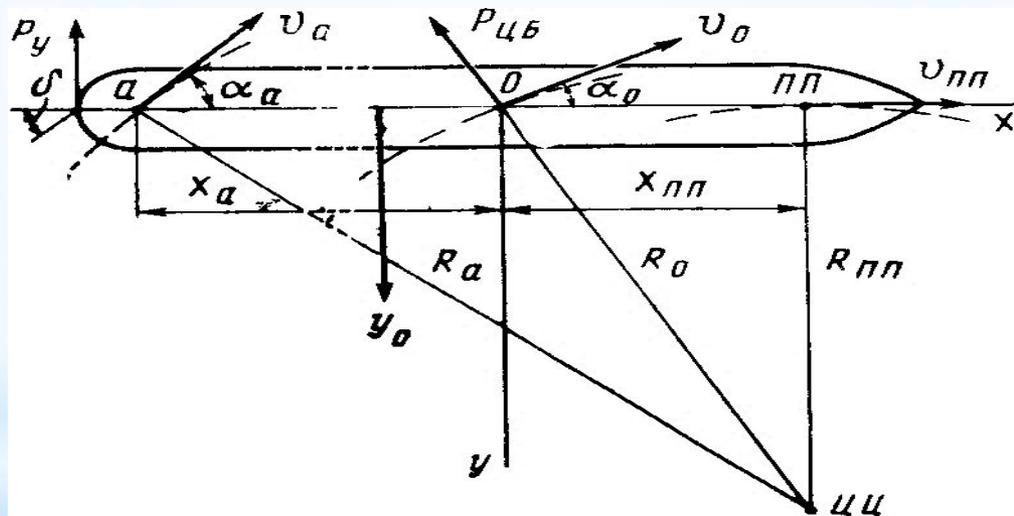


Водометный двигатель (водомер) представляет собой рабочее колесо водяного насоса, помещенное в однопроточном канале, через который выбрасывается вода с увеличенной скоростью по оси движителя.

Движение судна с переложенным рулем по криволинейной траектории называют – циркуляцией.

Скорость движения судна на циркуляции с перекладкой руля «*на борт*» $10 - 15^\circ$ составляет:

- при повороте на $- 60^\circ$ составляет – 80% от первоначальной;
- при повороте на $- 90^\circ$ составляет – 73% от первоначальной;
- при повороте на $- 180^\circ$ составляет – 58% от первоначальной.

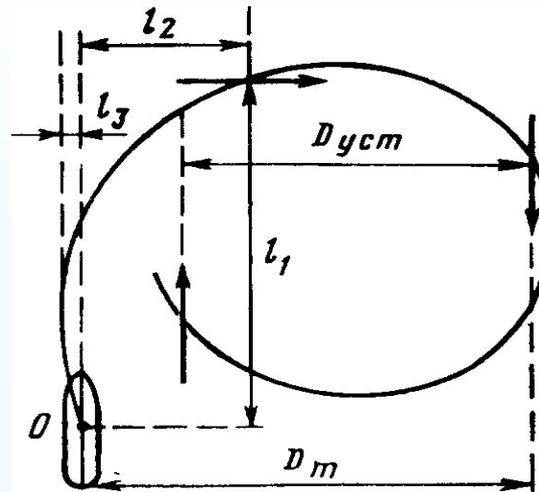


силы, действующие на судно во время циркуляции

Циркуляция судна разделяется на три периода:

- 1. маневренный, равный времени перекладки руля;**
- 2. эволюционный, с момента окончания перекладки руля до момента, когда линейная и угловая скорость судна приобретают установившееся значение;**
- 3. установившийся, от окончания эволюционного периода, до тех пор, пока руль остается в переложенном положении.**

Элементы циркуляции

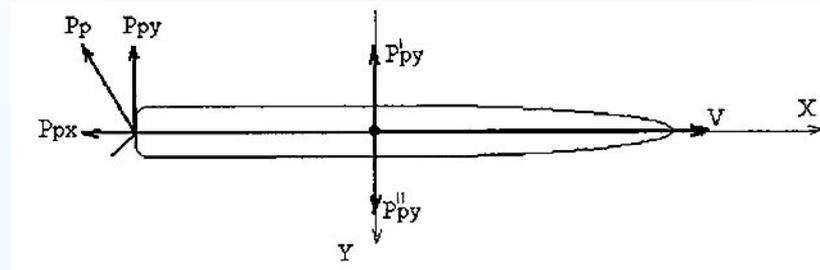


Элементами циркуляции являются:

- **выдвиг $L1$** – расстояние, на которое перемещается ЦТ судна в направлении первоначального курса с момента прокладки руля до изменения курса на 90° ;
- **прямое смещение $L2$** – расстояние от линии первоначального курса до ЦТ судна в момент, когда его курс изменится на 90° ;
- **обратное смещение $L3$** – расстояние, на которое под влиянием боковой силы руля ЦТ смещается от линии первоначального курса в сторону обратную направлению поворота;
- **тактический диаметр циркуляции $Dт$** – кратчайшее расстояние между ДП судна в начале поворота и ее положение в момент изменения курса на 180° ;
- **диаметр установившийся циркуляции $Dуст$** – расстояние между положением ДП судна для двух последующих курсов, отличающихся на 180° , при установившемся движении.

Силы, действующие в маневренный период циркуляции.

Руль судна рассматривается как вертикальное крыло симметричного профиля. Поэтому при его перекадке возникает подъемная сила – **боковая сила руля P_r** .

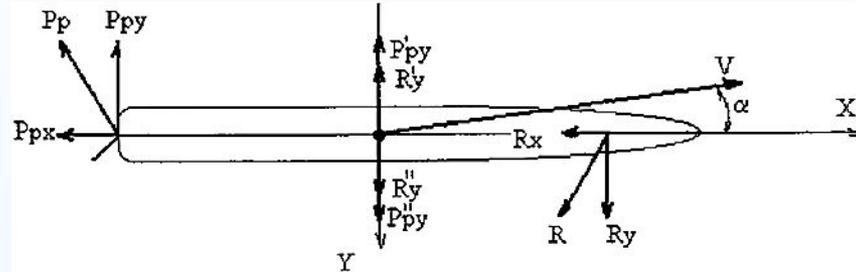


Приложим к центру тяжести две **равные силы P_{ry}** и противоположные силы **P'_{ry}** и **P''_{ry}** . Эти две силы взаимно компенсируются, т. е. не оказывают влияние на корпус судна. Тогда на судно действуют следующие силы и моменты:

- **сила лобового сопротивления руля P_{rx}** – уменьшает скорость судна;
- **момент сил P_{ry}, P''_{ry}** – разворачивают судно в сторону перекадки руля;
- **сила P'_{ry}** – перемещает центр тяжести в сторону, обратную повороту.

Силы, действующие на судно в эволюционный период циркуляции.

Разворот судна под действием сил P_{py} и P''_{py} приводит к появлению угла дрейфа.

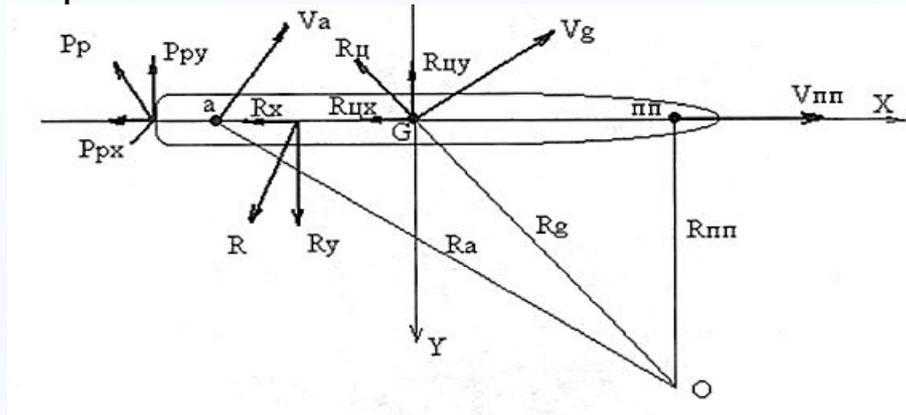


Корпус судна начинает работать как крыло. *Появляется подъемная сила - гидродинамическая сила R* . Приложим к *ЦТ* судна две равные силы R_y и противоположно направленные силы R'_y и R''_y . Тогда дополнительно к силам и моментам, действующим в маневренном режиме циркуляции появляются:

- *сила лобового сопротивления R_x – еще больше уменьшает скорость судна;*
- *момент сил R'_y и R''_y – способствует развороту, угловая скорость поворота увеличивается;*
- *сила R''_y – компенсирует силу P'_{py} и траектория движения судна искривляется в сторону поворота.*

Силы, действующие в установившийся период циркуляции.

Как только судно начало движение по криволинейной траектории появляется **центробежная сила $R_{ц}$** . Каждая точка по длине судна описывает относительно **общего центра O** свою траекторию.



При этом каждая точка имеет свой угол дрейфа, значения которого возрастают по мере удаления в сторону кормы. В соответствии со свойством крыла, точка приложения гидродинамической силы **R** смещается в корму за центр тяжести судна. в результате:

- сила **$P_{цx}$** - уменьшает скорость судна;
- сила **$P_{цy}$** – препятствует изменению радиуса циркуляции;
- момент, создаваемый гидродинамической силой **R_y** – препятствует увеличению угловой скорости поворота;
- все параметры циркуляции стремятся к своим установившимся значениям.



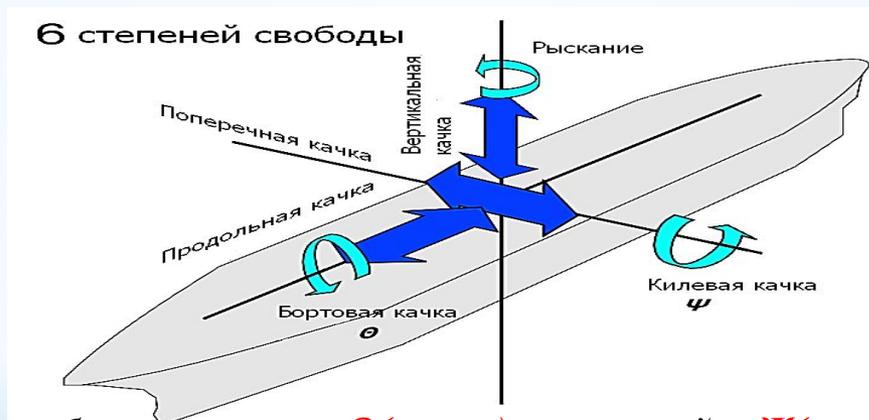
Качкой судна называются колебательные движения, совершаемые судном относительно положения равновесия. ***В основном качка возникает под действием гидродинамических сил, обусловленных возмущающим эффектом ветрового волнения.***

Выделяют следующие виды реакции судна на качку (волнение):

- *колебательные движения корпуса судна во всех шести степенях свободы;*
- *меняющиеся с частотой волнения напряжения элементов корпуса, ударные нагрузки;*
- *вибрации корпуса и его элементов;*
- *изменения, вытекающие постоянного характера (снижение скорости хода, увеличение нагрузки на двигатель, дрейф и т.д.);*
- *неблагоприятные явления, такие как слеминг (слеминг (днищевой) возникает в процессе продольной качки при оголении носовой оконечности и последующем соударении с волной, большие динамические нагрузки могут привести к серьезным повреждениям конструкций корпуса и оборудования), заливание, оголение винта, брочинг и т. д.*

Виды качки. Вызываемая волнением качка судна подразделяется на шесть видов:

1. **бортовая (Roll)** – вращательные колебания около продольной оси, лежащий в диаметральной плоскости судна (попеременный крен на правый и левый борт);
2. **килевая (Pitch)** – вращательное колебание около поперечной оси судна, параллельной плоскости мидель шпангоута (дифферент судна то на нос, то на корму);
3. **вертикальная (Heave)** – колебания вдоль вертикальной оси судна;
4. **продольно – горизонтальная (Surge)** – колебания вдоль продольной оси судна;
5. **поперечно – горизонтальная (Sway)** – колебания вдоль поперечной оси;
6. **рыскание (Yaw)** – вращательные колебания около вертикальной оси.



Угол бортовой качки обозначается – Θ (тэта), а килевой – Ψ (пси).

Основными видами качки считают:

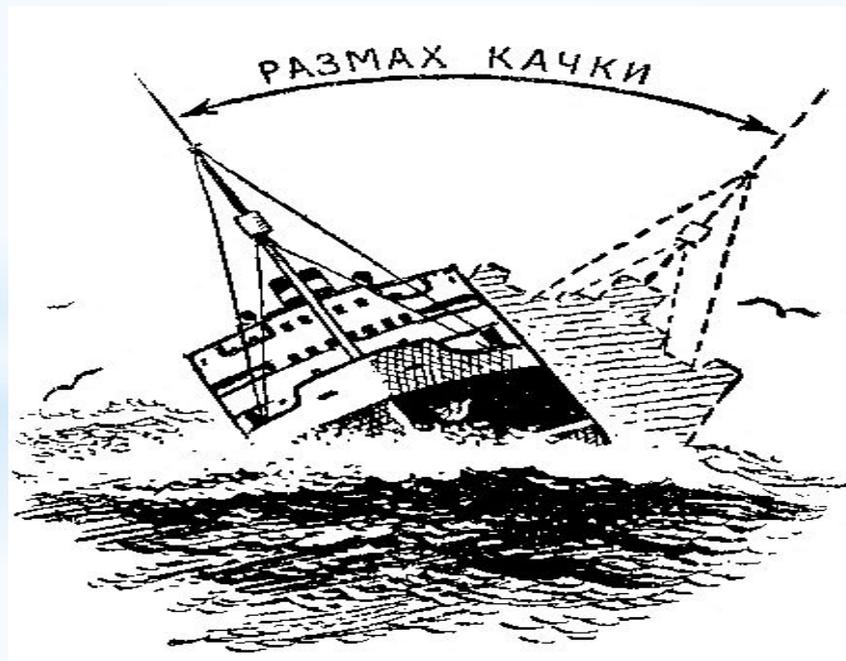
- бортовую;
- килевую;
- вертикальную.

Продольно – горизонтальные, поперечно – горизонтальные и рыскание судна по курсу относят к дополнительным видам качки.

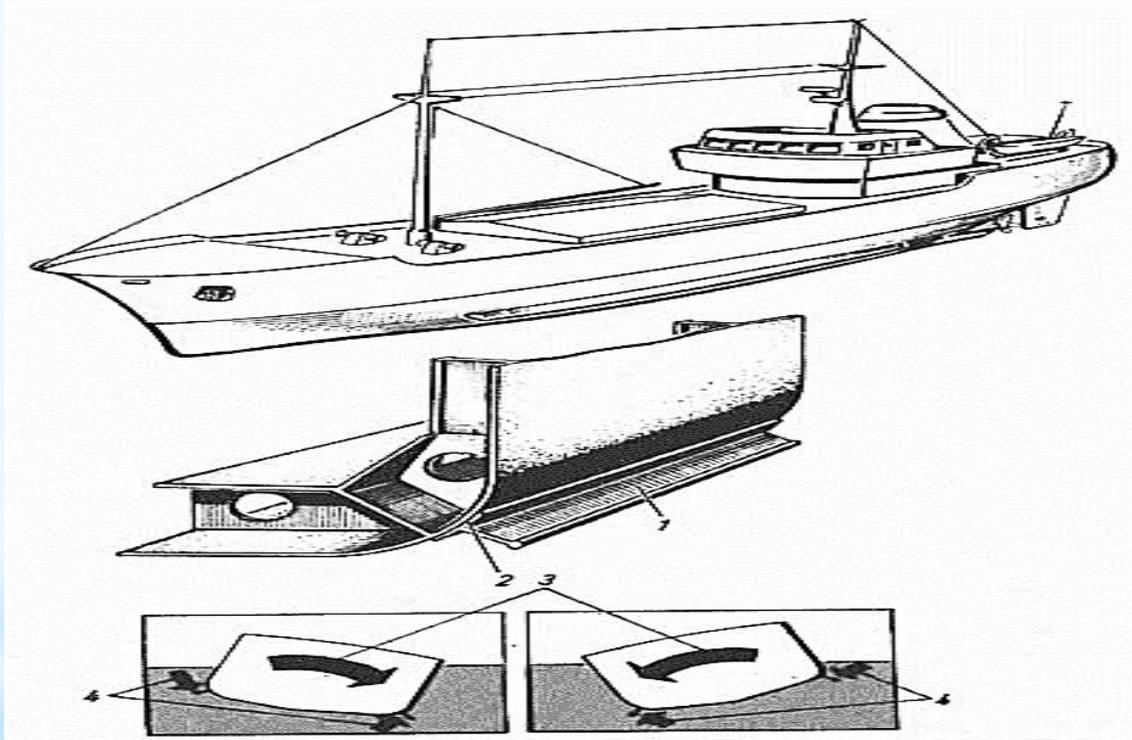
Элементы качки судна.

Качку судна, как и всякое колебательное движение, характеризуют следующие параметры:

- **амплитуда качки** – наибольшее отклонение судна от положения равновесия;
- **размах качки** – удвоенная амплитуда или полное перемещение судна из одного крайнего положения в другое;
- **период качки** – время, в течение которого судно совершает одно полное колебание.



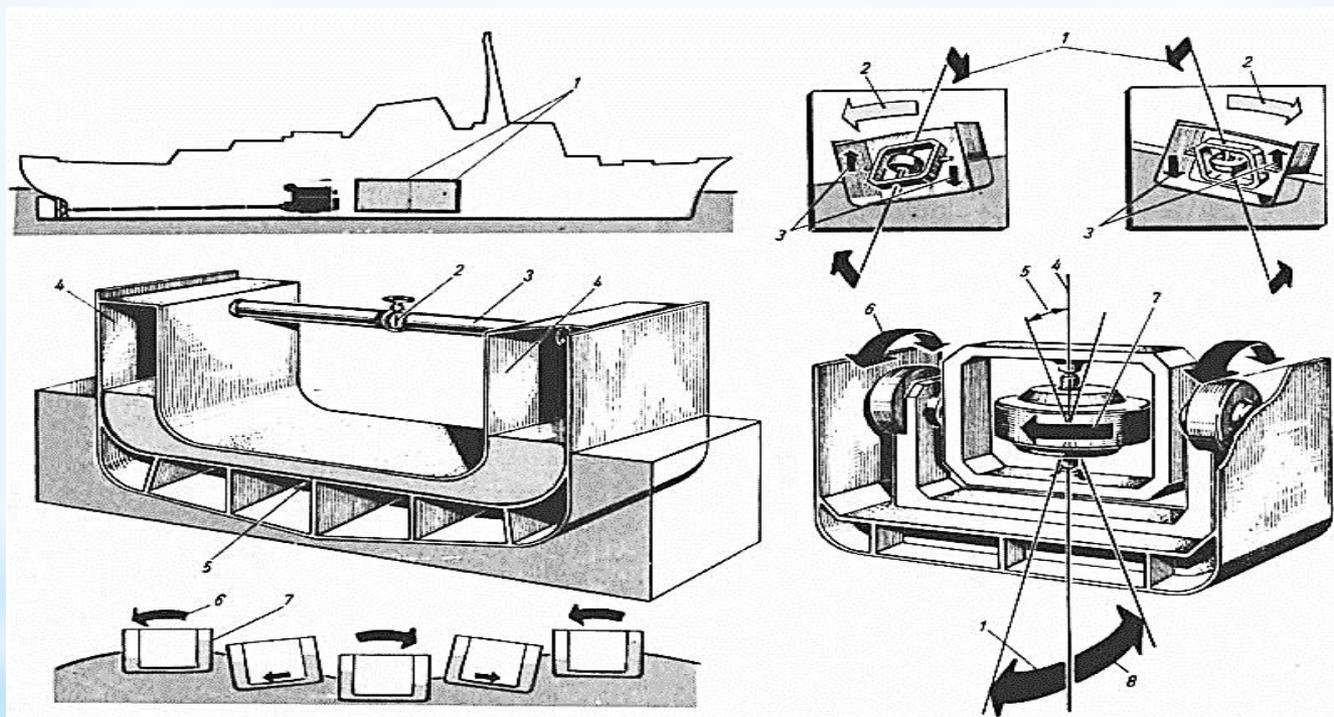
К наиболее простым средствам демпфирования бортовой качки морских судов относят **скуловые (бортовые) кили**. Они помещаются с *внешней стороны корпуса судна перпендикулярно к скуловому поясу наружной обшивки*. **Скуловые кили** располагаются в средней части судна и занимают от $1/3$ до $3/4$ его длины.



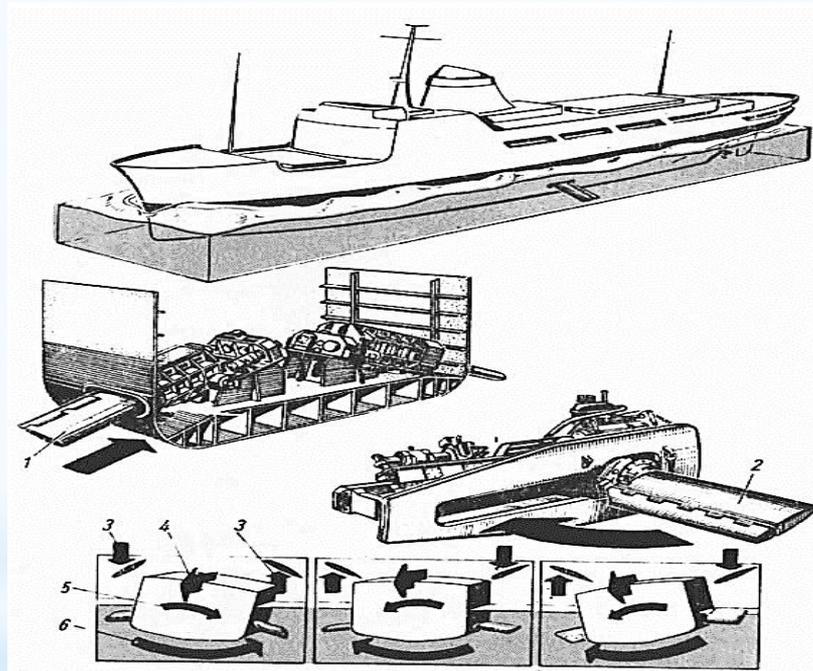
Скуловой киль

1 — скуловой киль; 2 — усиление; 3 — бортовая качка; 4 — сопротивление демпфирования скуловых килей.

Для демпфирования бортовой качки применяют *успокоительные цистерны*. Вставляемые в корпус судна. Принцип действия их основан на том, что бортовая качка демпфируется собственными колебаниями массы жидкости на борту.



Новейшие разработки устройств снижения бортовой качки привели к появлению **гидродинамических стабилизаторов качки**. Рули таких стабилизаторов расположены с внешней стороны корпуса судна на поверхности скулы. Для того, чтобы при причаливании судна к швартовой стенке не повредить рули, а также при спокойном море, когда рули не нужны. Их с помощью гидравлических машин втягивают внутрь корпуса или убирают вдоль корпуса судна в специальные ниши для рулей.



Активные боковые рули

1 — втягивающиеся рули; 2 — заваливающиеся рули; 3 — силы, действующие на рули; 4 — направление хода судна, 5 — направление бортовой качки 6 — вращающий момент рулей.