

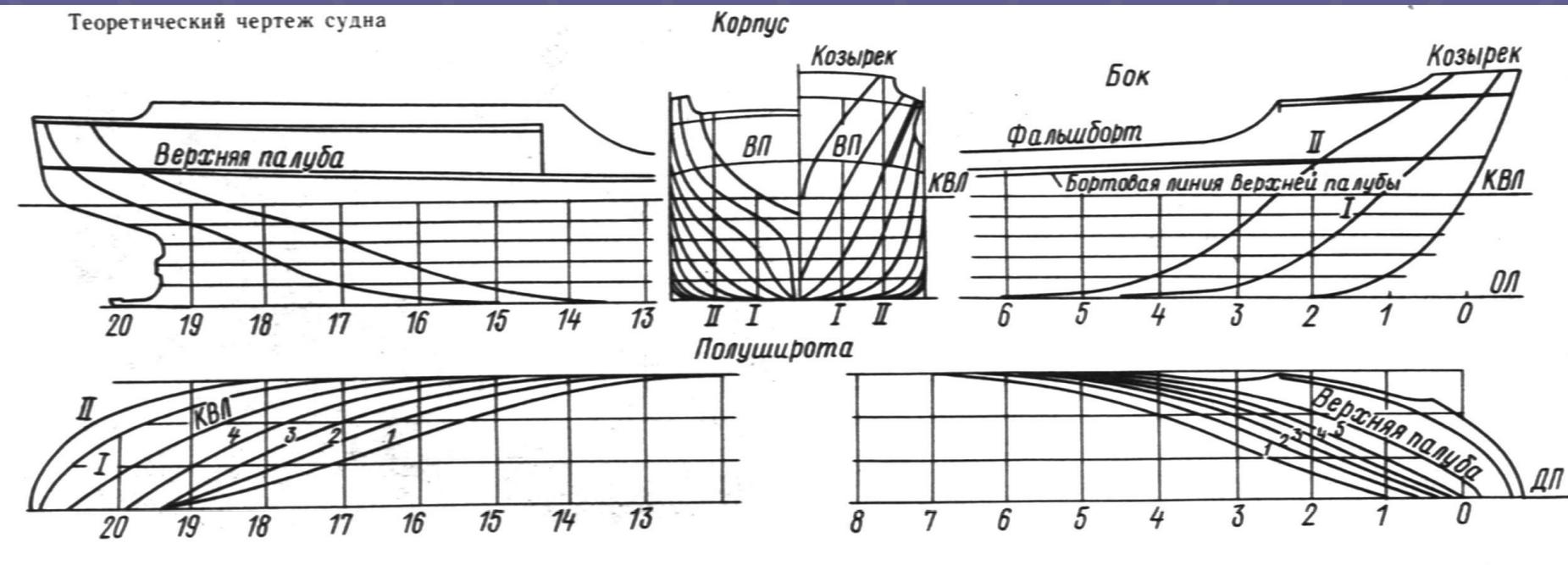
Учебный центр специалистов морского транспорта

- УСТРОЙСТВО
СУДНА
- ОСНОВЫ ТЕОРИИ
СУДНА



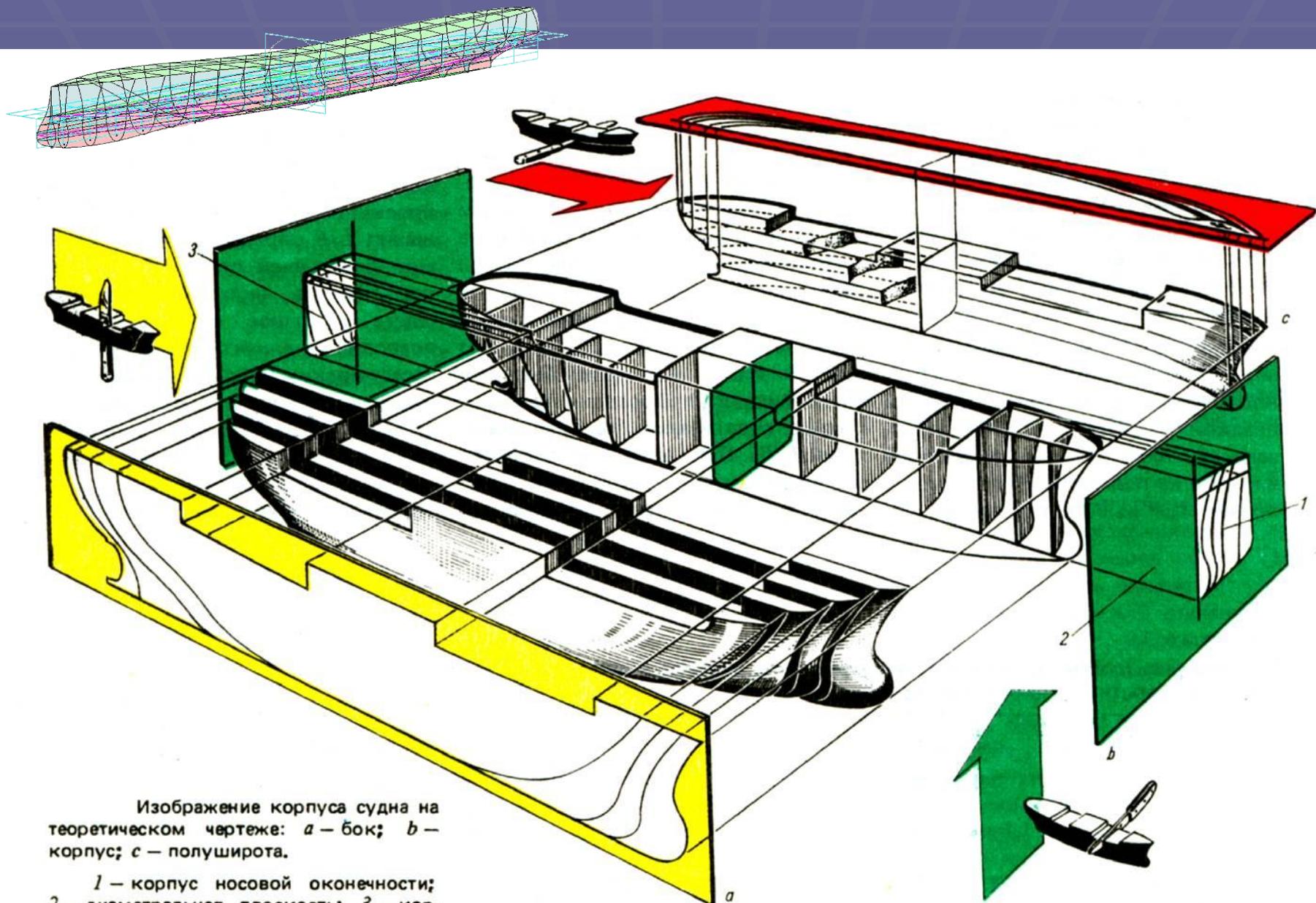
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
СЕРТИФИЦИРОВАНА НА
СООТВЕТСТВИЕ ДСТУ ISO 9001-2001
Регистром судоходства Украины

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЧЕРТЕЖ СУДНА



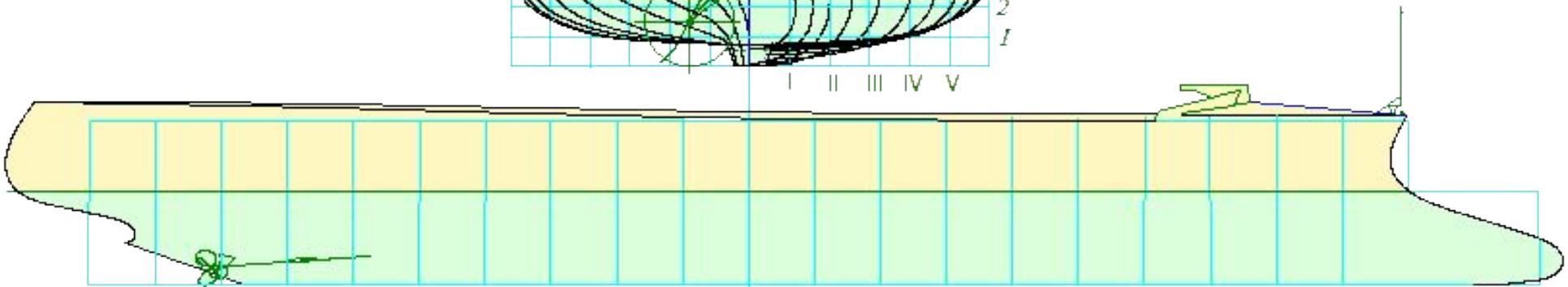
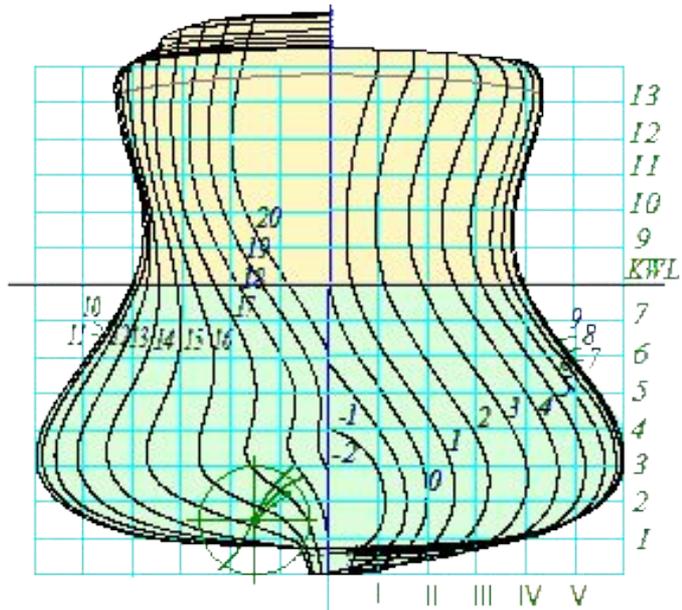
Изображение поверхности корпуса судна в проекциях на три взаимно перпендикулярные плоскости.

- Линии, получающиеся при сечении корпуса плоскостями параллельными **ДП**, называются **батоксами**.
- Линии, получающиеся при сечении корпуса плоскостями параллельными **ОП**, называются **ватерлиниями**.
- Линии, получающиеся при сечении корпуса плоскостями параллельными **миделю**, называются **шпангоутами** (их бывает 11 или 21).
- Проекция обводов судна на **ДП** называется **боком** (Линия киля, штевней и палуб)
- Проекция обводов судна на **ОП** называется **полуширотой** (Из за симметричности на полушироте изображают только левую половину). На полушироте изображают также линии палуб.
- Проекция обводов судна на плоскость миделя называется **корпусом**. Изображаются только половины шпангоутов. Справа от **ДП** – носовые. Слева от **ДП** – кормовые. Мидельшпангоут изображают полным, на оба борта. На этой плоскости наносятся линии палуб и борт судна

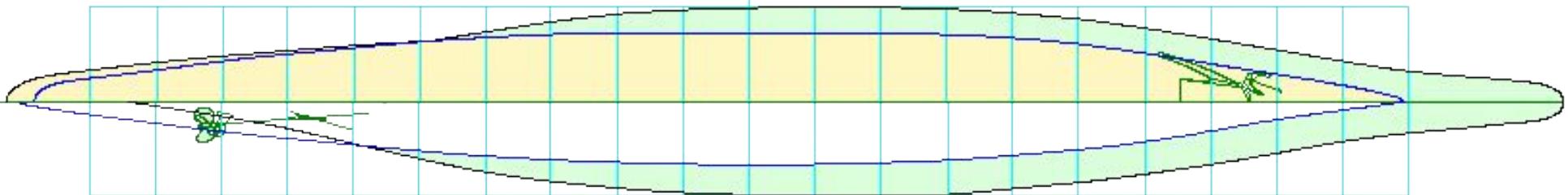


Изображение корпуса судна на теоретическом чертеже: *a* — бок; *b* — корпус; *c* — полуширота.

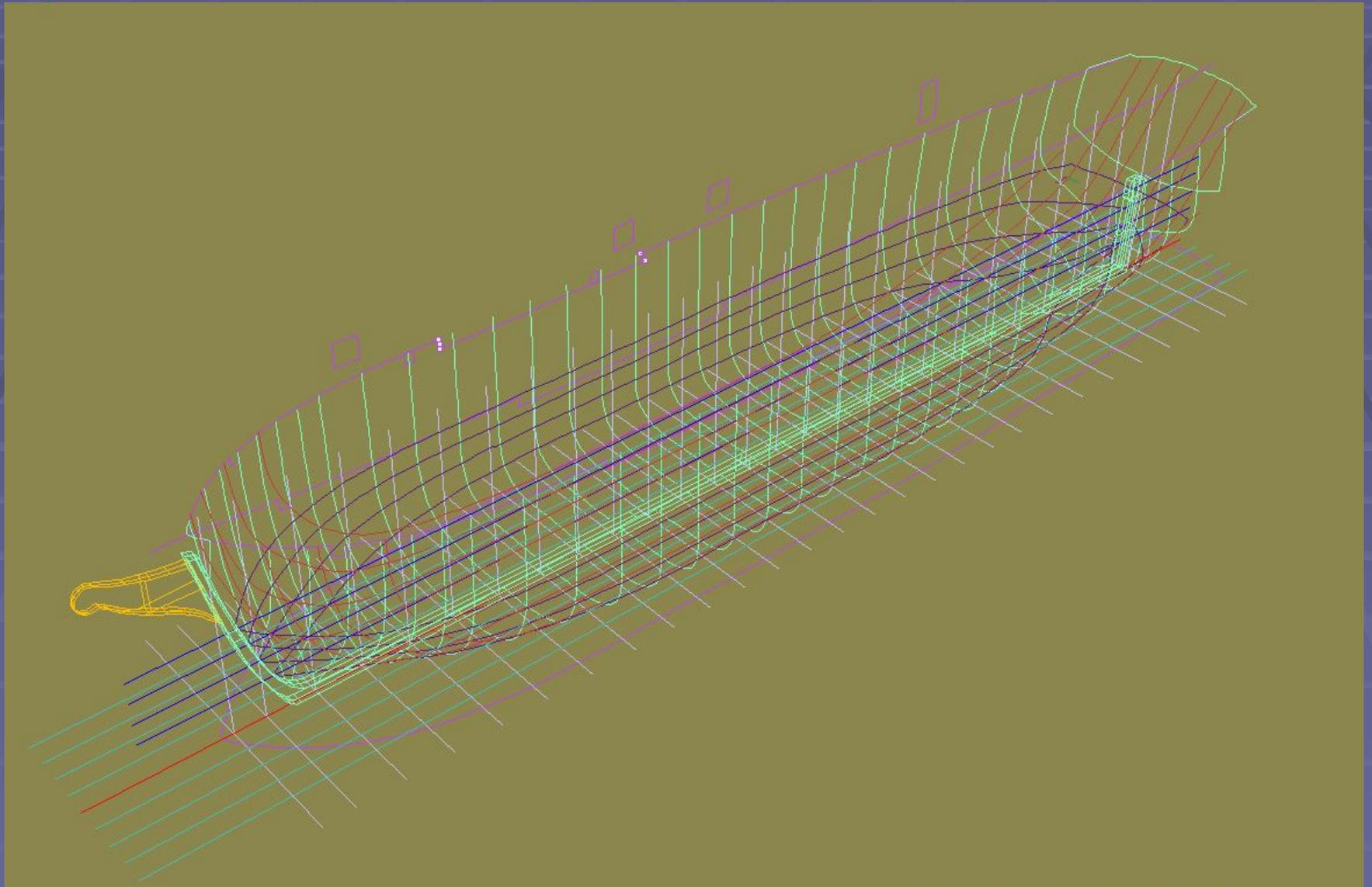
1 — корпус носовой оконечности; 2 — диаметральной плоскости; 3 — корпус кормовой оконечности.

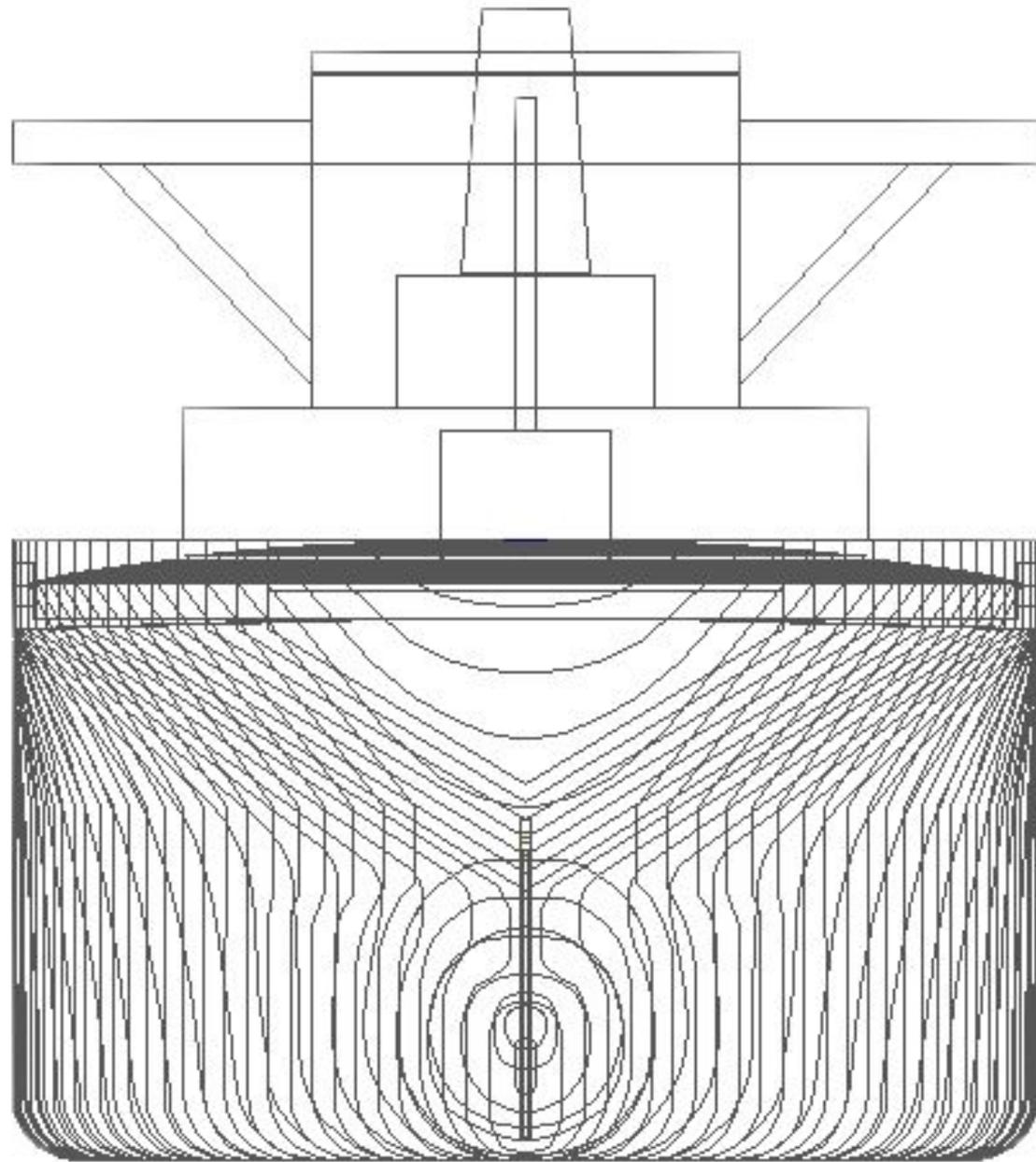


20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

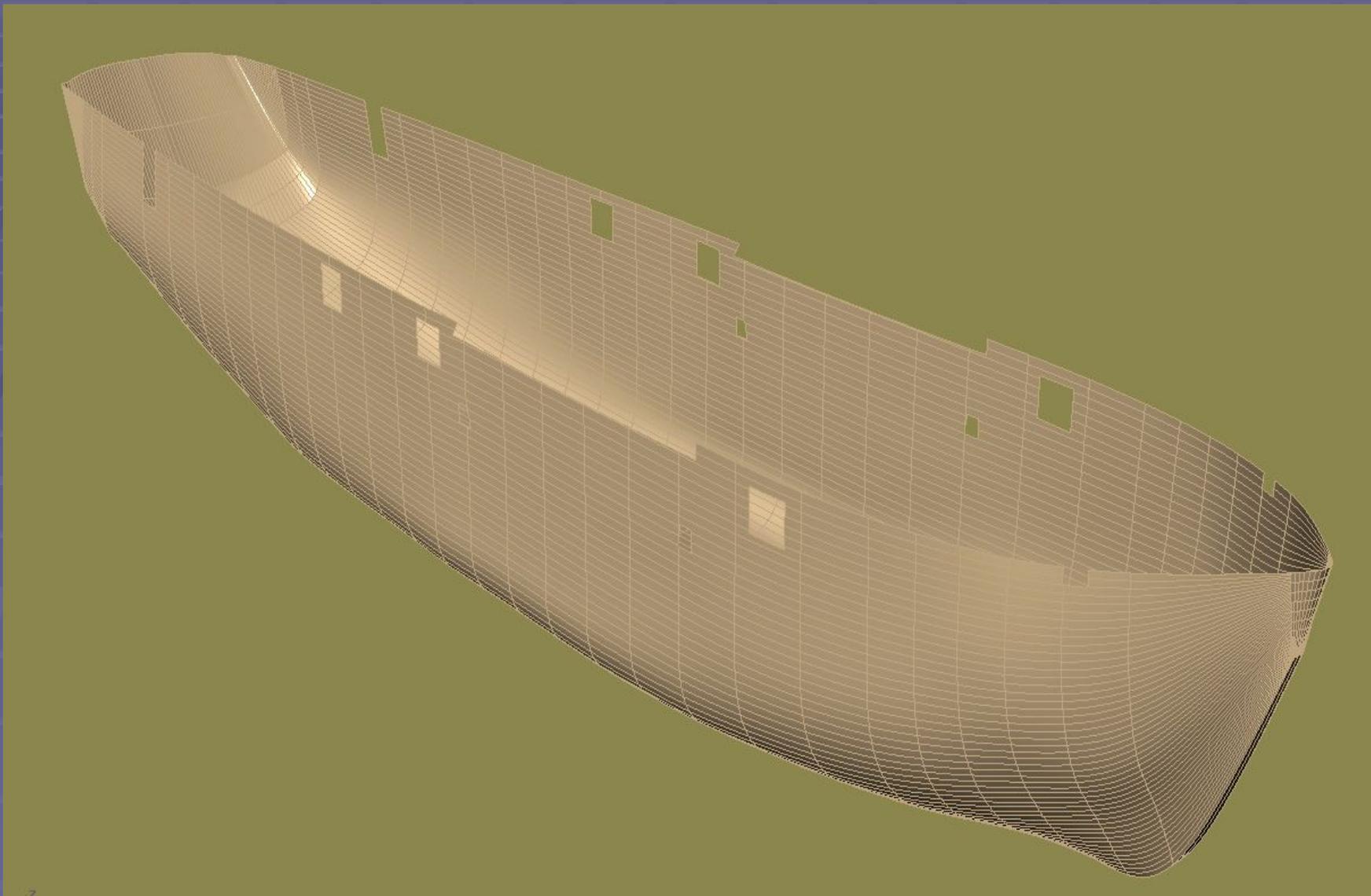


СЕЧЕНИЕ КОРПУСА ПАРУСНОГО СУДНА ПЛОСКОСТЯМИ





КОРПУС ПАРУСНОГО СУДНА

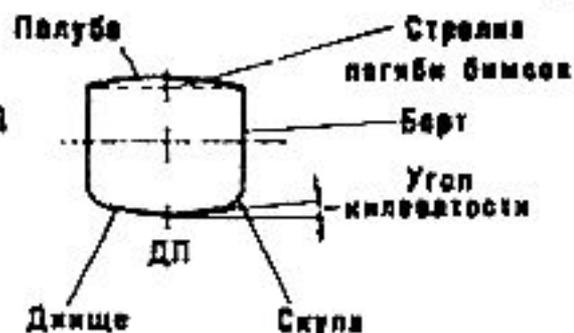


Основные сечения корпуса судна

Диаметральная плоскость



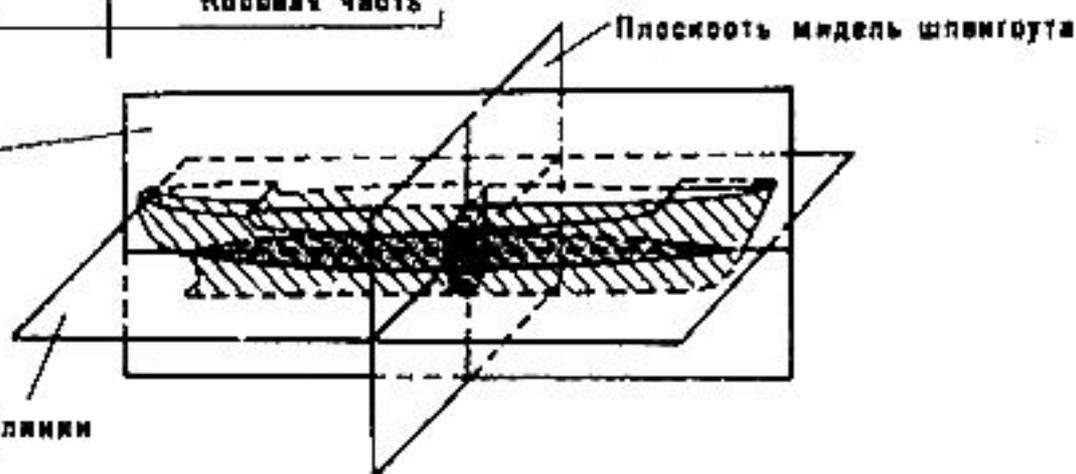
Плоскость мидель-шпангоута



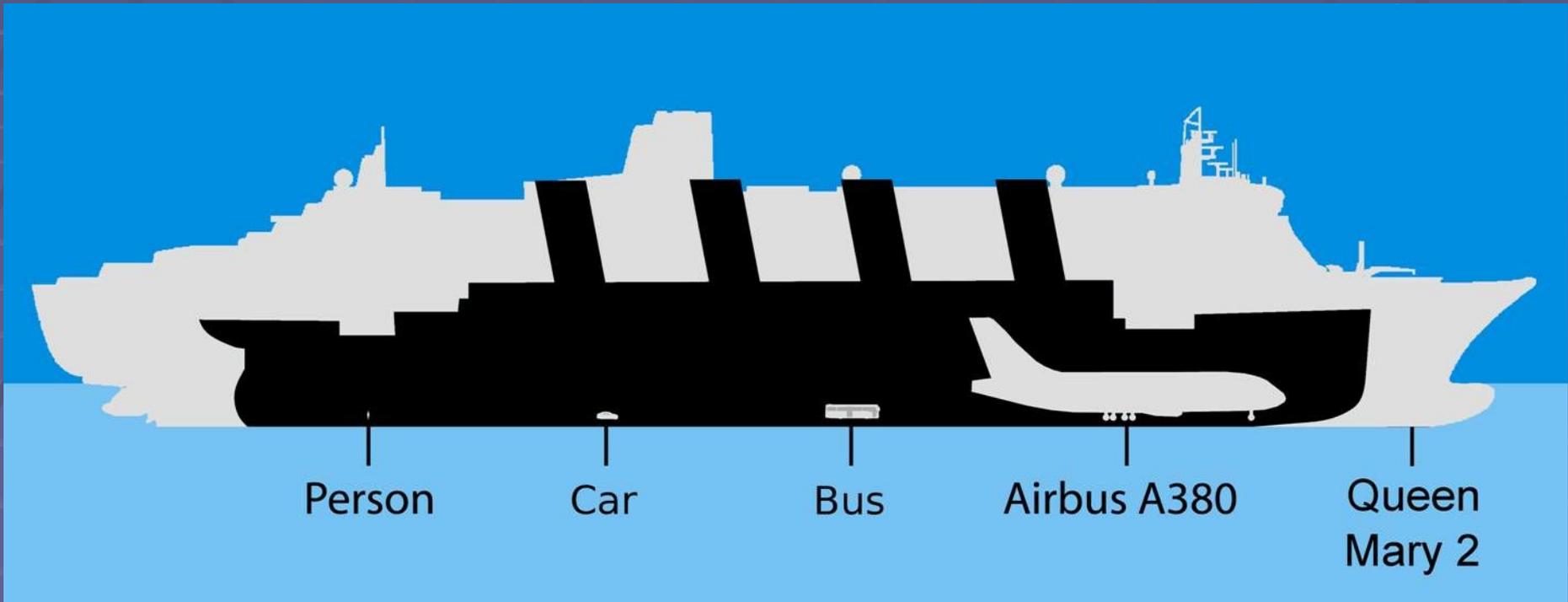
Плоскость конструктивной ватерлинии



Диаметральная плоскость



Плоскость конструктивной ватерлинии



Person

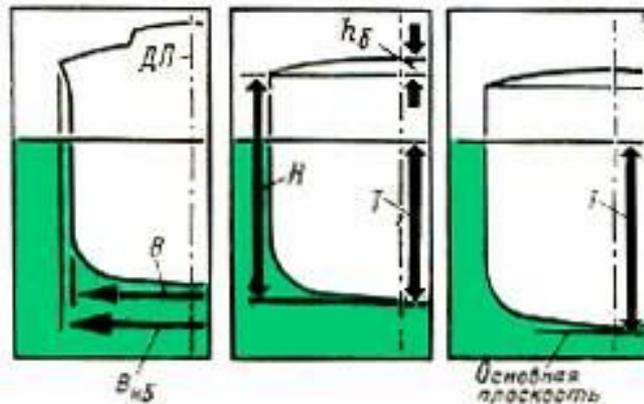
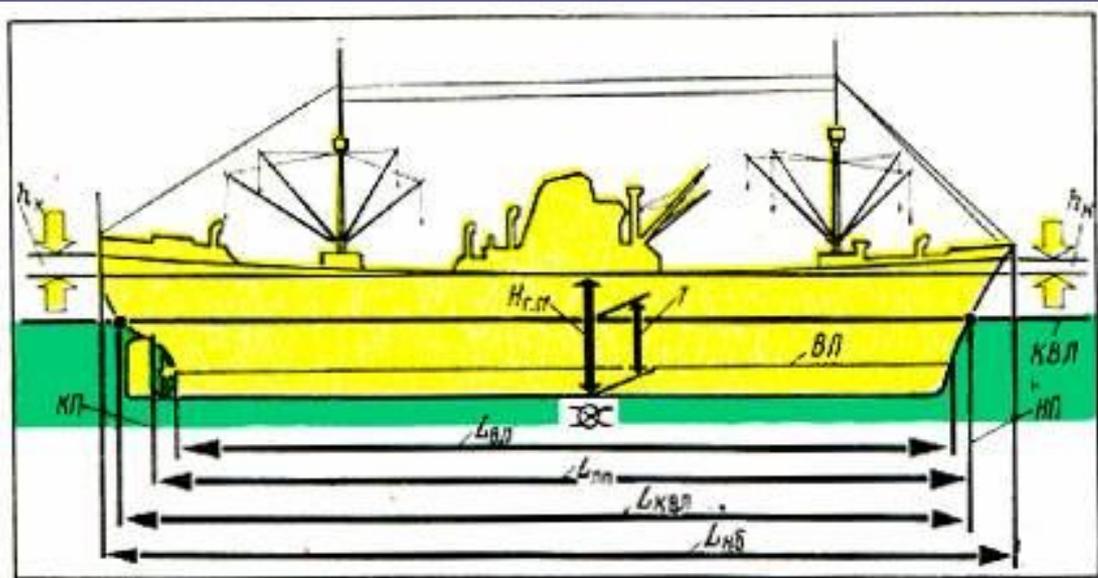
Car

Bus

Airbus A380

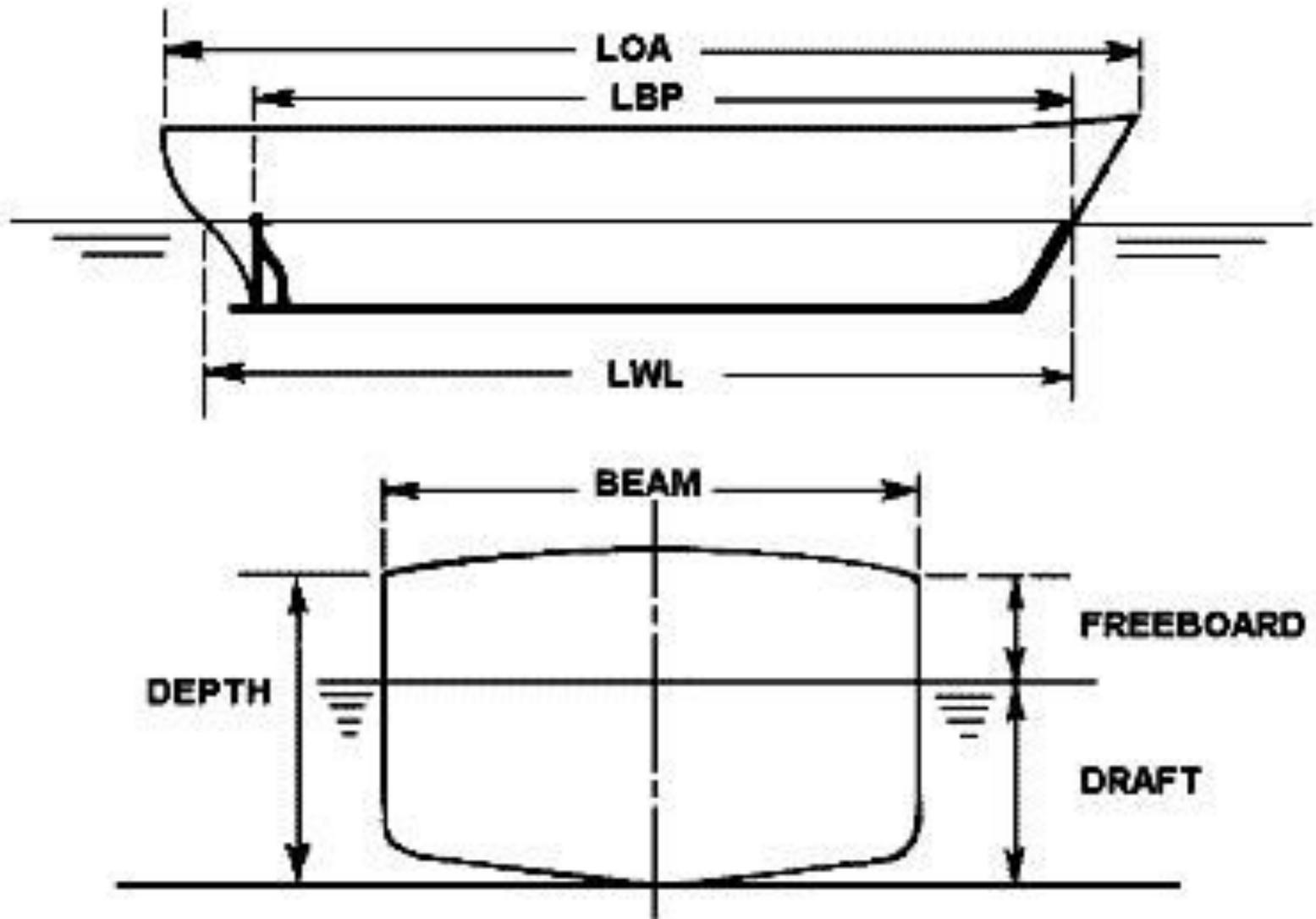
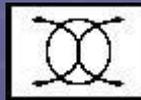
Queen
Mary 2

ГЛАВНЫЕ РАЗМЕРЕНИЯ СУДНА



- **ГВЛ** – плоскость грузовой ватерлинии.
- продольно-горизонтальная плоскость, совпадающая с поверхностью спокойной воды для судна с полным грузом.
- **ОЛ** – основная линия – пересечения ОП с ДП.
- **КЛ** – килевая линия, проходящая по кромке киля и
- **НП** – носовой перпендикуляр,
- **КП** – кормовой перпендикуляр, являющиеся перпендикулярами к **ОП**, проходящие через точки пересечения **ГВЛ** с наружными кромками штевней.
- Длина **Л** судна измеряется параллельно **ГВЛ** между **НП** и **КП**.
- Ширина **В** измеряется на миделе по **ГВЛ**.
- Осадка **Т** измеряется на миделе от **ОП** до **ГВЛ**. Различают осадку носом **Тн** и кормой **Тк** на соответствующих перпендикулярах.
- Высоту борта **Н** измеряют на миделе от **ОП** до нижней кромки палубы у борта.
- Наибольшие измерения учитывают выступающие части корпуса

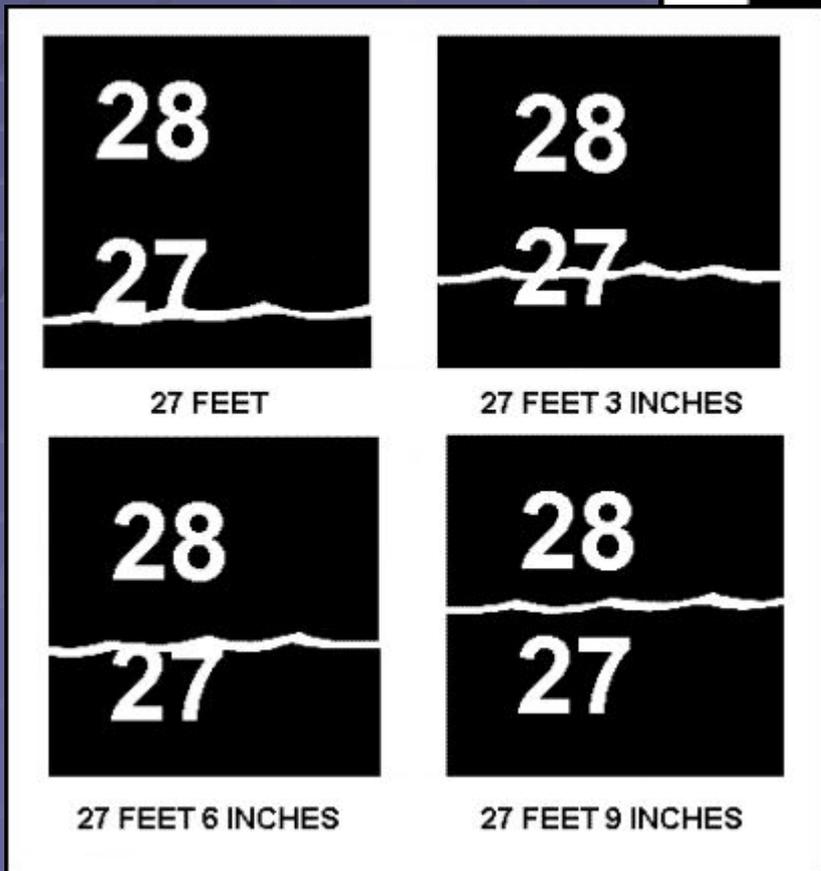
Лнд, Внд, Тнд.



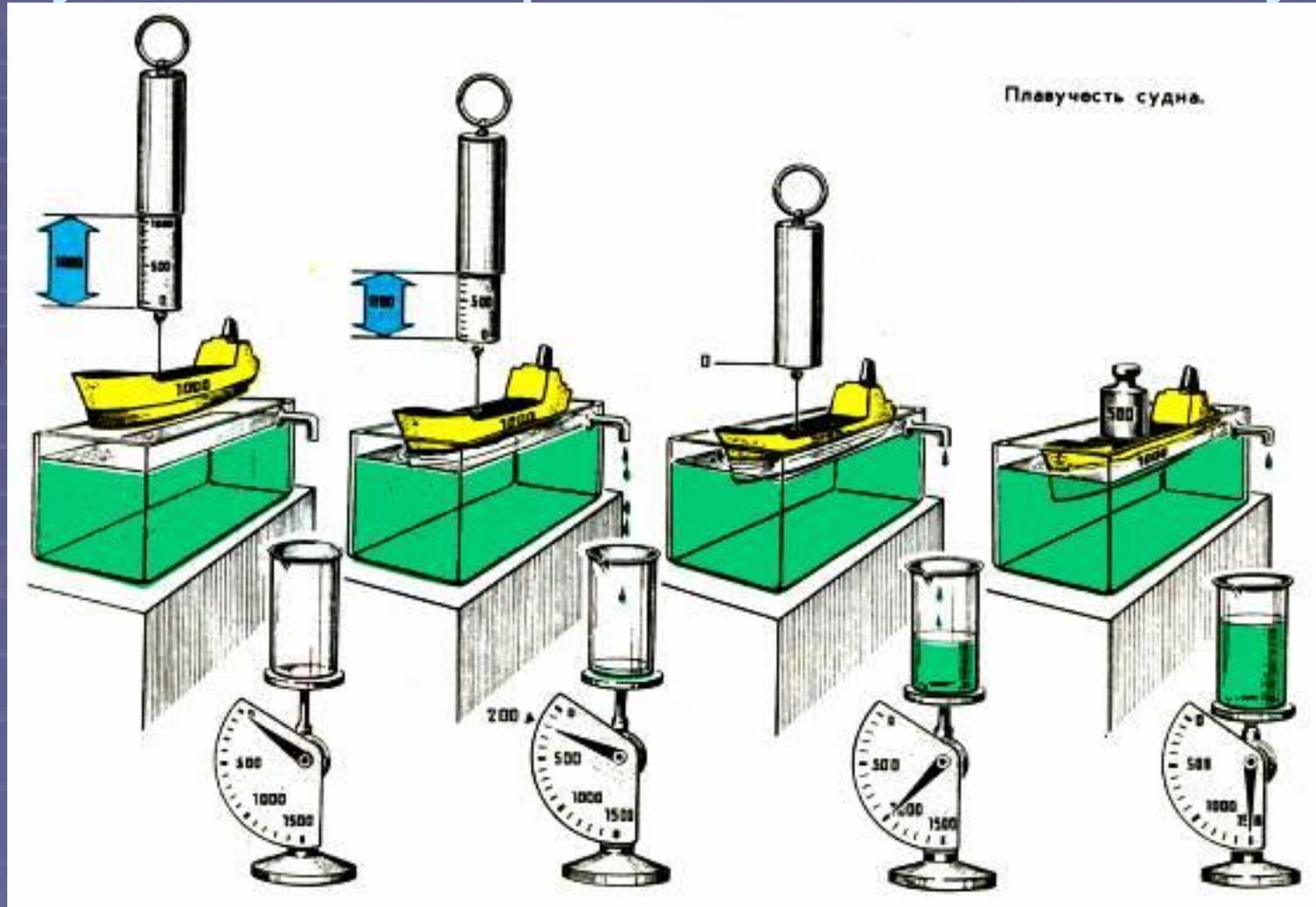
МАРКИ УГЛУБЛЕНИЯ



СНЯТИЕ ОСАДОК



Плаваемость. Условия равновесия плавающего судна

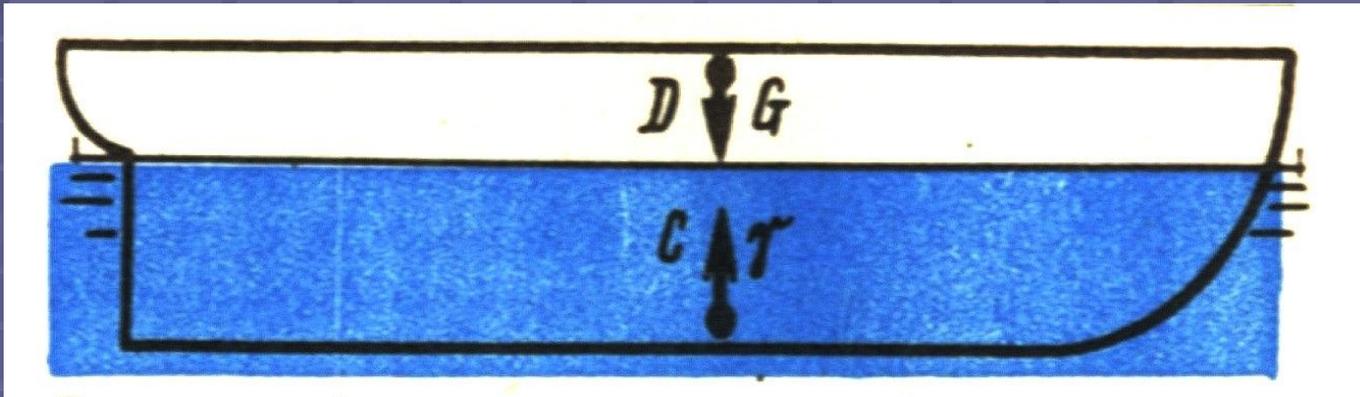


- Всякое судно, плавающее на поверхности воды, весит столько, сколько весит вытесненная им вода

$$P = D; \quad xg = xc; \quad yg = yc;$$

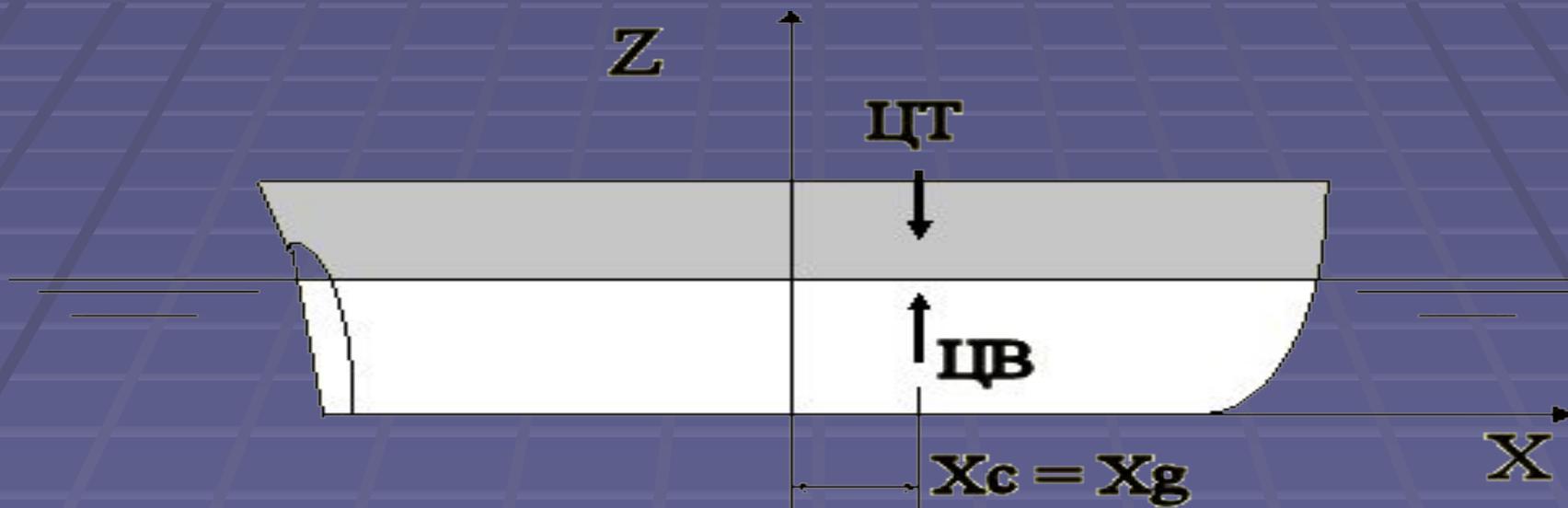
Судно, плавающее, будет находиться в равновесии, если силы веса и поддержания уравновешены, т.е. выполнены вышеуказанные условия

Плавучесть. Условия равновесия плавающего судна. Силы действующие на судно



- **Плавучесть** – способность судна плавать и при этом нести на себе все грузы при определенном положении относительно поверхности воды.
При плавании судна на спокойной воде на него действуют силы веса самого судна и находящихся на нем грузов. равнодействующая этих сил D приложена в точке G называемой центром тяжести (ЦТ) и направлена вертикально вниз.
Силы веса уравниваются силами давления воды на корпус и называются силами поддержания. равнодействующая сил поддержания C приложена в точке T называемой центром величины (ЦВ) направлена вертикально вверх.

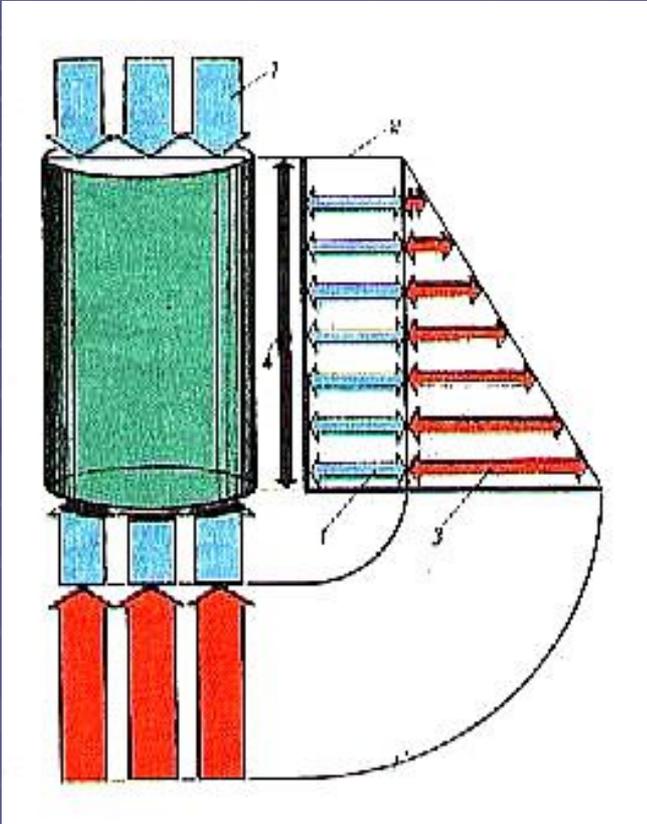
Плавучесть. Условия равновесия плавающего судна. Силы действующие на судно



Судно будет находиться на поверхности воды если силы веса и поддержания уравновешены. Если отстояние точек приложения ЦТ (g) и ЦВ (c) от начала координат, по оси X равны, то судно будет плавать без дифферента, т. е. не будет наклонено вперед или назад. Условие плавания судна без дифферента будет выражено

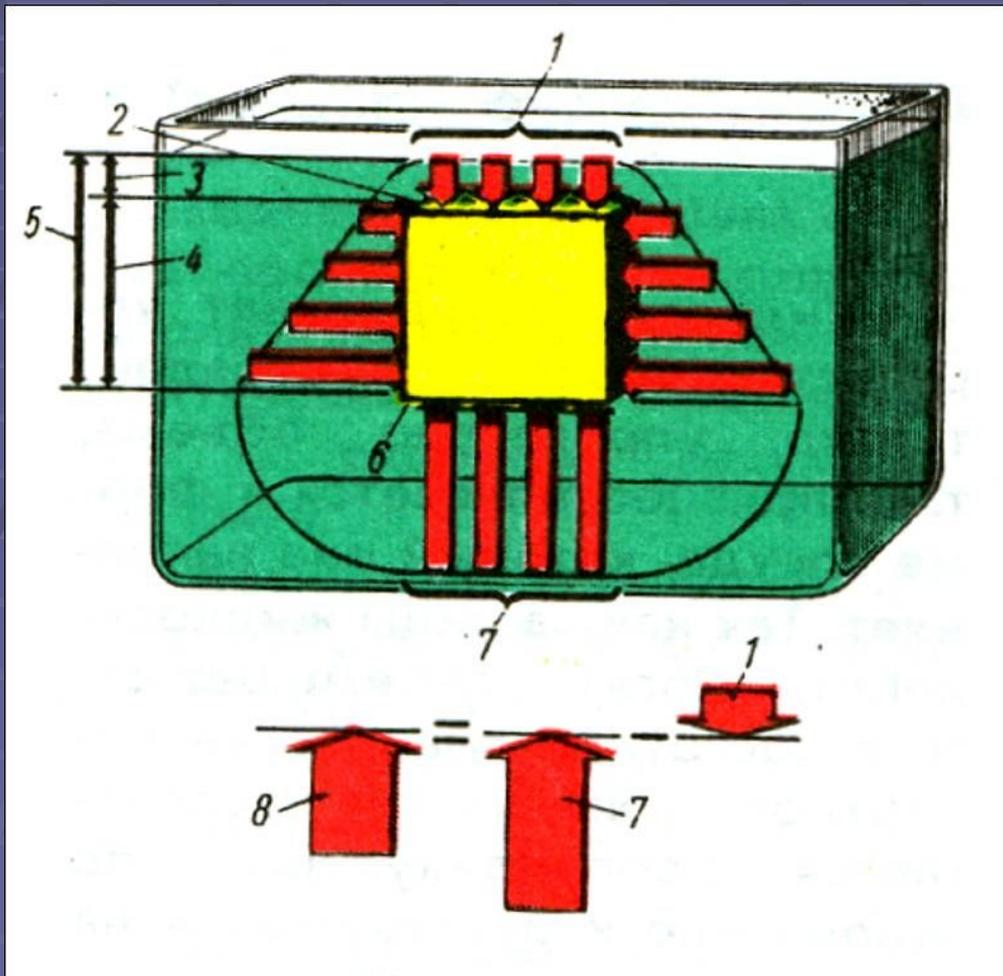
$$X_c = X_g$$

Гидростатическое давление



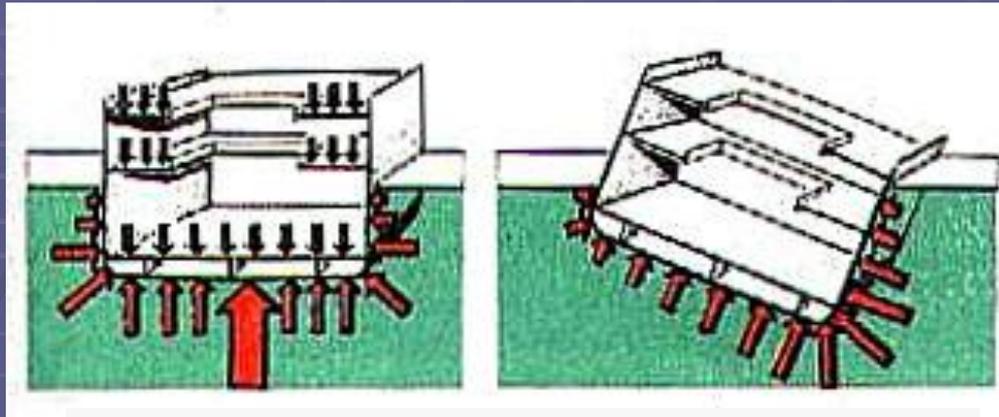
- 1 – атмосферное давление воздуха;
- 2-поверхность жидкости;
- 3 – давление силы тяжести (Гидростатическое давление);
- 4 – глубина;

Силы действующие на погруженное тело

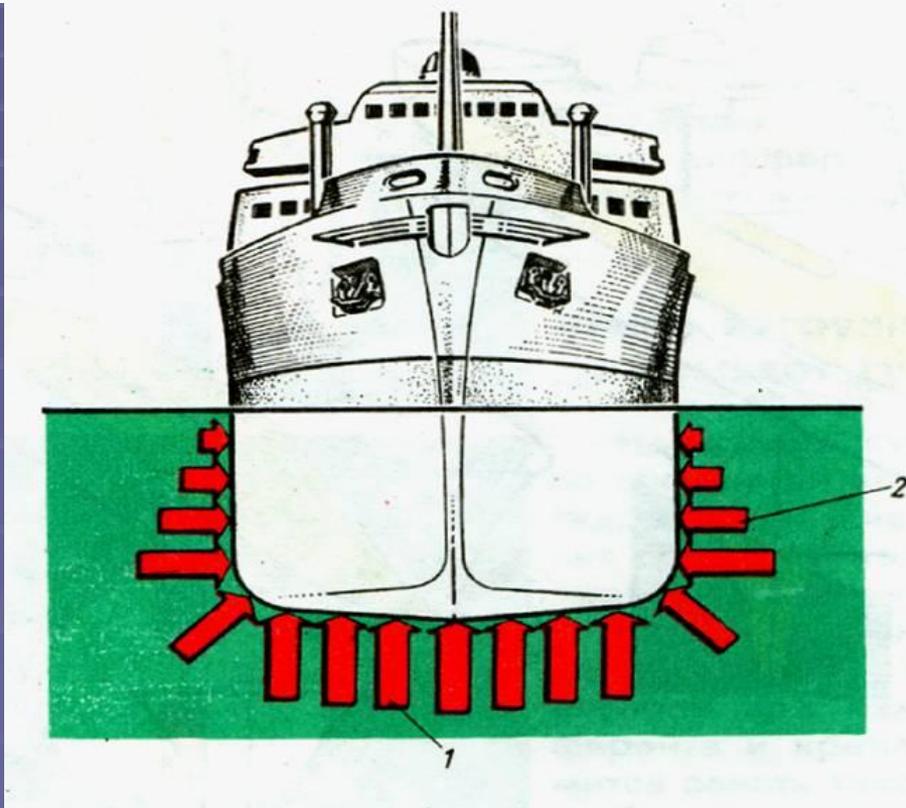


- 1 – давление на верхнюю поверхность;
- 2 – верхняя поверхность;
- 3 – сила поддержания;
- 4 – высота тела;
- 5 – глубина до нижней поверхности;
- 6 – нижняя поверхность;
- 7 – давление на нижнюю поверхность;
- 8 – сила поддержания

Нагрузка на корпус



- **1** – давление на корпус судна (сила поддержания);



- **2** – давление воды на борт судна

LONGITUDINAL CROSS SECTION

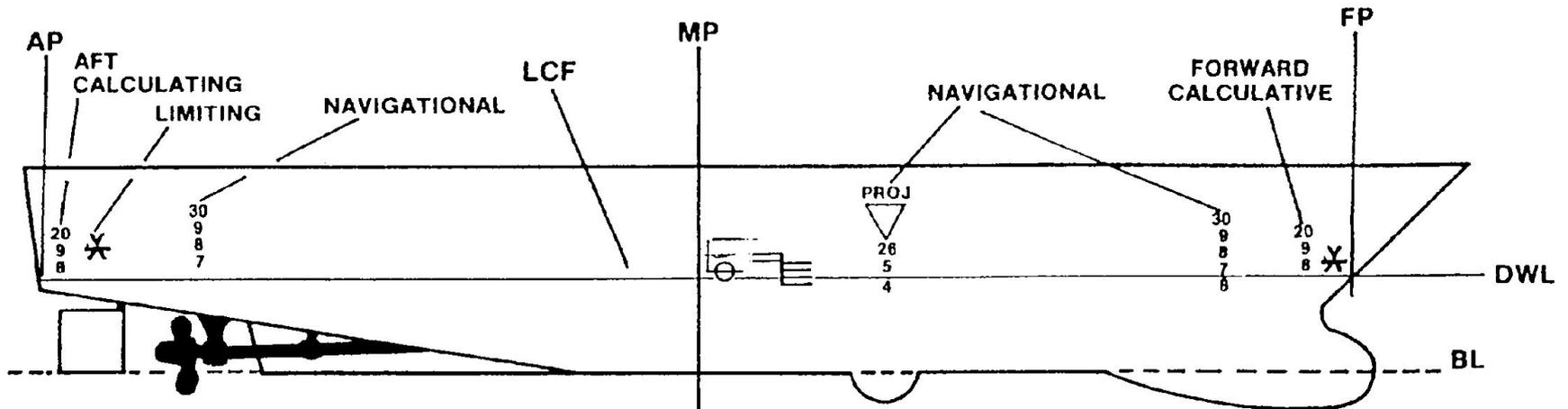
AP-AFT PERPENDICULAR

LCF-LONGITUDINAL CENTER OF FLOTATION

MP-MIDSHIPS PERPENDICULAR

DWL-DESIGN WATER LINE

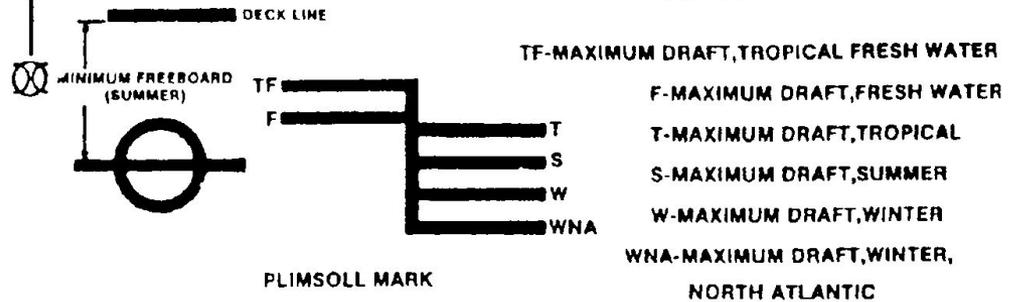
FP-FORWARD PERPENDICULAR



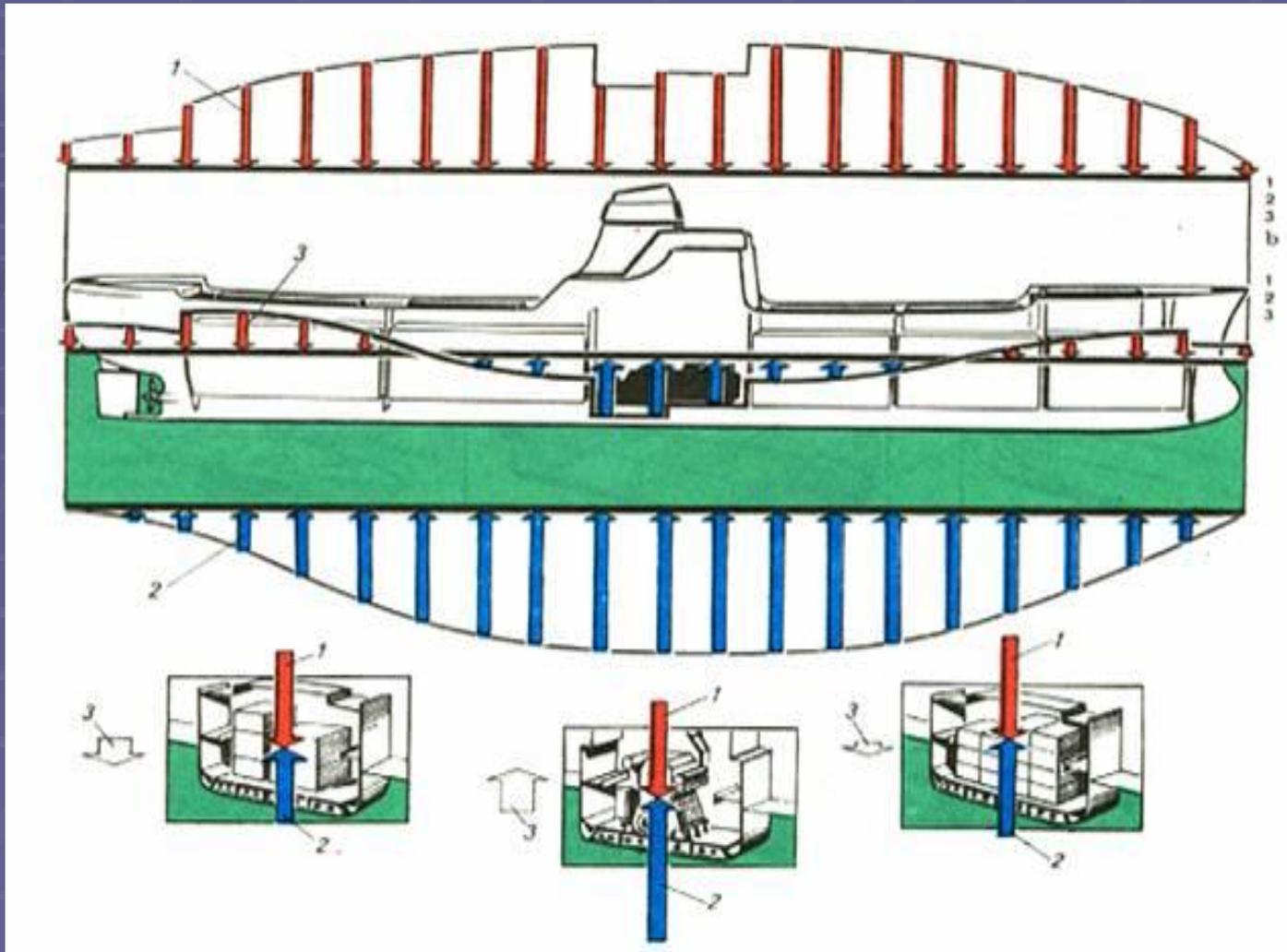
TWO DIFFERENT TYPES OF DRAFT MARKS

6" 15	XIII 3"
6" 9"	
6" 14	XII 3"
ARABIC	ROMAN

DRAFT LIMIT 
LIMITING
DRAFT MARK



Распределение нагрузки на корпус судна по его длине



- **A** – распределение сил поддержания, веса и нагрузки.
1 – сила веса; 2 – сила поддержания; 3 – разница (нагрузка);
- **B** – распределение напряжений в корпус судна.

1 – нормальное растягивающее напряжение при изгибе, 2 – нормальные сжимающие напряжения при изгибе, 3 - распределение изгибающих напряжений по высоте корпуса;

Общий продольный изгиб судна на волнении

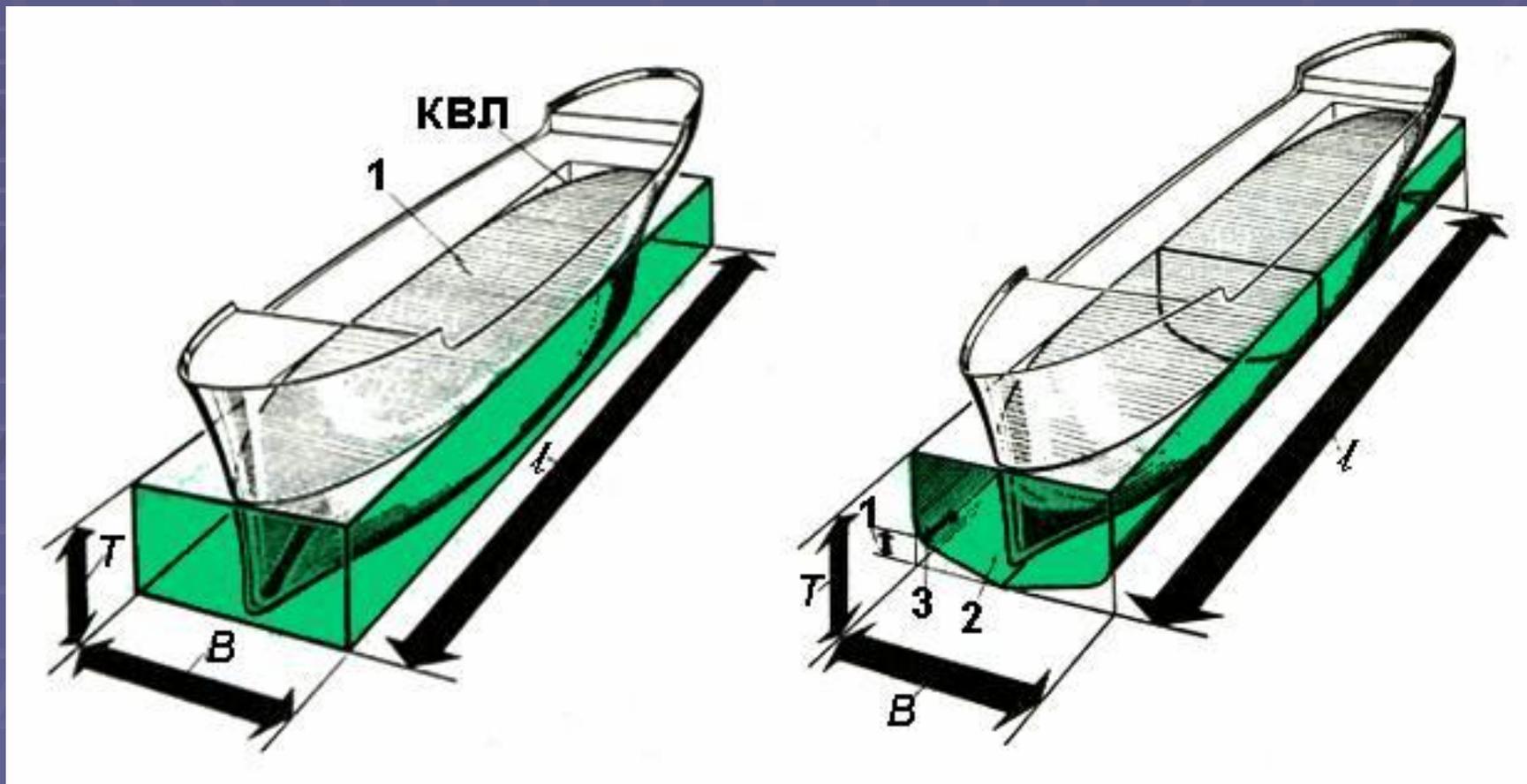
Вершина волны (перегиб судна)



Подошва волны (прогиб судна)



Коэффициенты полноты



- Мидельшпангоута и продольной полноты.
1 – подъем скулы; 2- площадь мидельшпангоута;
3 – радиус закругления скулы;

B – ширина судна; L - длина судна; T – осадка судна;

- Ватерлинии и общей полноты.
1 – площадь КВЛ; - конструктивная ватерлиния;

Соотношение главных размерений судов

Тип судна	L/B	B/T	H/T
Пассажирское	6,5—10,0	2,4—3,2	1,4—1,7
Сухогрузное	6,0—8,0	2,2—2,6	1,2—1,5
Для навалочных грузов	6,2—7,0	2,3—2,8	1,3—1,4
Контейнерное	6,0—7,0	2,5—3,2	1,4—2,0
С гориз. грузообработкой	5,8—7,0	2,8—3,8	1,9—2,3
Танкер	6,0—7,5	2,3—3,0	1,2—1,4
Рыбопромысловое	3,0—6,0	2,5—3,5	1,3—1,7

- Узкое и длинное судно более скоростное, но менее маневренное;
- Короткое и широкое менее скоростное, но более маневренное;



ХОДКОСТЬ СУДНА

$$R = R_T + R_B + R_\Phi + R_{\text{возд.}}$$

где R_T - сопротивление трения о воду;

R_Φ - сопротивление формы, вызываемое образованием в кормовой части корпуса завихрения, тормозящих движение судна;

R_B - волновое сопротивление, вызываемое волнообразованием от движения судна;

$R_B + R_\Phi$ - остаточное сопротивление;

$R_{\text{возд.}}$ - сопротивление воздуха.

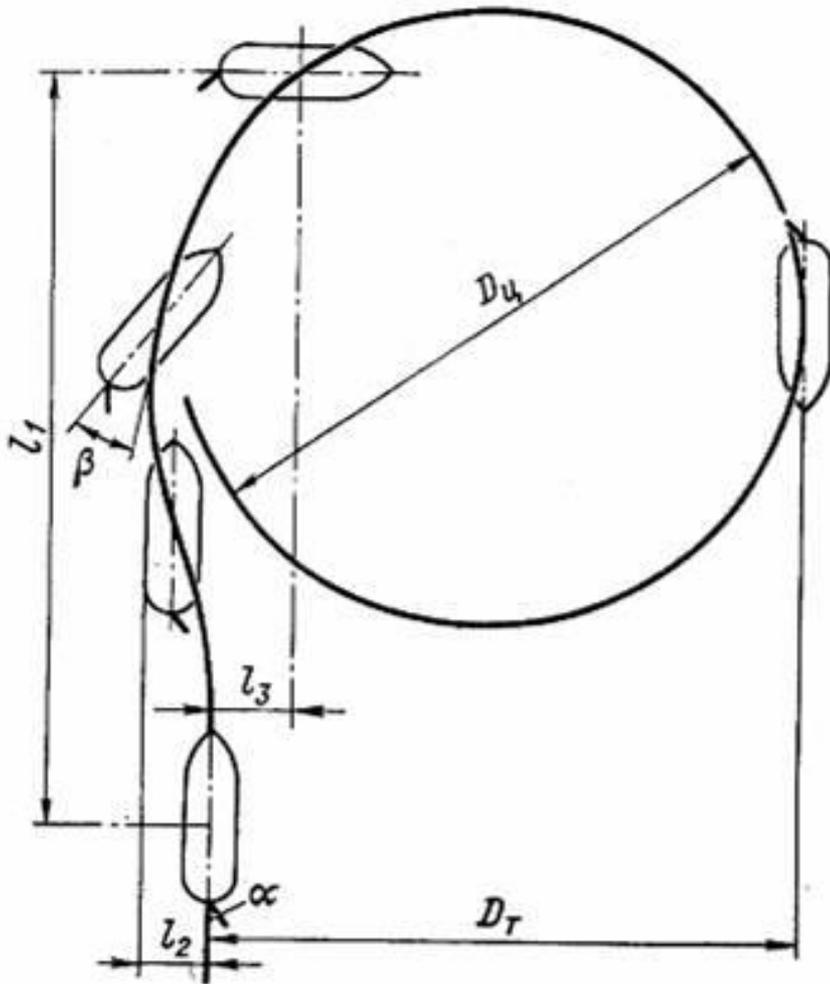
Ходкость.

- Способность судна двигаться с заданной скоростью при определенной мощности главных двигателей называется *ходкостью*.
- *Соппротивление воды движению судна* называют равнодействующую гидродинамических давлений и касательных напряжений трения воды о корпус на направление движения. Величина силы сопротивления зависит от размеров судна, формы его корпуса, характера и состояний подводной обшивки, скорости и режима движения.
- Сила сопротивления состоит из *сопротивления формы, волнового сопротивления и сопротивления трения*.
- *Сопротивление трения* является результатом того, что вода обладает вязкостью, и частицы воды непосредственно прилегающие к обшивке судна, как бы прилегают к нему и движутся вместе с ним. Сопротивление трения зависит от скорости судна, величины его смоченной поверхности и шероховатости этой поверхности.
- *Сопротивление формы* возникает вследствие влияния вязкости воды на распределение давлений по поверхности судна. Вместе с увеличением скорости движения частиц это приводит к образованию завихрений. На образование вихрей затрачивается часть энергии главных двигателей судна. Поэтому иногда эту составляющую сопротивления воды называют вихревым сопротивлением.
- *Сопротивление от воздействия волнения*.

Полное сопротивление воды движению судна

$$R = R_{тр} + R_{\psi} + R_{волн}.$$

Управляемость

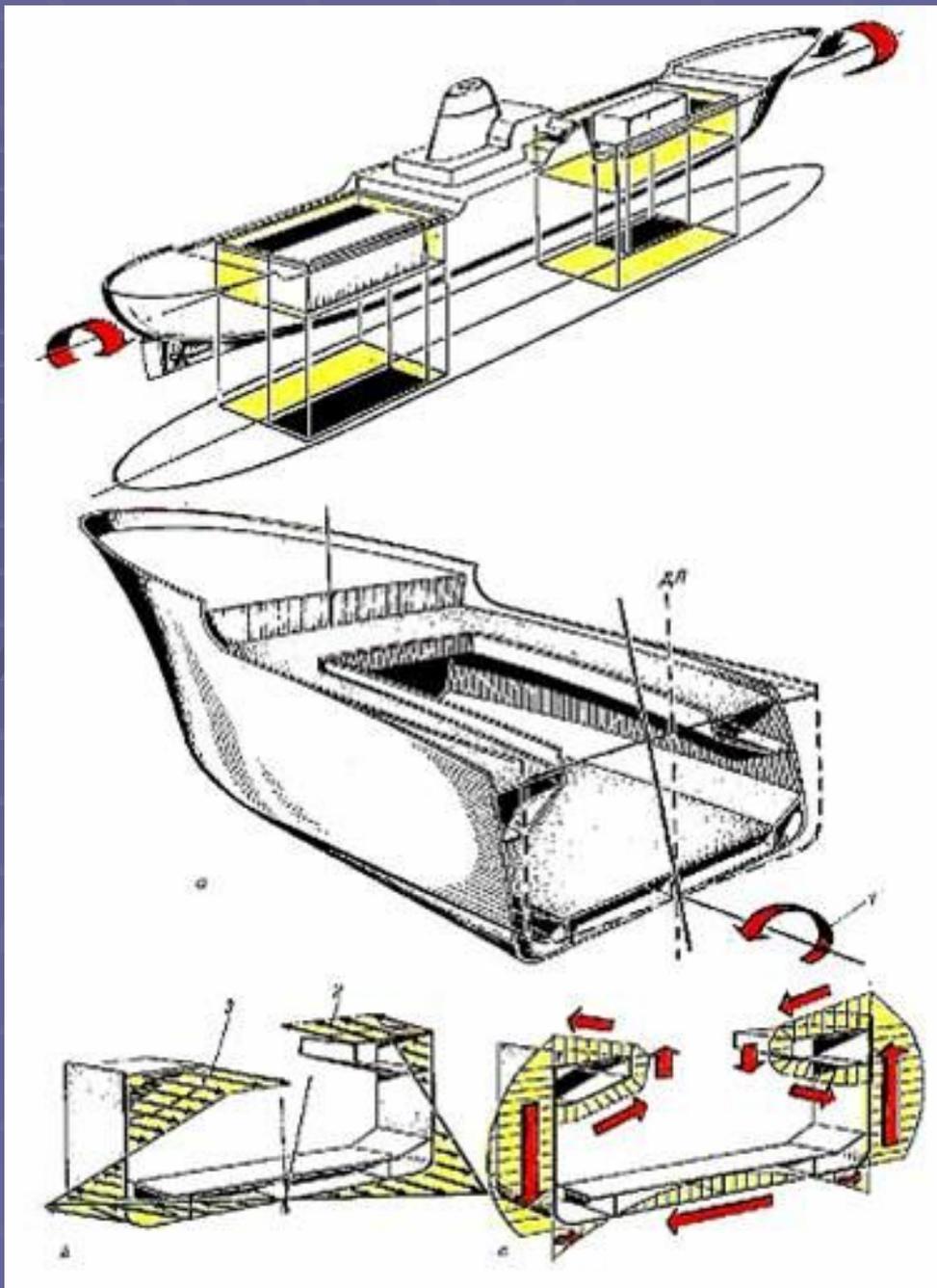


D_T – тактический диаметр циркуляции; $D_{Ц}$ – диаметр установившейся циркуляции; l_1 – выдвиг-расстояние между положениями центра тяжести судна в начальный момент циркуляции и после поворота на 90° ; $l_1 = (0,6 \div 1,2)D_{Ц}$; l_2 – обратное смещение; l_3 – прямое смещение – расстояние от линии первоначального курса до центра тяжести судна после поворота на 90° ; $l_3 = (0,4 \div 0,6)D_{Ц}$; β – угол дрейфа

- **Управляемостью** называется мореходное качество судна сочетающее в себе два понятия: **поворотливость** и **устойчивость** на курсе.
- **Поворотливость** – способность судна изменять направление движения под воздействием специальных устройств.
- **Устойчивость на курсе** – способность судна сохранять определенное заданное направление движения.
Практически ни одно судно не обладает абсолютной устойчивостью на курсе, вследствие влияния на движение различных факторов. Для исправления курса требуется постоянное вмешательство рулевого, или автоматических приспособлений.

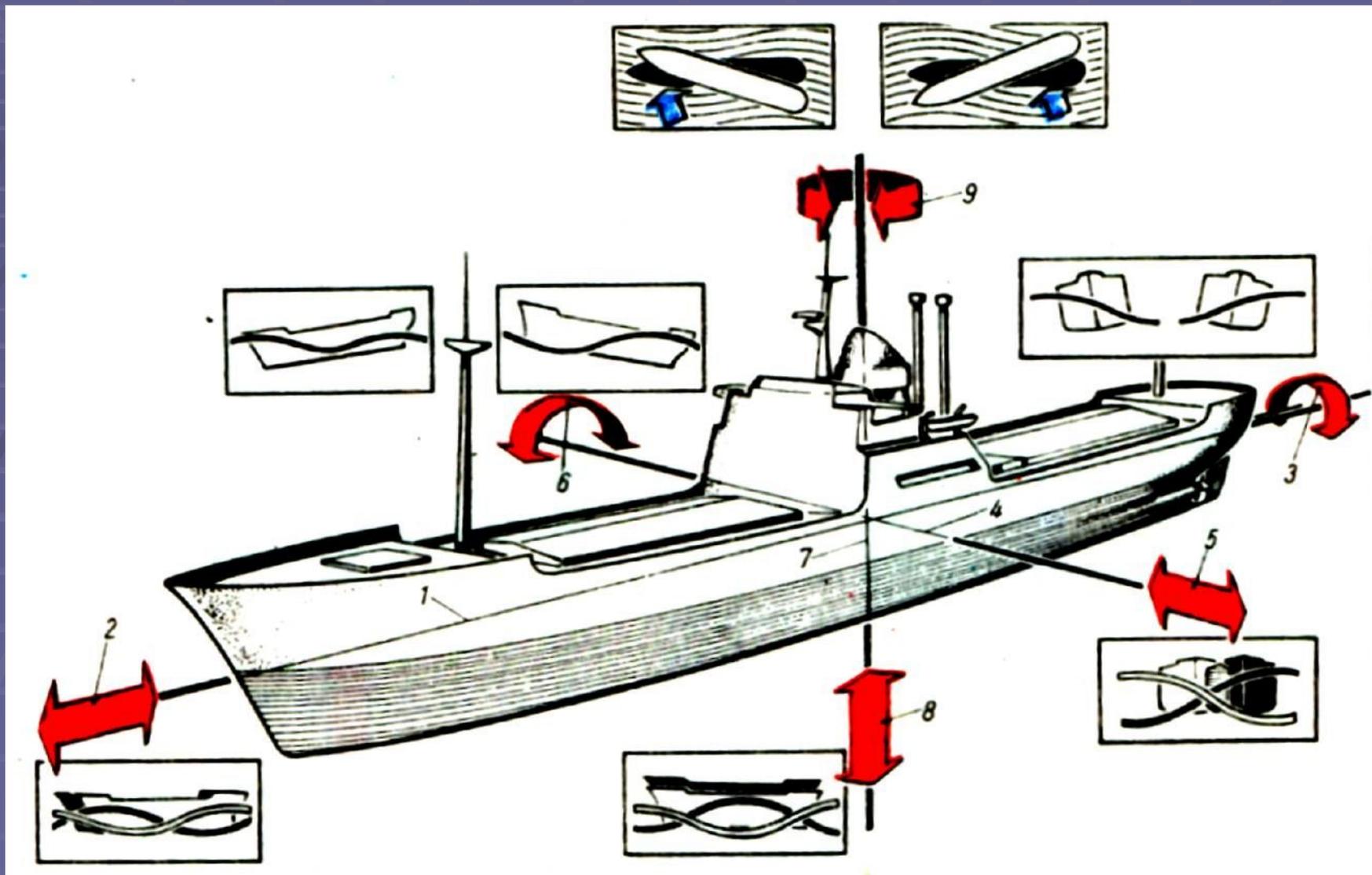
Оптимальными углами перекладки руля являются углы **от 3° до 35°** .

При перекладке руля на угол более **35°** эффективность действия руля на поворотливость резко снижается.



Скручивающие
нагрузки при
неравномерном
распределении
груза по длине и
ширине

Степени свободы.

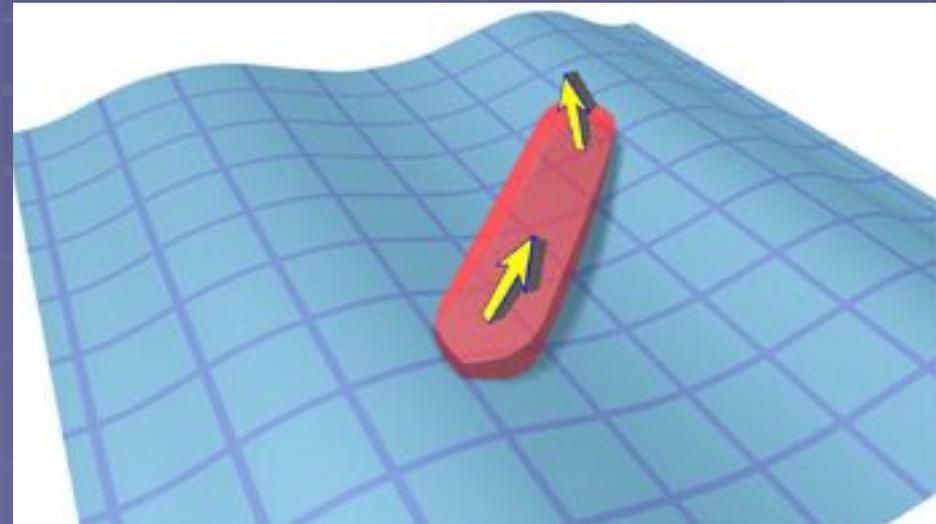
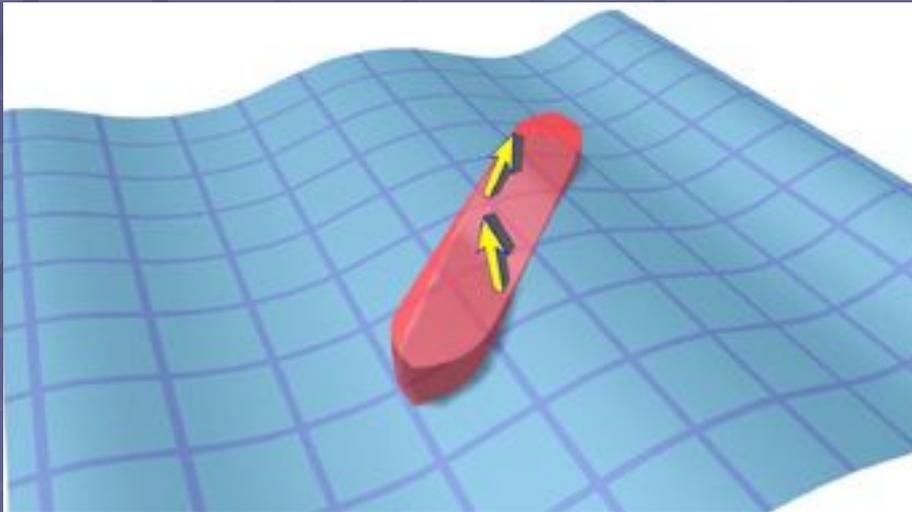
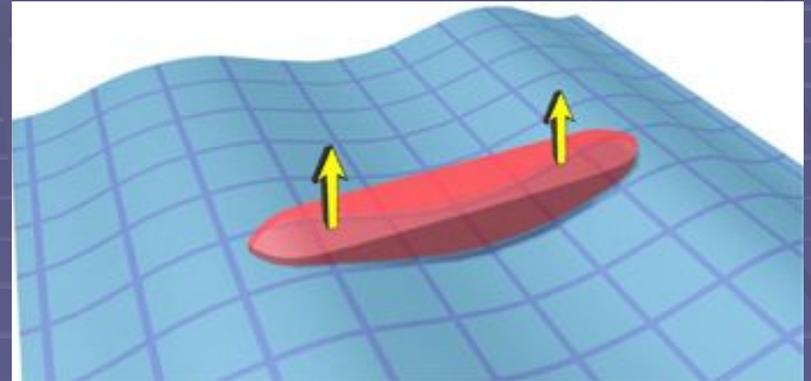
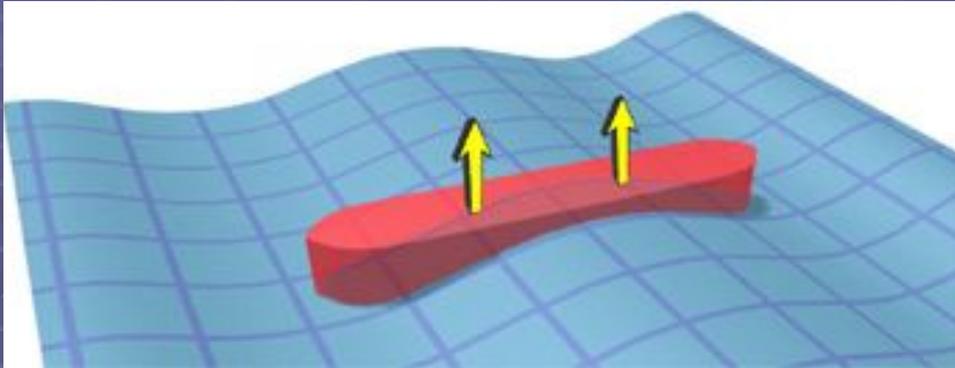


Возможности движения судна
(степени свободы)

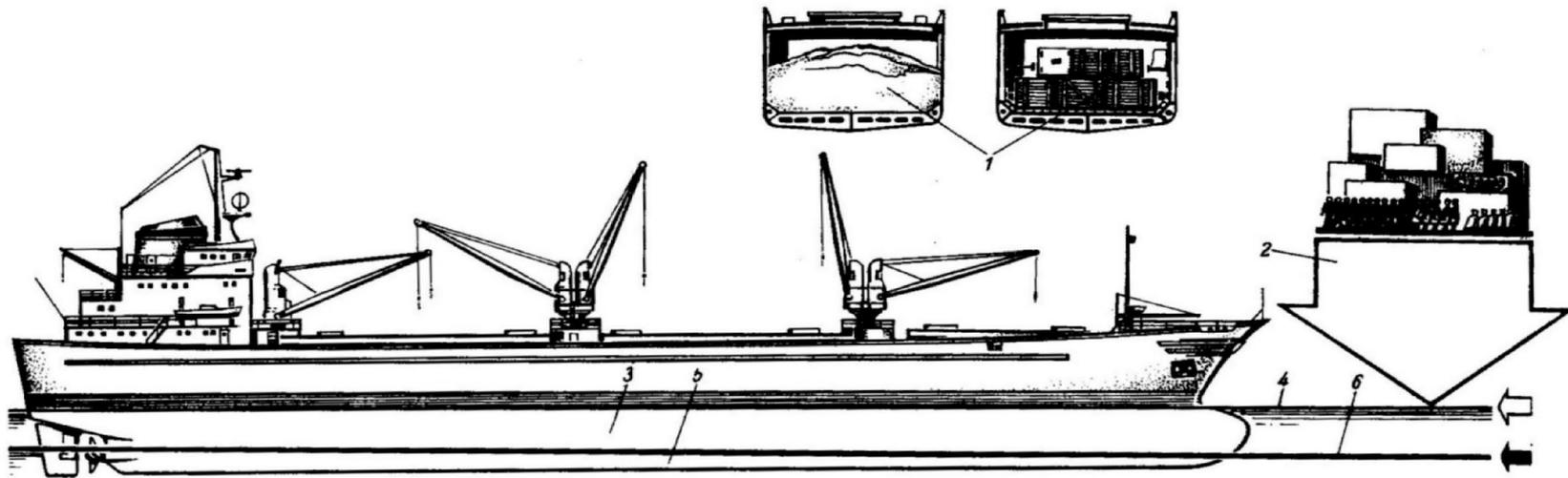
Степени свободы.



Степени свободы.



Весовые и объемные характеристики судна



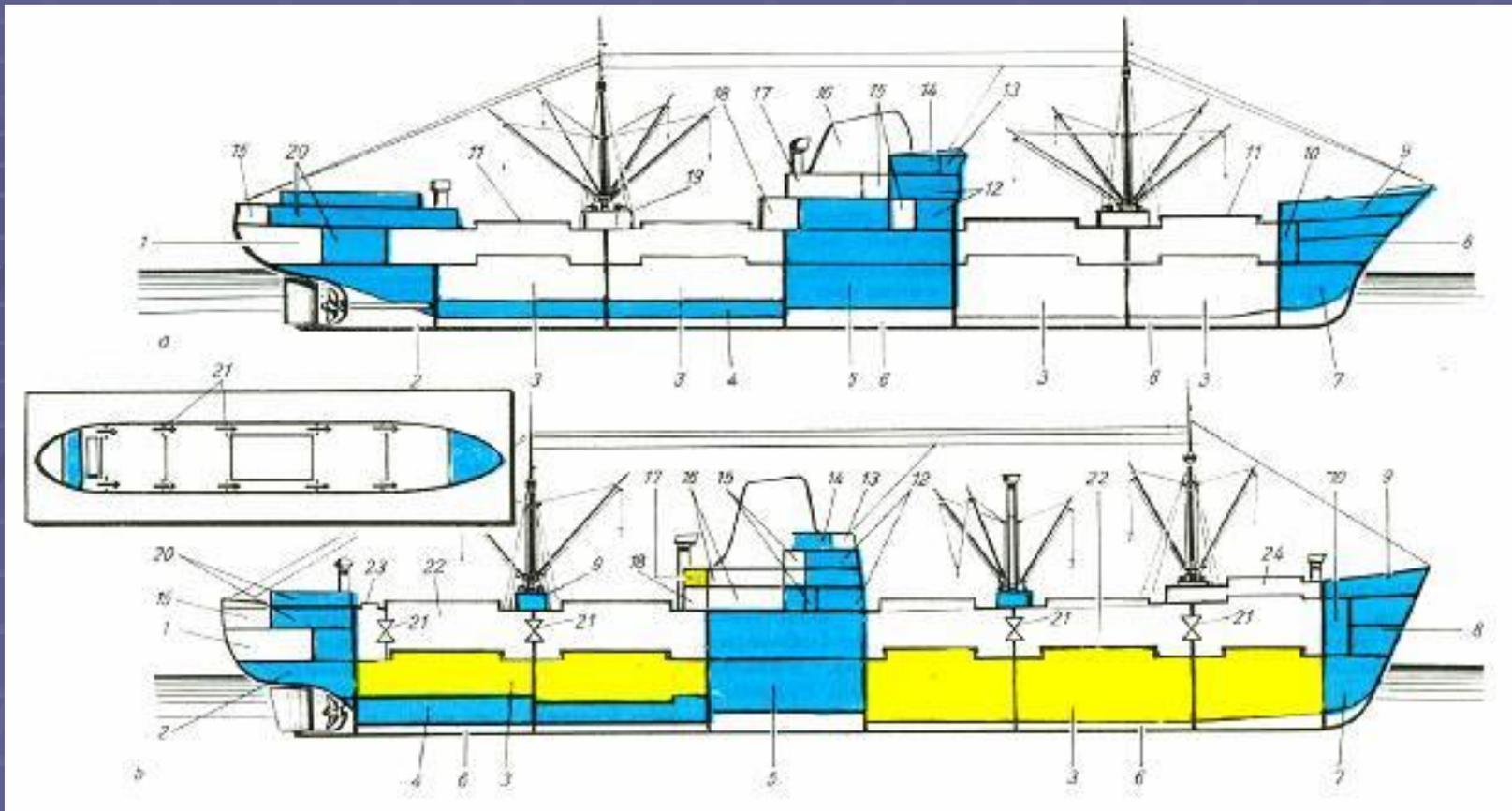
1 – полезный груз; 2 – дедвейт; 3 – водоизмещение дедвейта; 4 – осадка судна в полном грузу; 5 – осадка порожнего судна; 6 – водоизмещение порожнего судна.

- **Объемное водоизмещение** – объем подводной части судна. Обозначается V и измеряется в (М.куб);
- **Весовое водоизмещение** – вес судна. Обозначается D измеряется в (тс);

Во время эксплуатации водоизмещение судна постоянно меняется в зависимости от количества принятого груза. Расхода топлива, смазки, пресной воды но в известных пределах.

- Нижний предел D_0 – водоизмещение порожнего судна., т.е. вес, корпуса, механизмов, устройств, систем, оборудования без запасов топлива, груза, смазки, продовольствия и веса экипажа.
- Верхний предел $D_{гр}$ – водоизмещение судна с полным грузом. Представляет полный вес судна с грузом готовым к плаванию.
- Грузоподъемность судна; $P_{dw} = D_{гр} - D_0$;
- **Дедвейт** или **полная грузоподъемность** – полный вес всего полезного груза на судне (разница между водоизмещением судна с полным грузом и порожнего судна.
- **Чистая грузоподъемность** $P_{ч}$ вес перевозимых судном грузов и вес пассажиров с багажом, запасом воды и продовольствия для них.

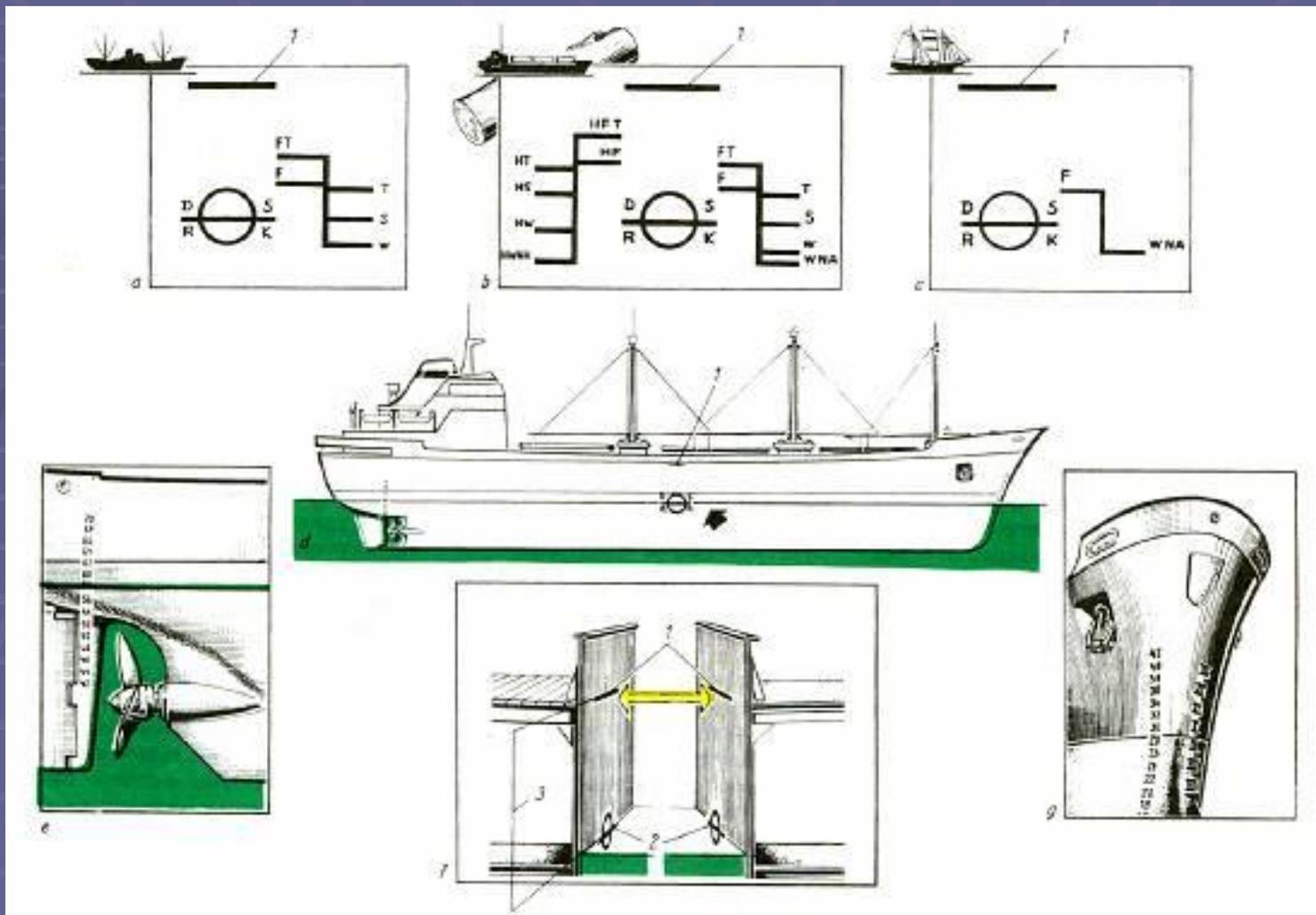
Обмер судна



- **А** – полнонаборное судно. **В** – шельтердечное судно;

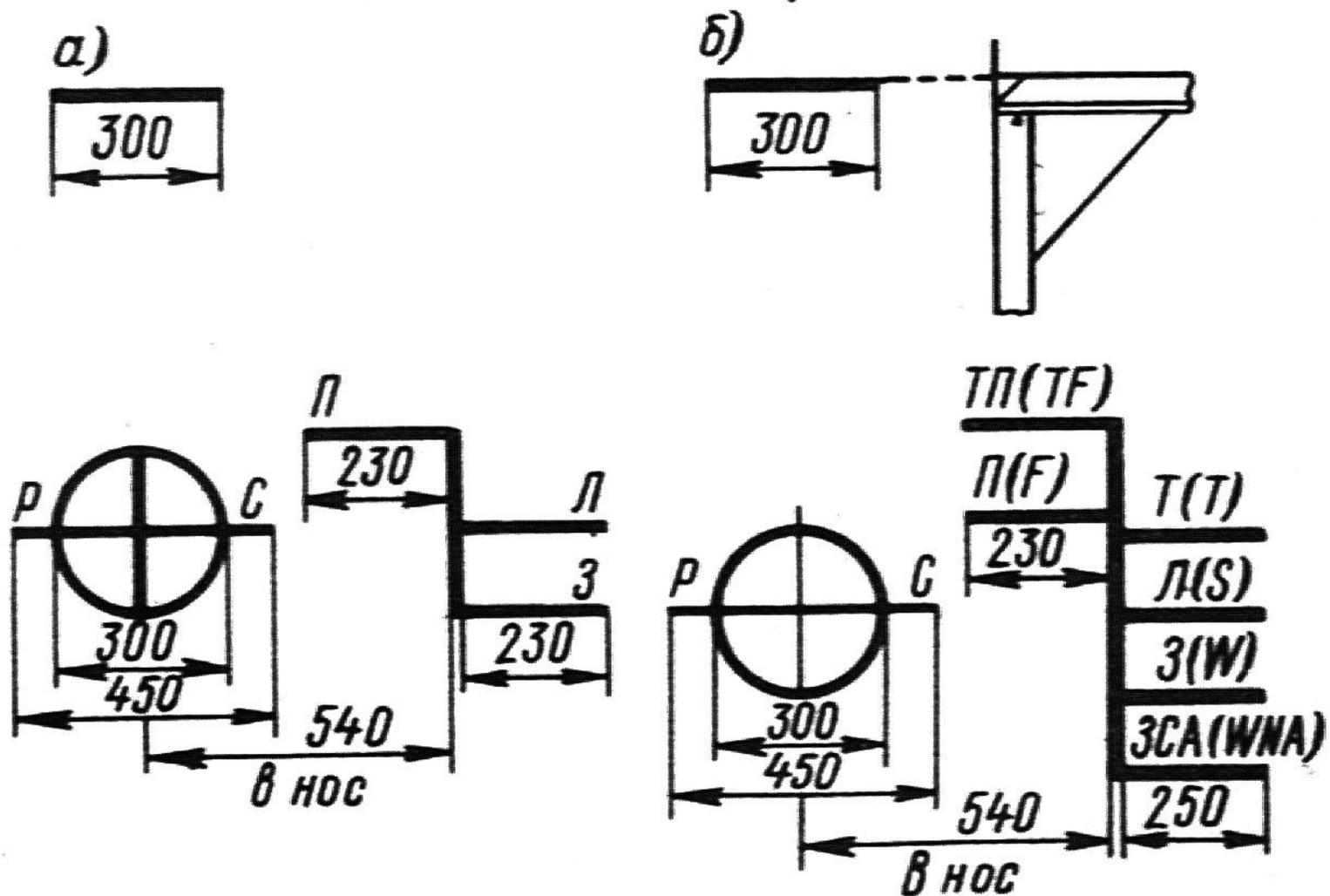
1 – румпельное отделение, 2 – актерпик (балластная вода), 3 – трюм, 4 – туннель гребного вала, 5 – машинное отделение, 6 – двойное дно, 7 – форпик (балластная вода), 8 – тросовая кладовая, 9 – боцманское помещение (кладовые), 10 – цепной ящик. 11 – пространство между комингсами люков, 12 – каюты офицеров и команды, 13 – рулевая рубка, 14 – штурманская рубка, 15 – санузел. 16 – световые и воздушные шахты, 17 – пассажирские каюты. 18 – камбуз, 19 – грузовая канцелярия. 20 – каюты команды, 21 – пространство под шельтердечной палубой (твиндек), 22 – обмерный люк, 23 – открытый бак.

Запас плавучести. Грузовая марка. Марки углублений.



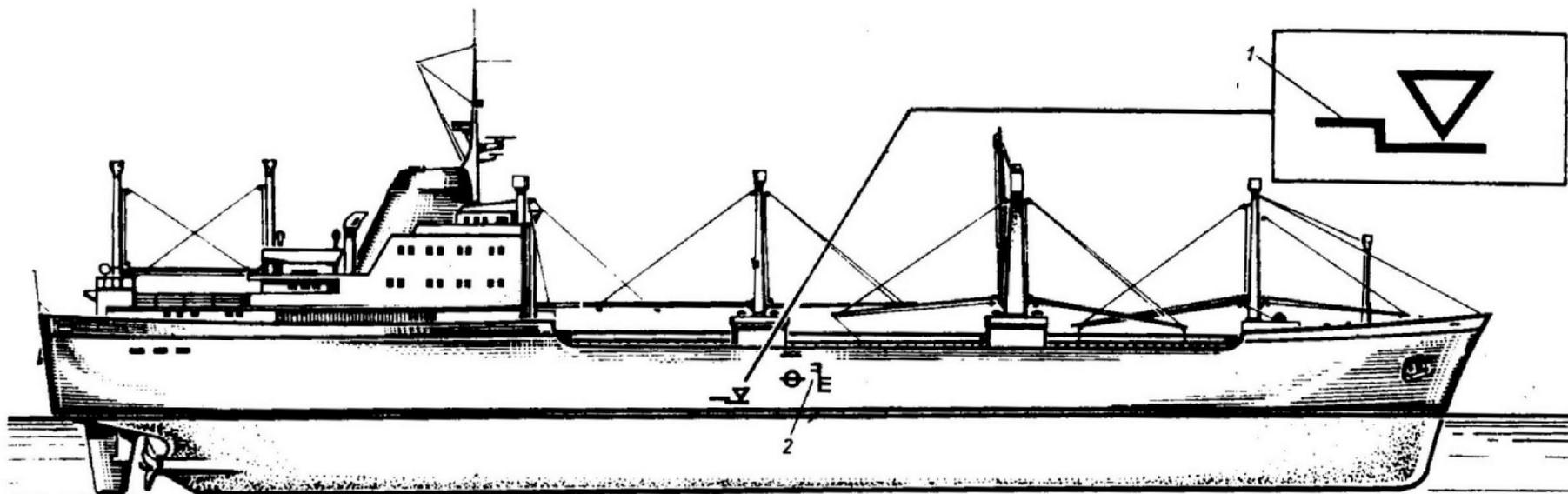
- а – грузовая марка грузового судна; б – грузовая марка с палубным грузом леса и без него; в – грузовая марка парусного судна; г – расположение грузовых марок и марок углублений; д – марки углубления в корме; е – высота надводного борта; ж – марки углублений в носу.
1 – палубная линия, 2 – знак грузовой марки, 3 – надводный борт.

ГРУЗОВАЯ МАРКА



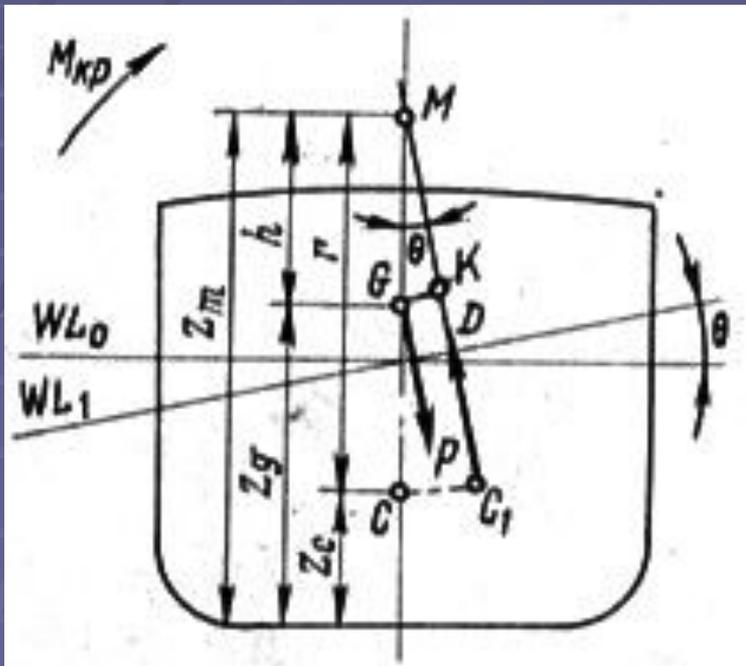
Грузовая марка: а — для судов внутр. плавания; б — для судов с неогранич р-ном плавания

Грузовая марка



1- тоннажная марка. 2 – грузовая марка.

Начальная поперечная остойчивость



Если судно под действием внешнего кренящего момента $M_{кр}$ (например давления ветра) получит крен на угол θ (Угол между исходной WL_0 и действующей WL_1 ватерлиниями) то вследствие изменения формы подводной части корпуса центр величины C переместится в точку C_1 , причем это перемещение, произойдет по дуге окружности с центром в точке M .

Сила поддержания D , будет приложена в точке C и направлена к действующей ватерлинии WL_1 . Точка M находится на пересечении диаметральной плоскости с линией действия сил поддержания и называется **поперечным метацентром**. Сила веса судна P останется в центре тяжести G ; вместе с силой D она образует пару сил, которая препятствует наклонению судна кренящим моментом $M_{кр}$. Момент этой пары называется восстанавливающим моментом M_v ; его величина характеризует степень остойчивости судна

$$M_v = D \times GK \quad (\text{где } M_v \text{ в тонна-сила - метрах)}$$

Перпендикуляр GK , опущенный из центра тяжести судна на линию действия сил поддержания, являющимся плечом восстанавливающей пары, называется **плечом остойчивости l**

$$L = GK \quad (\text{где } l \text{ в метрах});$$

На рисунке видно, что величина плеча остойчивости зависит от взаимного расположения точек C, G и M . Расстояние между метацентром M и центром величины C – **поперечный метацентрический радиус r** .

Расстояние между метацентром M и центром тяжести G **поперечная метацентрическая высота h** (в метрах).

$$M_v = Dh \sin \theta$$

Метацентрическая формула поперечной остойчивости.

Величина восстанавливающего момента находится в прямой зависимости от величины h ; чем больше h , тем остойчивее судно.

Метацентрическая высота h - критерий остойчивости судна.

ВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙ МОМЕНТ

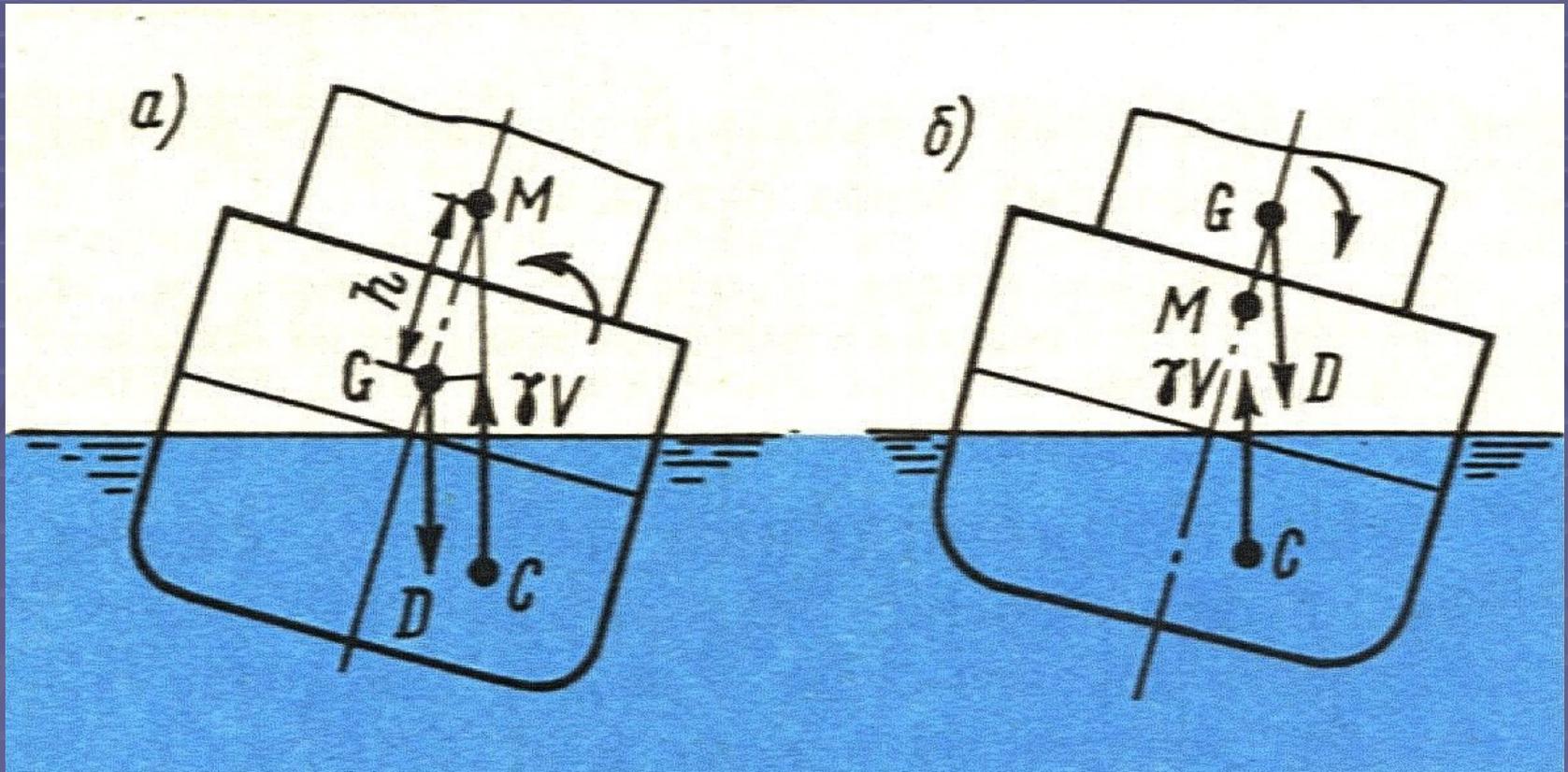
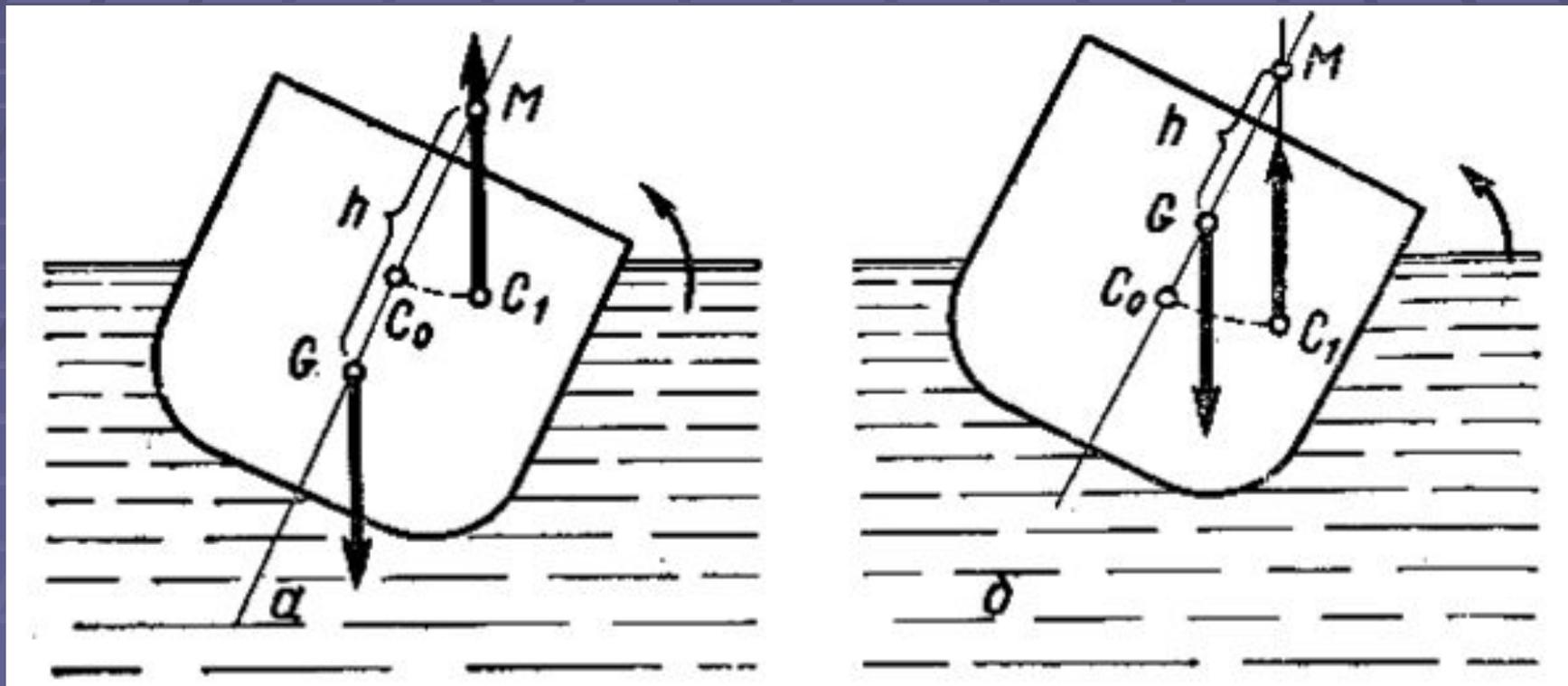
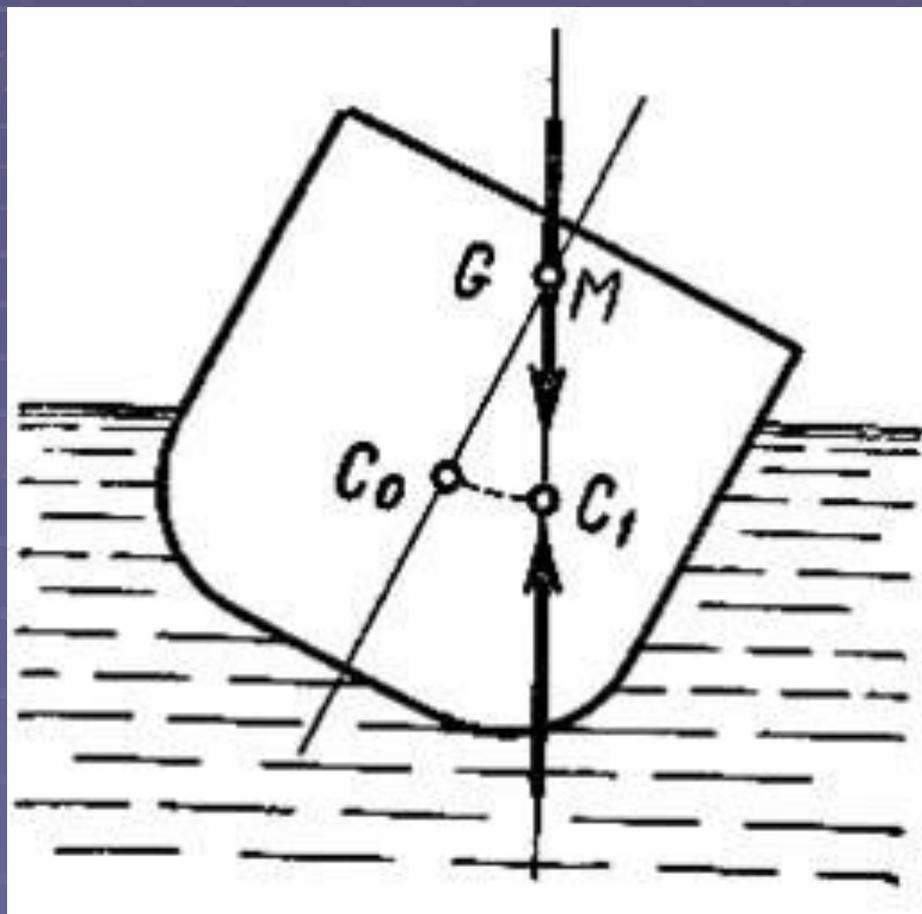


Схема возникновения восстанавливающего и кренящего моментов: $a-h > 0$; $b-h < 0$; M — метациентр; G — центр тяжести; C — центр величины; D — сила тяжести судна; γV — сила поддержания

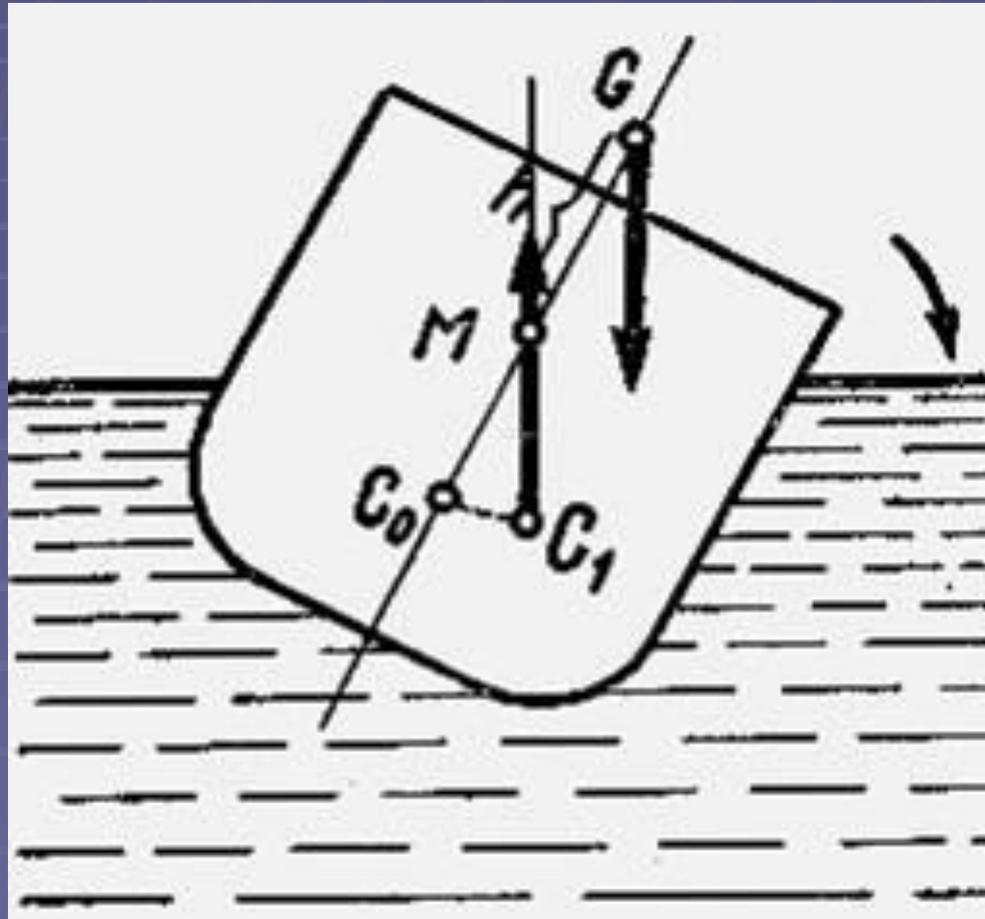
Остойчивое судно

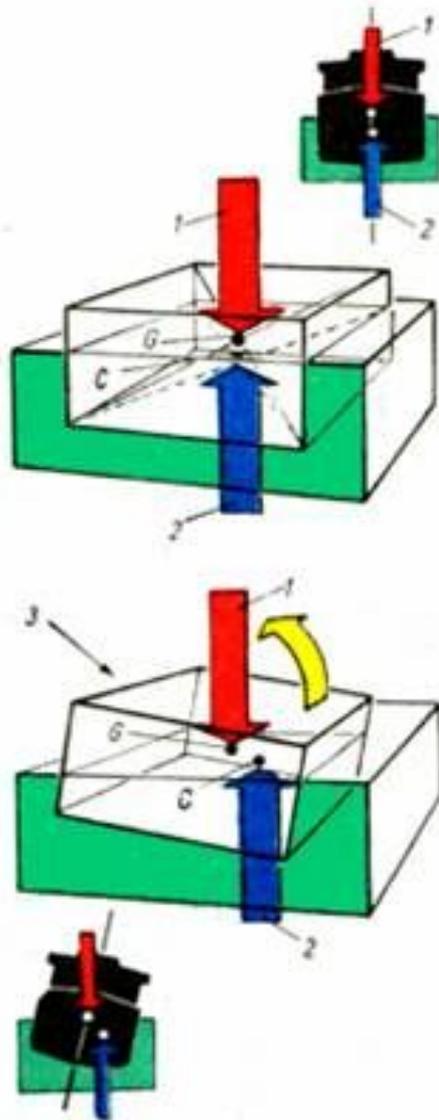
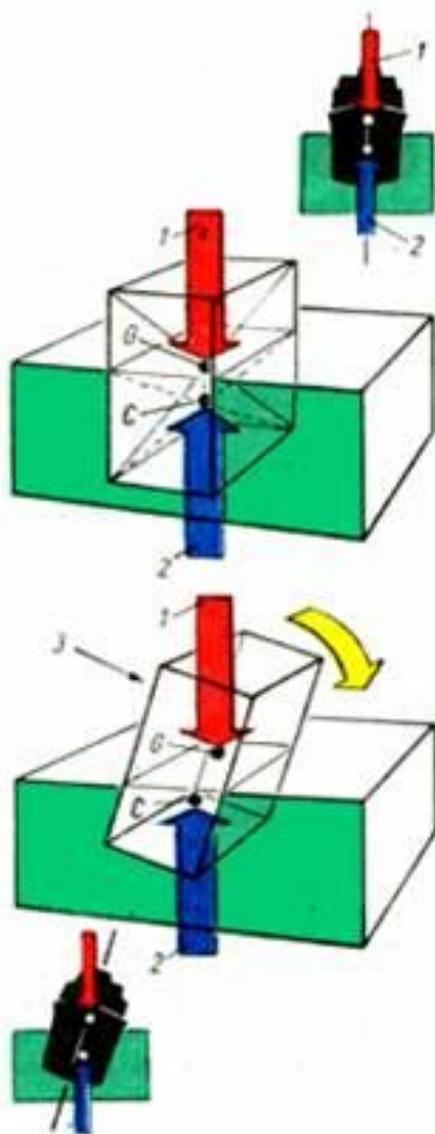


Неустойчивое судно при безразличном равновесии



Неустойчивое судно при неустойчивом равновесии



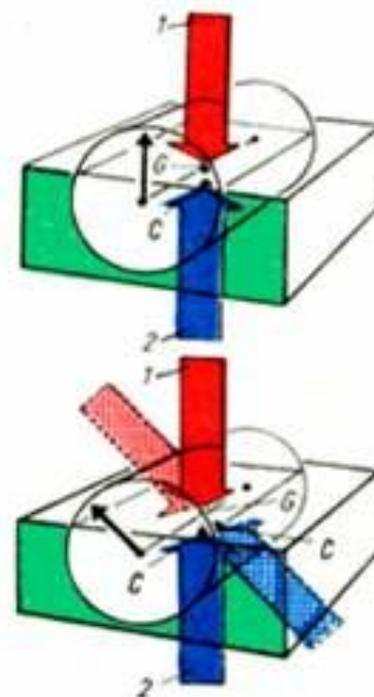


Устойчивое равновесие.

Неустойчивое равновесие.

Безразличное равновесие.

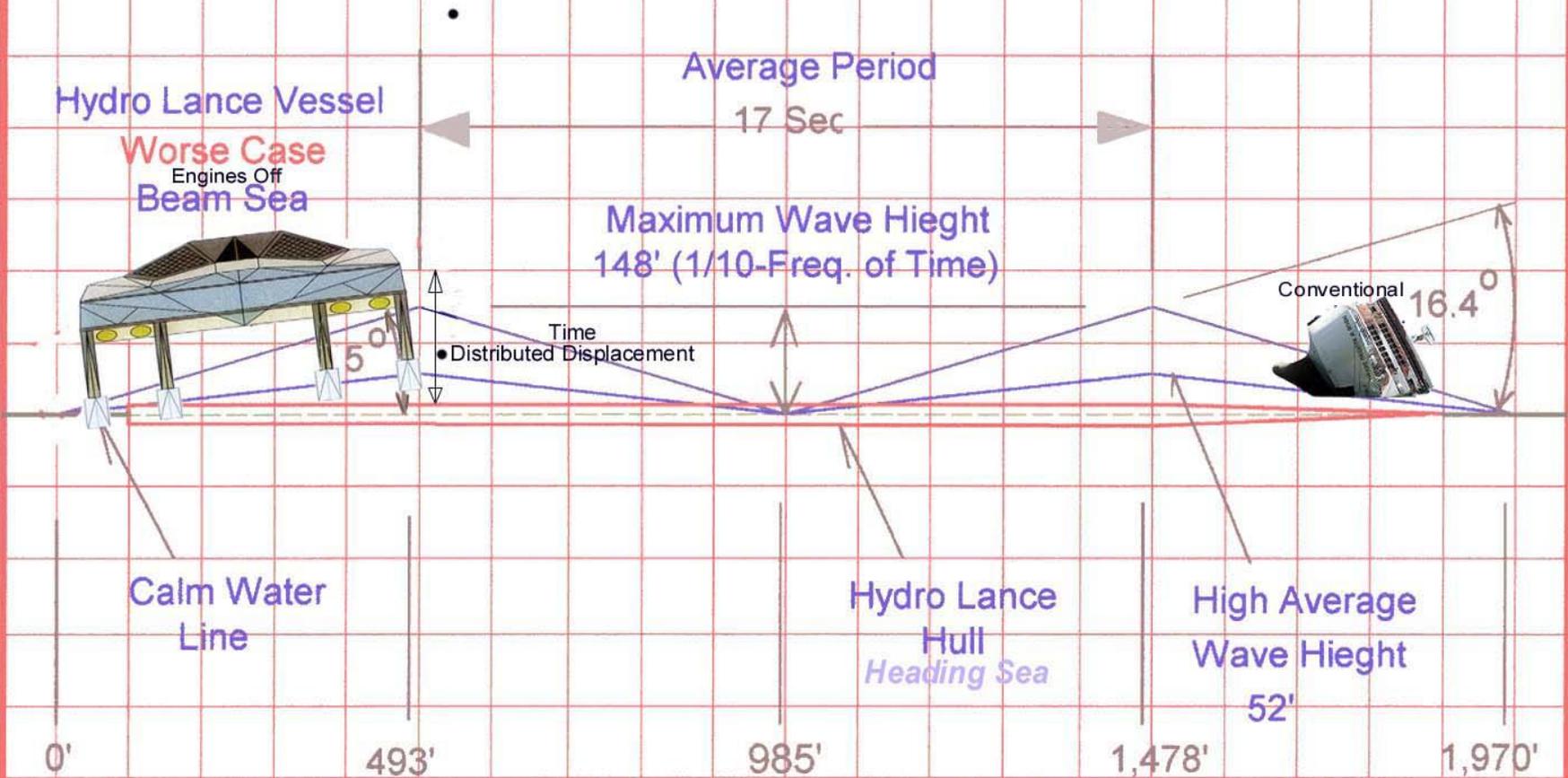
1 — сила веса; 2 — сила поддержки; 3 — ветер или волны; C — центр тяжести погруженного объема; G — центр тяжести судна.



BEAUFORT NUMBER 11 SEA STATE

MAXIMUM WAVE HEIGHT: 148'
HIGH AVERAGE WAVE HEIGHT: 52'

Each Block = 100 ft. sq.



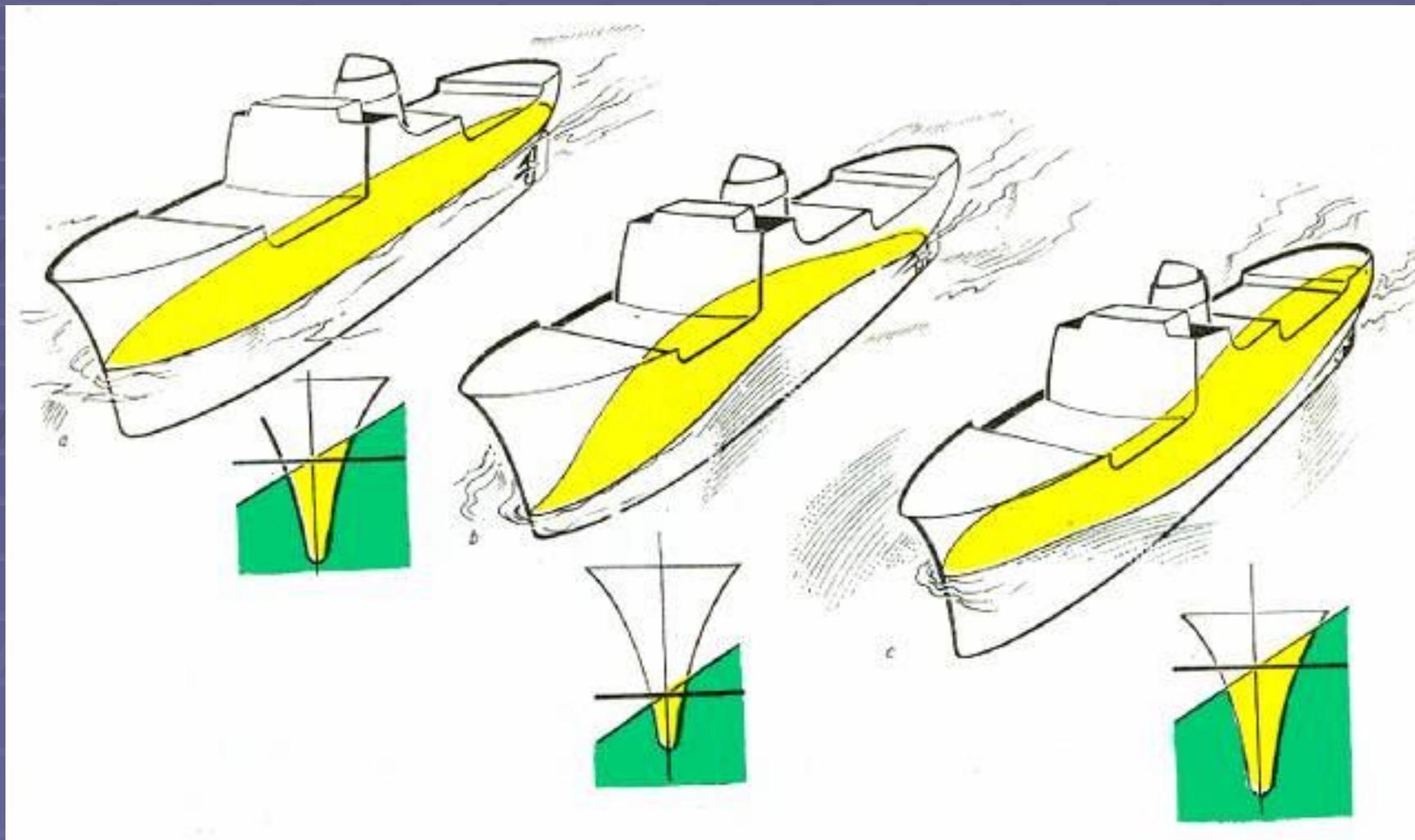
Hydro Lance Engineering, Inc.
Walter R. Reed 7/14/96

Потеря устойчивости



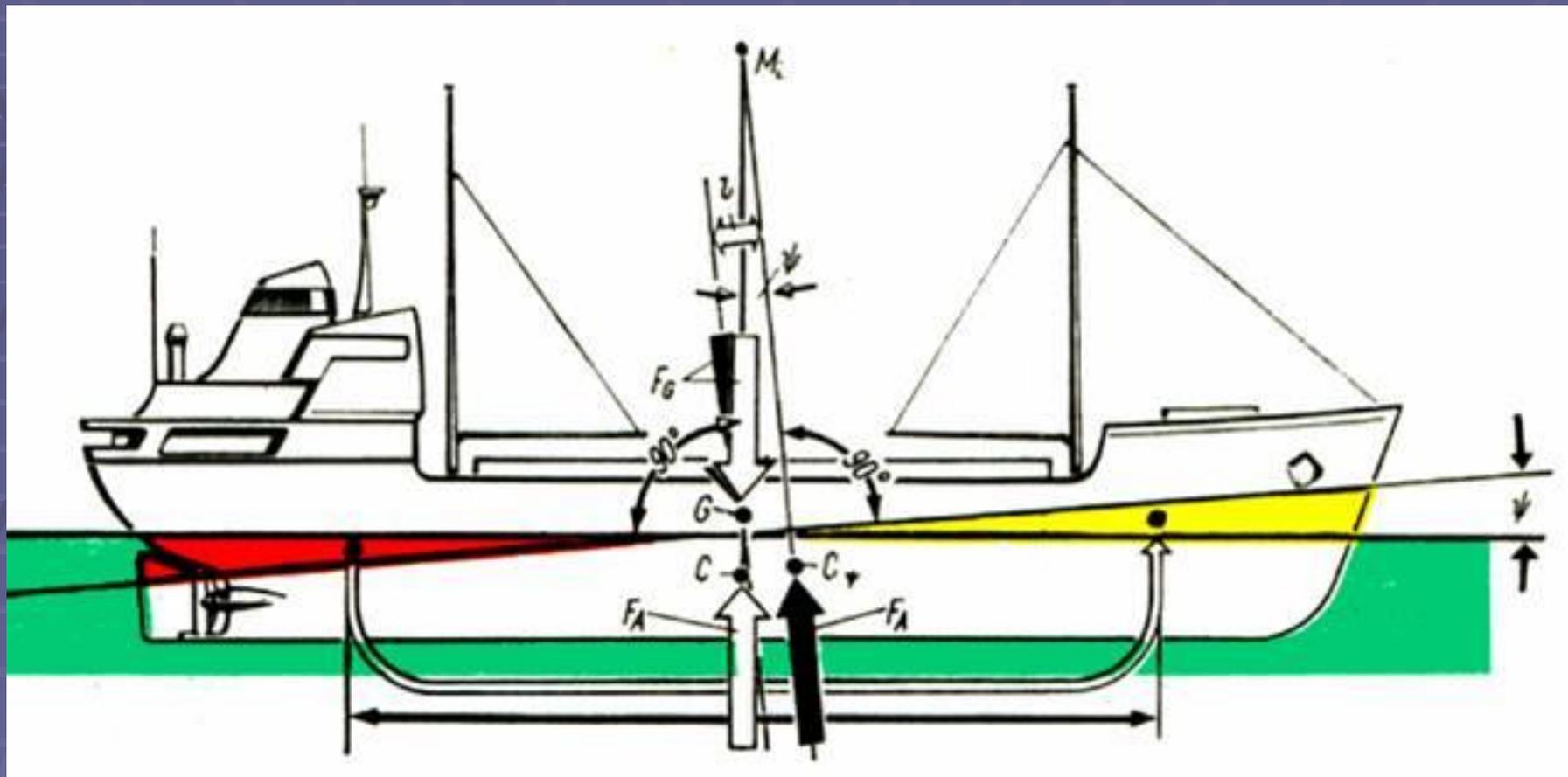
- При потере устойчивости судно можно считать погибшим, когда при накрени в воду начинают входить комингсы люков и кромки отверстий в борту, надстройке и палубе. В дальнейшем скорость накрени быстро возрастает, и делает невозможным проведение спасательных операций.

Поперечная остойчивость судна



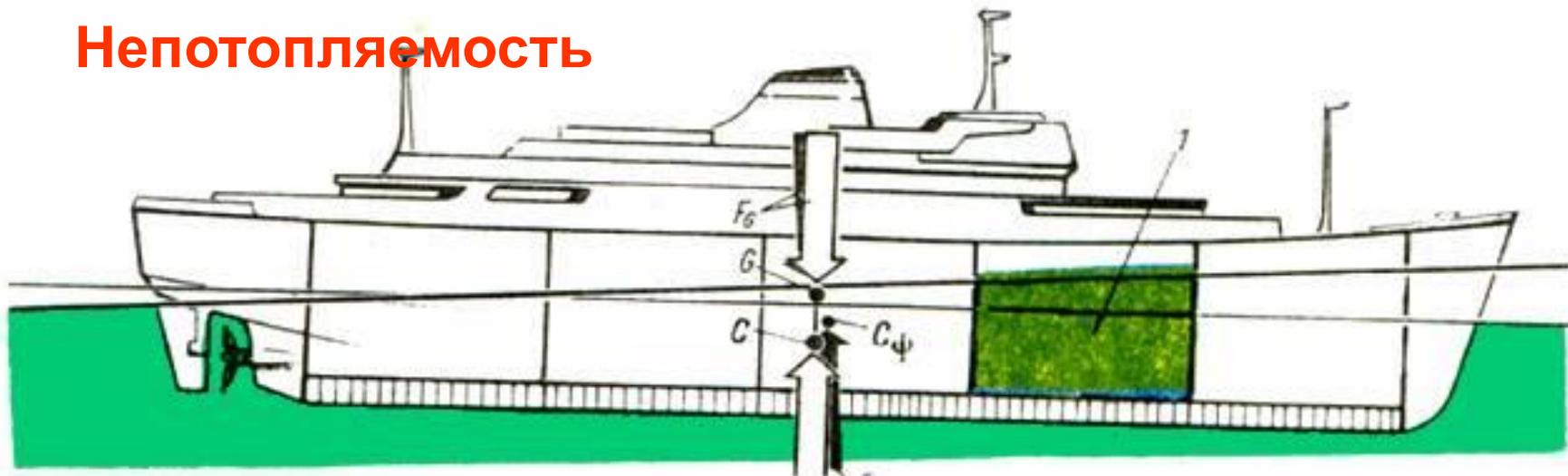
а – судно на спокойной воде; б - судно на вершине волны; с – судно на подошве волны.

Продольная остойчивость судна



C или C_ψ – Центр величины, F_A – сила поддержания, F_G – вес судна; G – центр тяжести судна; M_L – продольный метацентр; l – плечо остойчивости, ψ – угол дифферента.

Непотопляемость



C или C_{ψ} – центр величины, $F_{в}$ – сила поддержания, FG – вес судна, G – центр тяжести судна, 1 – затопленный отсек.

Обеспечивают следующие факторы:

- Расстановка достаточного количества водонепроницаемых переборок, делящего корпус на водонепроницаемые отсеки (Регламентируется Регистром);
- Назначением каждому судну определенной высоты надводного борта, что обеспечивает необходимый запас плавучести, компенсирующий потерю сил плавучести при поступлении в судно воды
- Устройство двойного дна, и двойных бортов (при неглубоких повреждениях ограничивает поступление воды пределами одного - двух небольших пространств, наличие перетоков для перепуска воды из одного отсека в другой для спрямления судна или ликвидации опасного крена. Для этой цели используют балластные трубопроводы.
- Наличие в корпусе надежных водонепроницаемых закрытий на отверстиях.
- Достаточно мощные водоотливные средства, способные откачивать воду из поврежденного отсека после заделки пробоины.

Бороться с вливающейся в судно водой без заделки пробоины бесполезно, так как через относительно небольшую пробоину 1 кв.м., расположенную на глубине 5 м, за 1 час вливается 36 000 м.куб. воды. Никакие насосы не в состоянии откачать за 1 час такое количество воды.

Предельная линия погружения судна



1 – предельная линия погружения, 2 – палуба переборок, 3 – затопленный отсек.

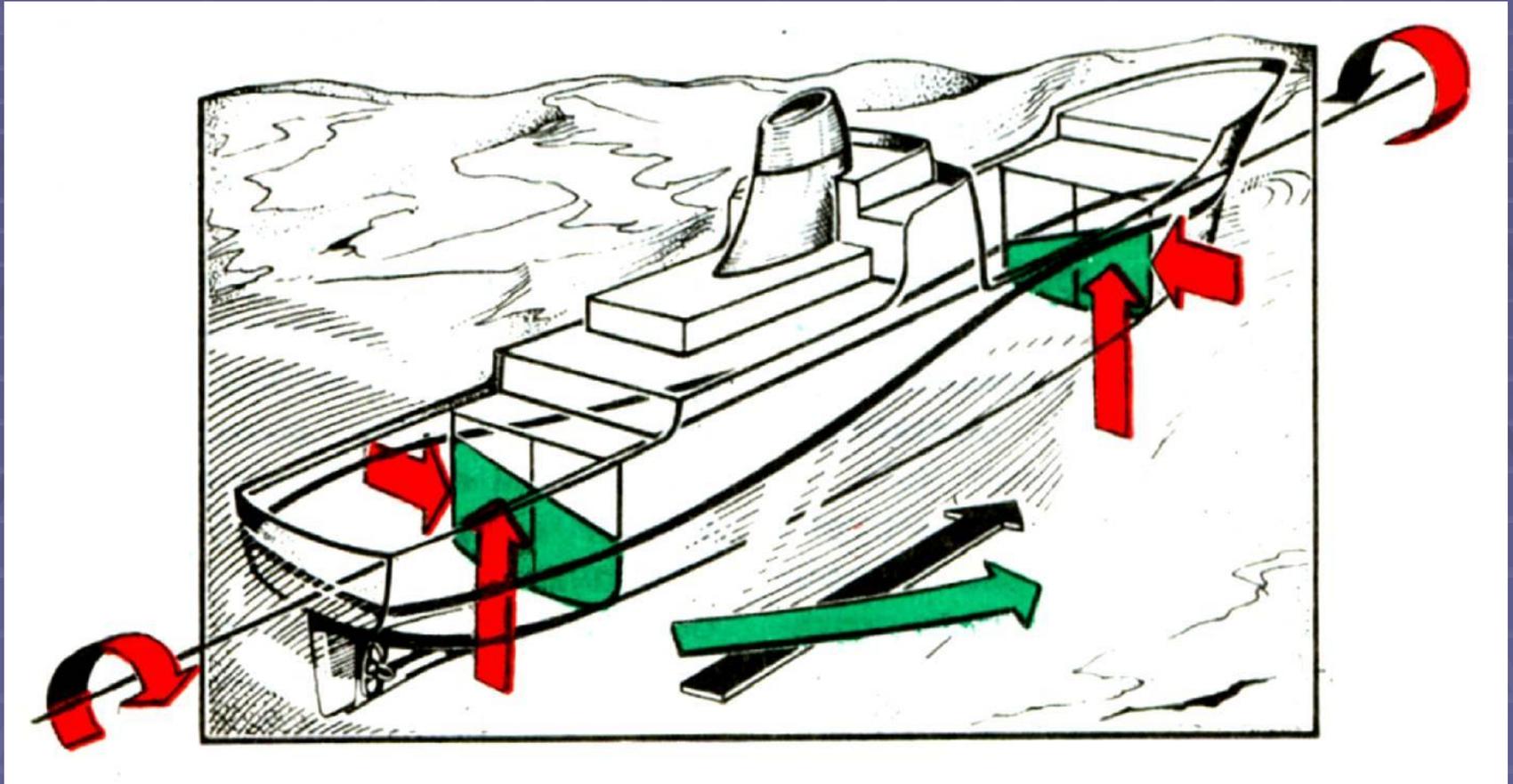
- Правила Регистра требуют, чтобы непотопляемость судна была обеспечена при затоплении одного любого отсека, а крупных пассажирских и промысловых судов – при затоплении двух смежных отсеков.



Вопрос обеспечения непотопляемости транспортных судов при их проектировании сводится к определению количества непроницаемых переборок и расстояний между ними. Правила Регистра требуют, чтобы при затоплении одного или группы отсеков судно погружалось не глубже, чем по **предельную линию погружения**, проходящую на 76 мм ниже бортовой линии палубных переборок.

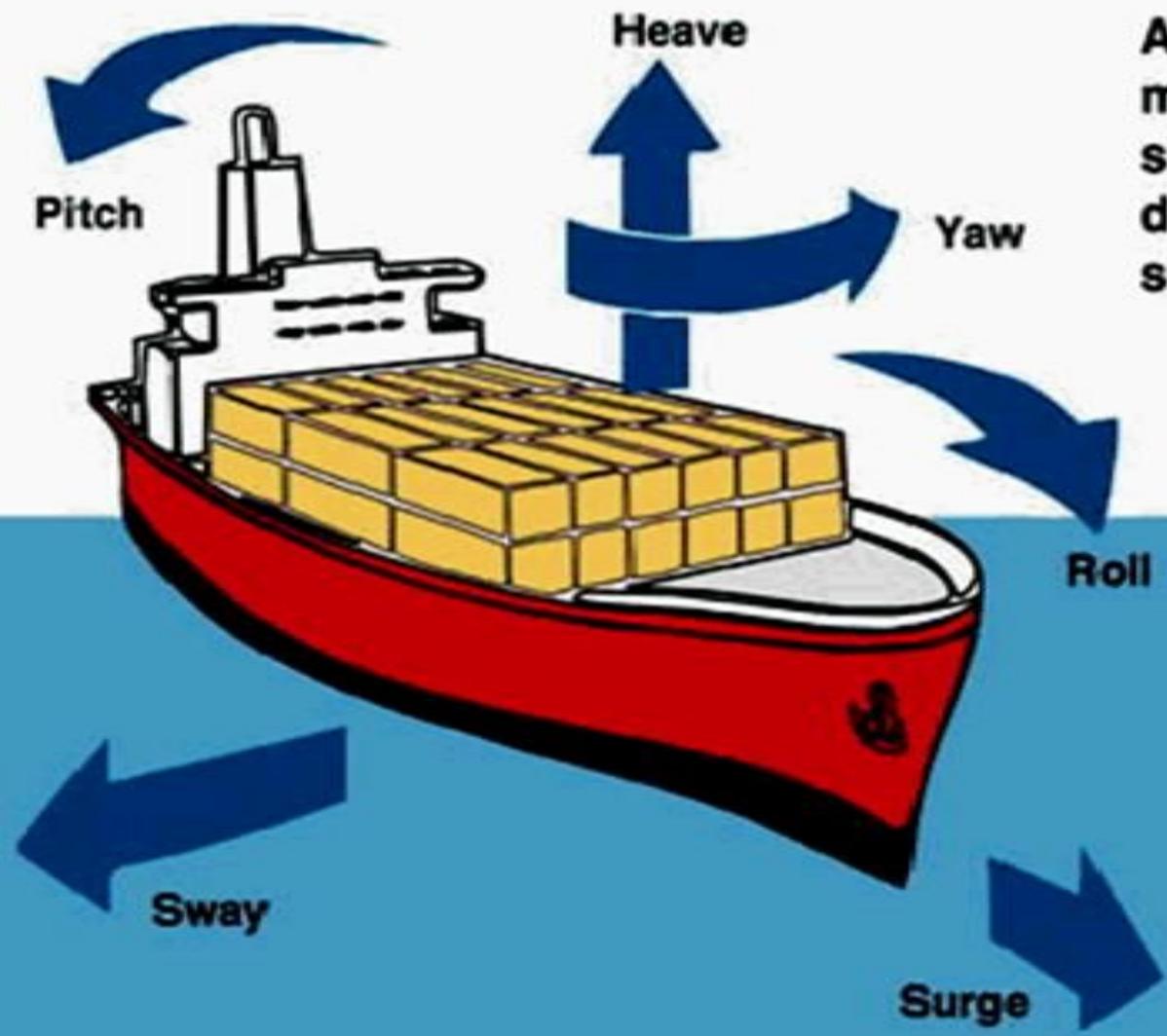
- **Судно принято считать погибшим** из-за конструктивных повреждений при погружении в воду, какого нибудь участка верхней палубы, или на неповрежденных судах, гибель которых вызвана заливанием внутренних помещений.

Качка судов



Скручивающие нагрузки на судно при косом курсе судна относительно волн.

- Совокупность колебательных движений около положения равновесия, совершаемых судном под действием внешних сил. По направлению колебаний различают:
- **Бортовую качку**, при которой колебания совершаются вокруг продольной оси, проходящей через центр тяжести судна.
- **Килевую качку**. При которой колебания совершаются вокруг поперечной оси, проходящей через ту же точку.
- **Вертикальную качку**, при которой колебания совершаются вдоль вертикальной оси, около ватерлинии статического равновесия.
- Практически судно чаще всего испытывает одновременно бортовую, килевую и вертикальную качку.

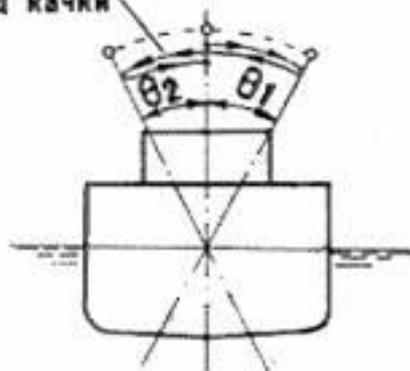


A ship at sea may move in six different directions simultaneously.

Качка судов

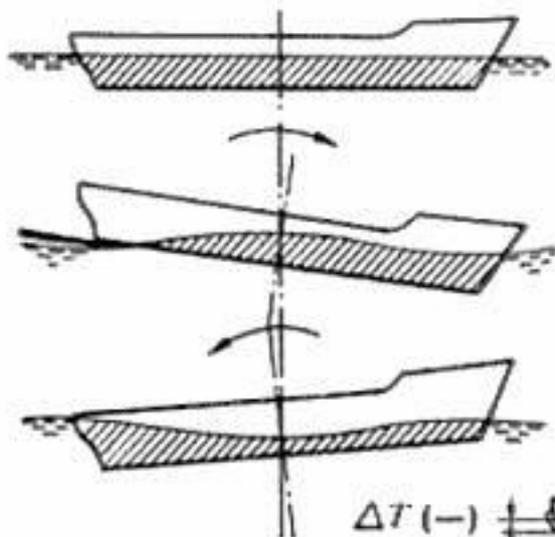
Бортовая

Наклонение судна
за период качки

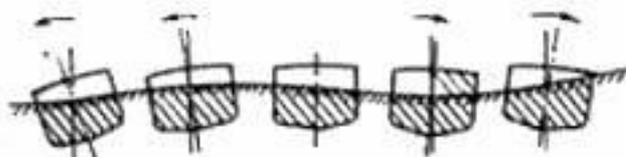
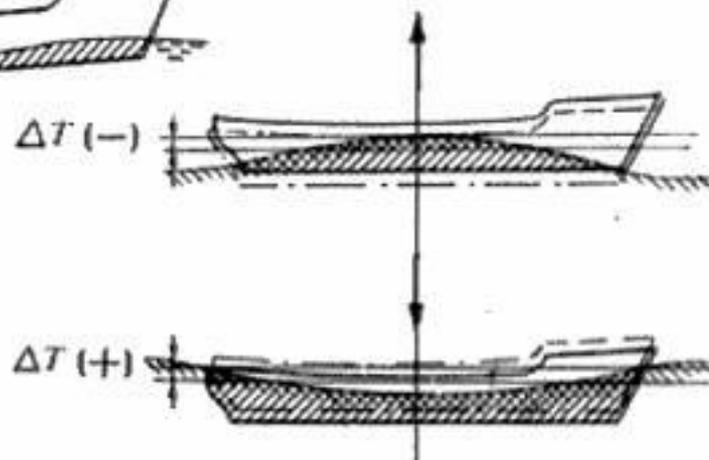


$\theta_1; \theta_2$ — амплитуда; $\theta_1 + \theta_2$ — размах

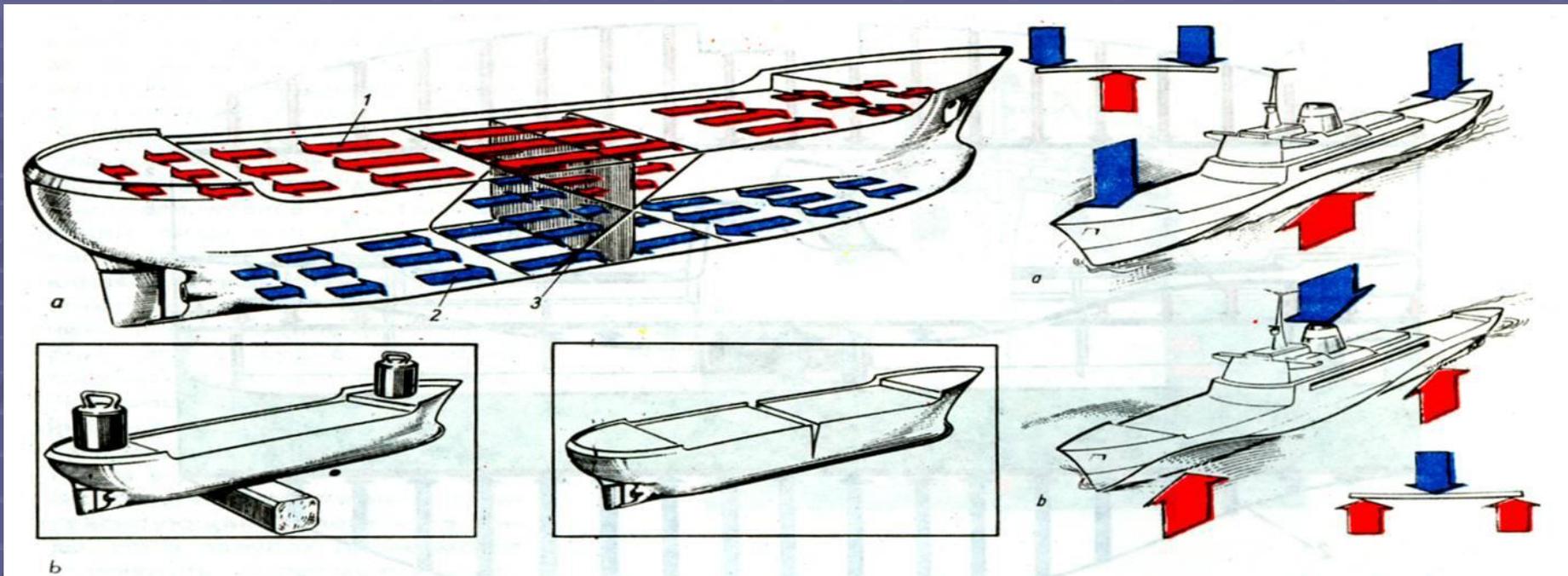
Килевая



Вертикальная



Качка судов. Параметры.

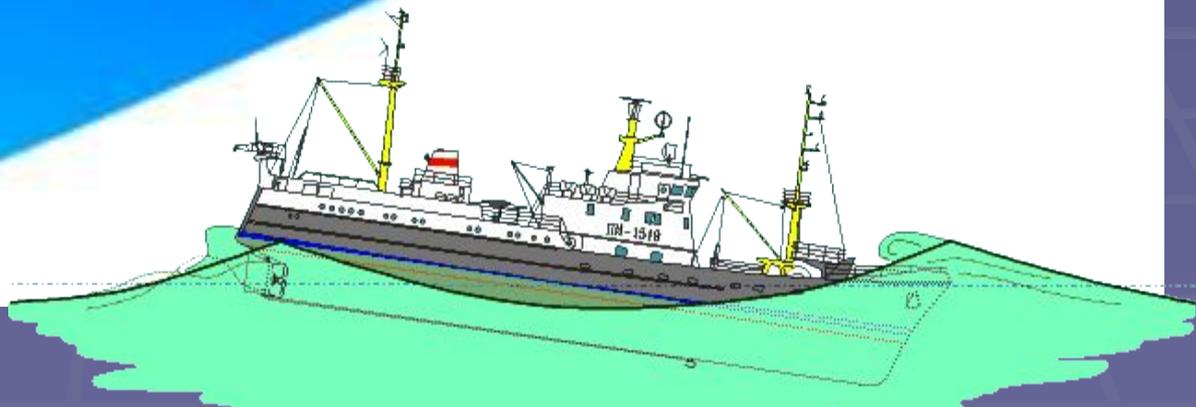
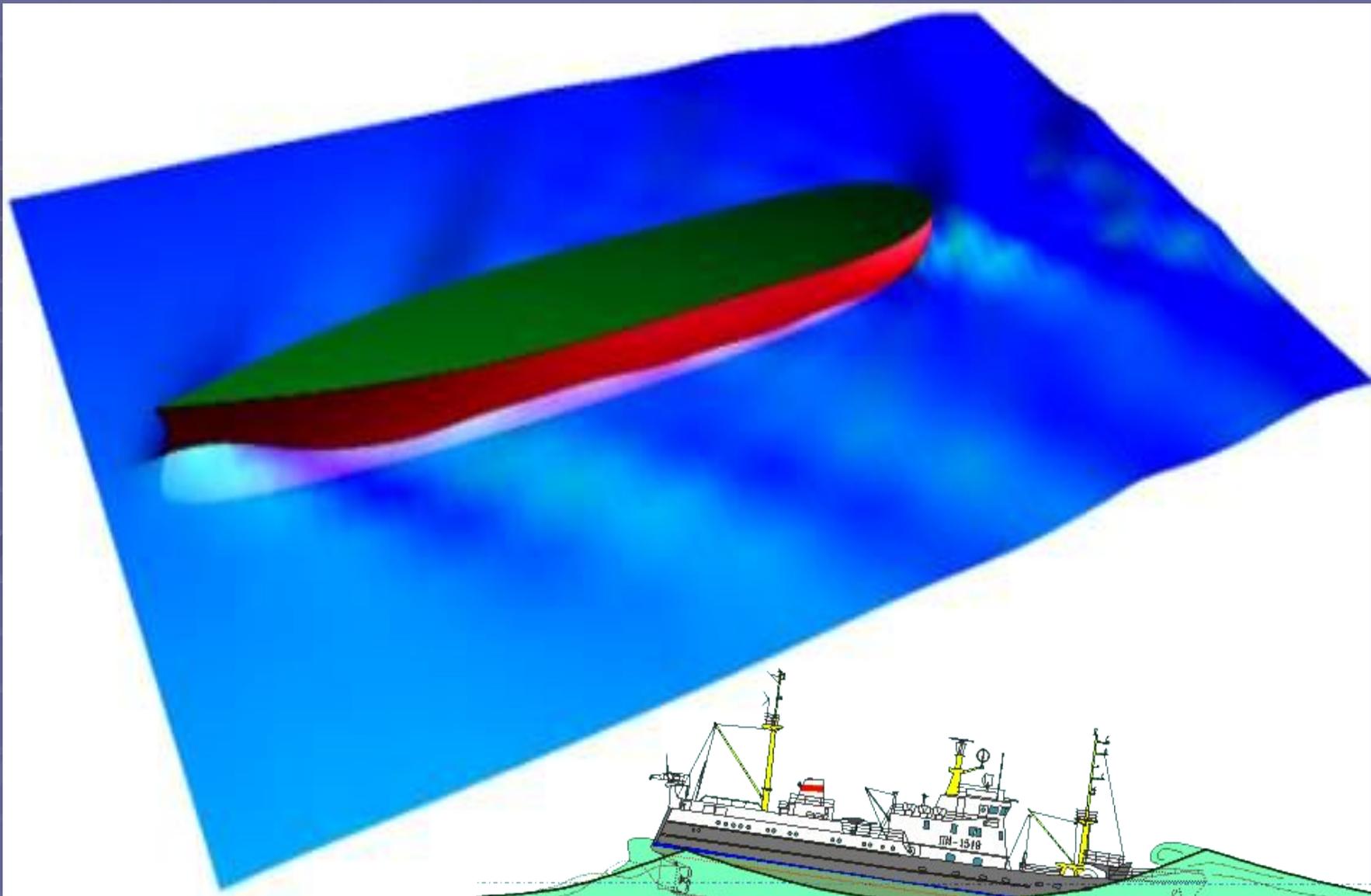


- **Амплитуда θ** – максимальное отклонение от положения равновесия, измеряется в углах крена т.е. в градусах для бортовой и килевой качки и в метрах для вертикальной.
- **Период T** – время совершения одного полного колебания, измеряемое в секундах, для бортовой качки полным будет колебание с одного борта на другой и обратно, для килевой – с носа на корму и обратно. Для вертикальной от нижнего положения вверх и обратно.

Колебания судна на тихой воде, совершающиеся под действием восстанавливающего момента. Называют свободными колебаниями.

Период свободной бортовой качки уменьшается при увеличении метацентрической высоты, т.е. по мере увеличения остойчивости, качка становится более стремительной, которая особенно тяжело переносится людьми и плохо отражается на конструкции судна.

На взволнованной поверхности моря качка судов складывается из колебаний двух типов – свободных и вынужденных, вызываемых периодическим воздействием волн на корпус судна.

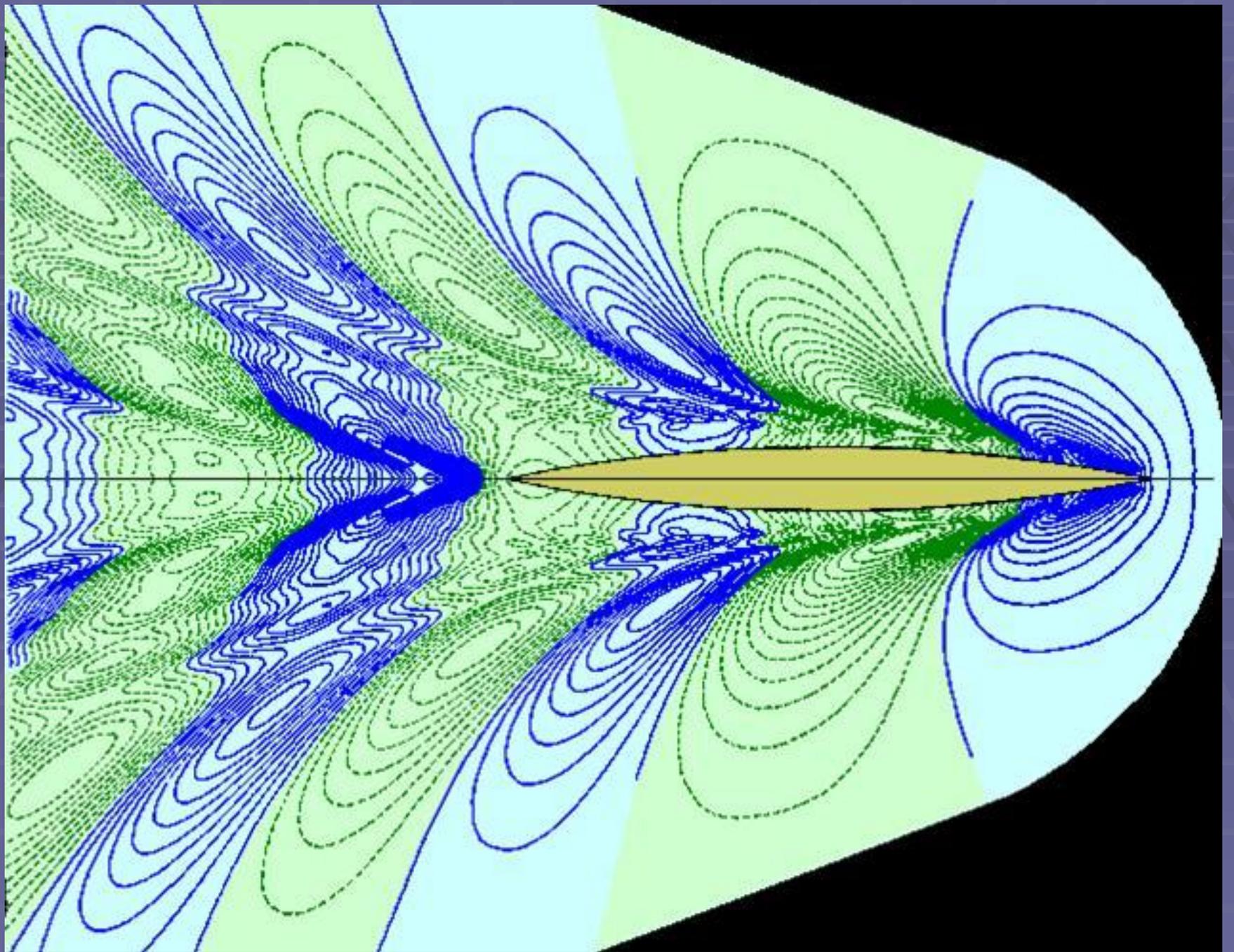




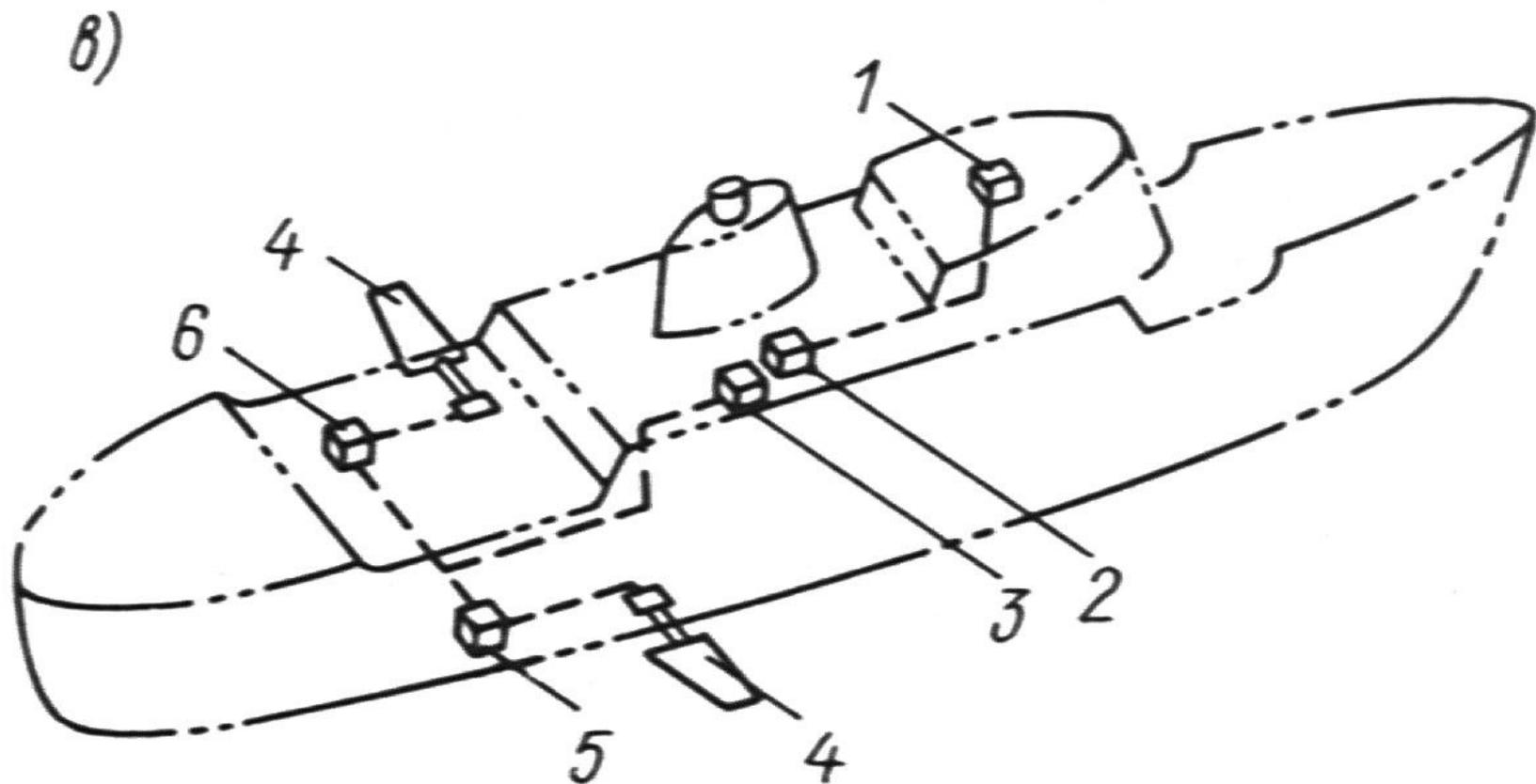








УСПОКОИТЕЛИ КАЧКИ

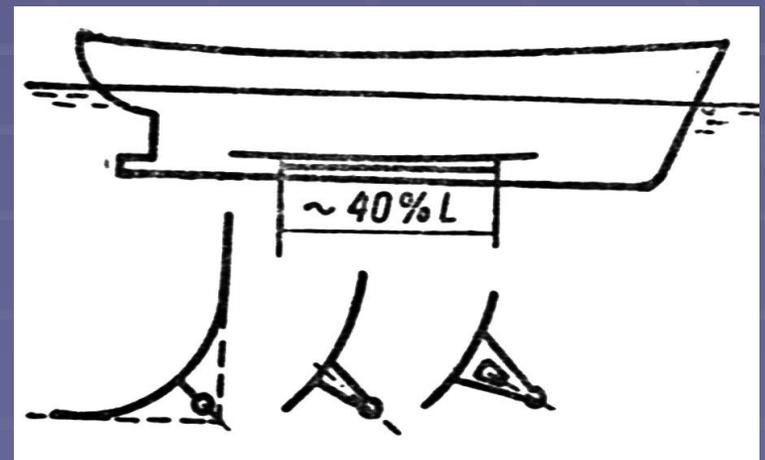
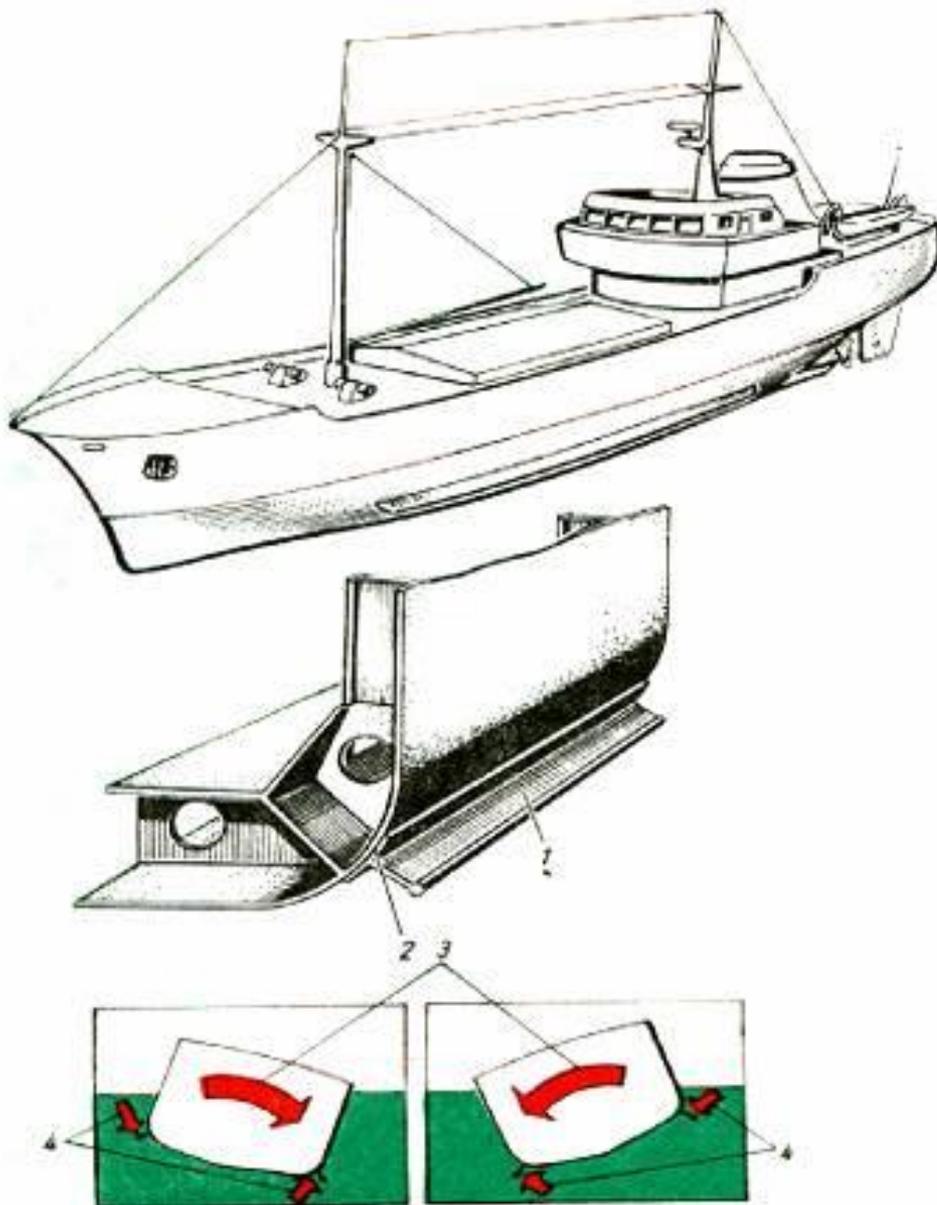


Успокоители качки: а — закрытая успокоит. цистерна; б — скуловой киль; в — борт. управляемые рули; 1 — пульт упр. на ходовом мостике; 2 — центр. пусковая станция; 3 — центр. пульт упр.; 4 — борт. рули правого и левого бортов; 5, 6 — местные щиты упр. правого и левого бортов

Успокоители качки

Скуловой киль

- 1 – скуловой киль;
- 2 – усиление;
- 3 – бортовая качка;
- 4 – сопротивление скуловых килей.

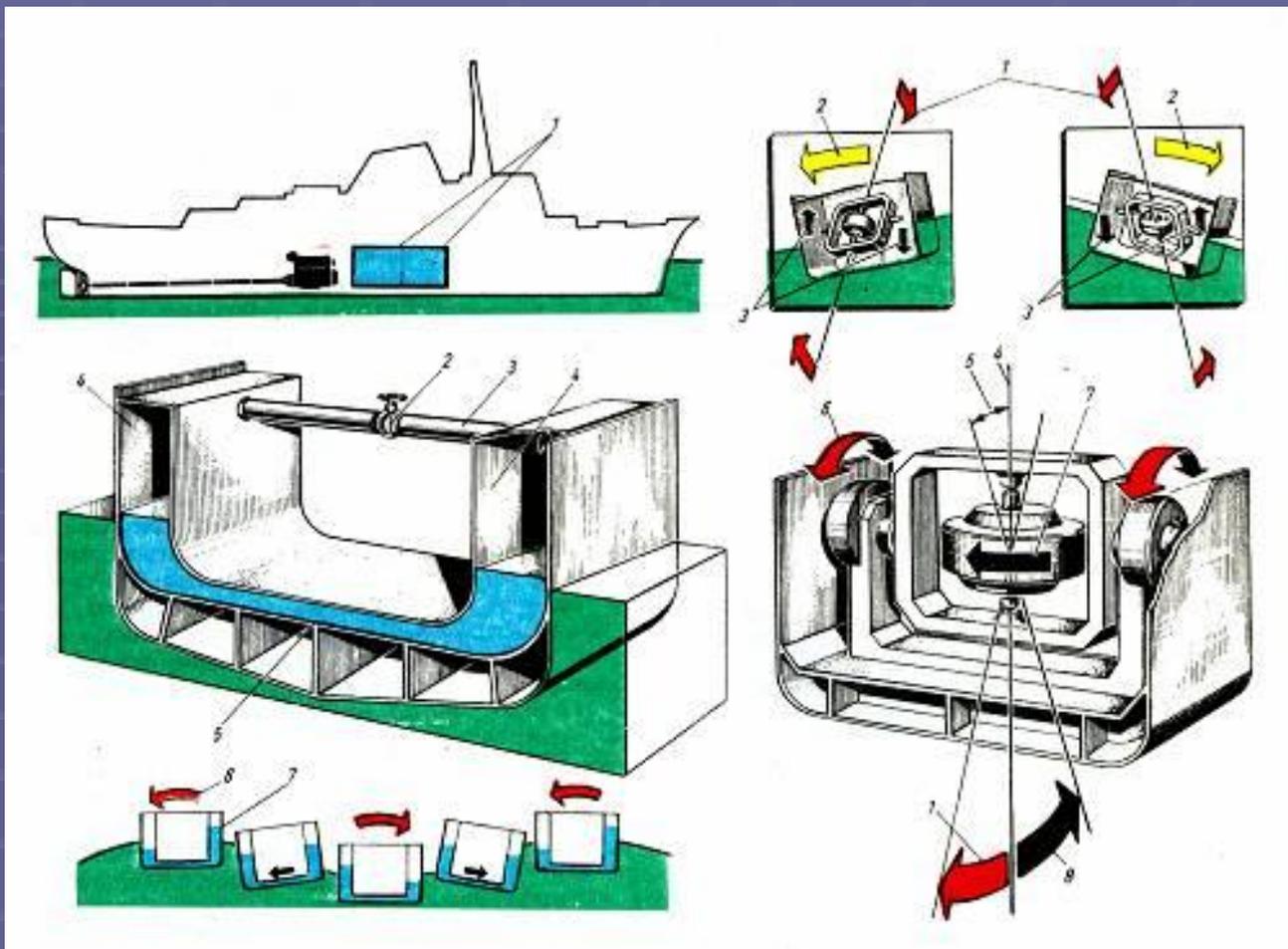


Успокоительные цистерны

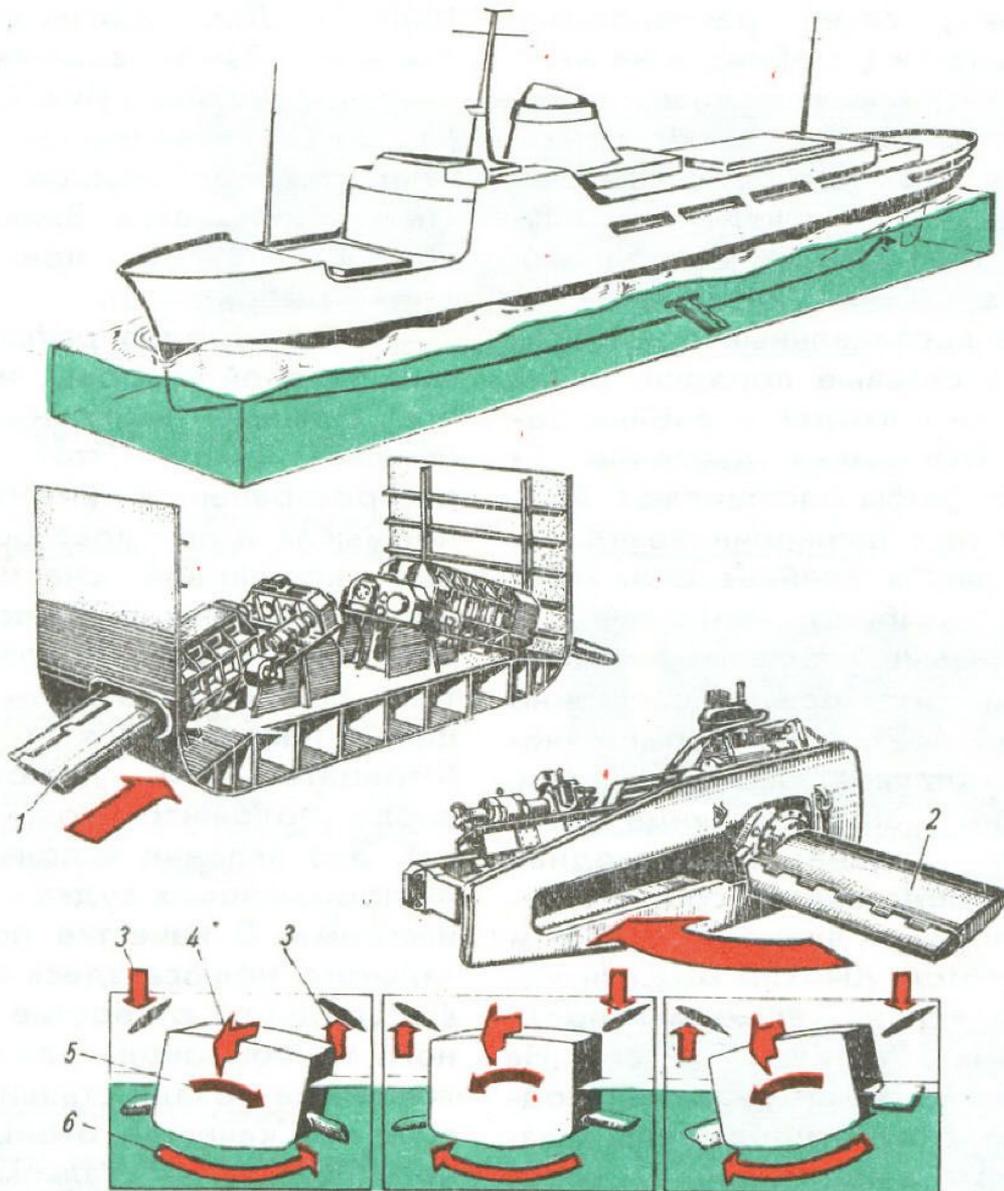
- 1 – успокоительные цистерны,
- 2 – воздушный вентиль,
- 3 – соединительный воздушный канал,
- 4 – бортовые диптанки,
- 5 – переливной канал,
- 6 – бортовая качка судна,
- 7 – вода в цистерне

- **Активные цистерны** отличаются от пассивных тем, что жидкость в них переливается принудительно. Активные цистерны хорошо работают при любых режимах качки.

- **Гироскопические успокоители** – массивные разгоняемые до 3 000 об/ мин. Роторы, вес которых равен 0.5 – 1% водоизмещения судна. Их действие основано на свойстве гироскопа сохранять неизменным положение своей оси в пространстве. Умеряют амплитуду качки на 50-70% во всех режимах



Активные боковые рули



- Представляют собой балансирные рули обычного типа, установленные в середине длины судна в районе скул. Перекладкой рулей в разные стороны можно создать момент, имеющий направление, противоположное вращаемому. Перекладка рулей осуществляется электродвигателями, управляемыми автоматически. Эффективность рулей на ходу достаточно высока. При отсутствии качки рули убирают в специальные ниши в корпусе, чтобы не создавать дополнительного сопротивления.

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