

**ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова**

**Факультет навигации и связи**

**Теория судна. Статика**

**Лекция № 3**

**Запас плавучести судна**



**к.т.н., доц.**

**Коротков Б.П.**

# Вопросы

1. Определение элементов погруженного объема судна
2. Изменения осадки судна вследствие приема-снятия грузов
3. Запас плавучести судна
4. Грузовая марка

# Знание, понимание и профессиональные навыки в соответствии с минимальным стандартом компетентности для вахтенных помощников капитана судов (в соответствии с ПДНВ)

1. Рабочее знание и применение информации об устойчивости, посадке и напряжениях, диаграмм и устройств для расчета напряжений в корпусе
2. Понимание основных действий, которые должны предприниматься в случае частичной потери плавучести в неповрежденном состоянии

# 1. Определение элементов погруженного объема судна

# Элементы погруженного объема судна (ЭПО):

$V, x_c, y_c, z_c$  – погруженный объем судна и координаты центра величины

$r$  и  $R$  – поперечный и продольный метацентрические радиусы

$$r = \frac{I_x}{V}; \quad R = \frac{I_{yf}}{V}$$

$I_x, I_{yf}$  – моменты инерции ватерлинии

# Элементы погруженного объема судна (ЭПО):

$z_m = z_c + r$  - аппликата поперечного  
метацентра

$\alpha, \beta, C_b$  - коэффициенты полноты

$S$  – площадь ватерлинии

$x_f$  – абсцисса центра тяжести ватерлинии

Определение элементов погруженного объема судна:

а) при посадке прямо, на ровный киль и

б) при посадке прямо, с дифферентом

Изучить самостоятельно

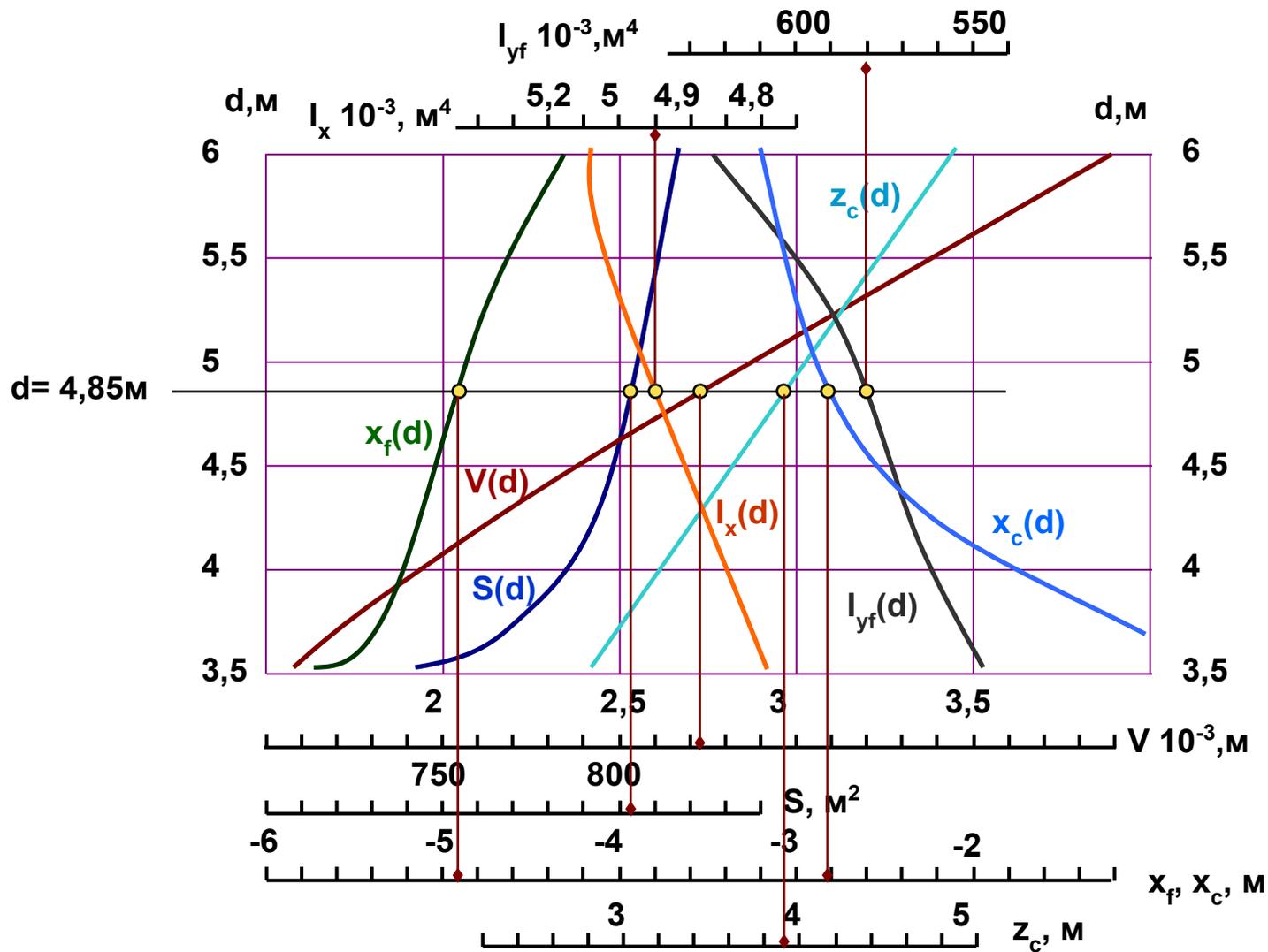
*«Теория судна. Статика» ГМА, 2009г.*

*п. 1.5, стр. 32 ÷ 39*

При посадке прямо, на ровный киль ЭПО зависят только от осадки судна  $d$

- **Кривые элементов теоретического чертежа (КЭЛТЧ), или гидростатические кривые (Hydrostatic curves) – это диаграммы для определения ЭПО в зависимости от осадки судна  $d$**

# Кривые элементов ТЧ



# Грузовой размер и строевая по ватерлиниям входят в состав ЭПО

- Грузовой размер – это кривая зависимости  $V(d)$
- Грузовым размером также называют зависимость  $\Delta(d)$
- В «Информации капитану» грузовой размер представляют в виде «Грузовой шкалы»
- Строевая по ватерлиниям – это кривая зависимости  $S(d)$

# Определение ЭПО при посадке с креном и дифферентом

- При  $|\theta| \leq 5^\circ$ ;  $|\psi| \leq 1,5^\circ$ , но не более угла входа в воду верхней палубы, можно использовать КЭТЧ
- Порядок использования – см. Учебник, стр. 33-34

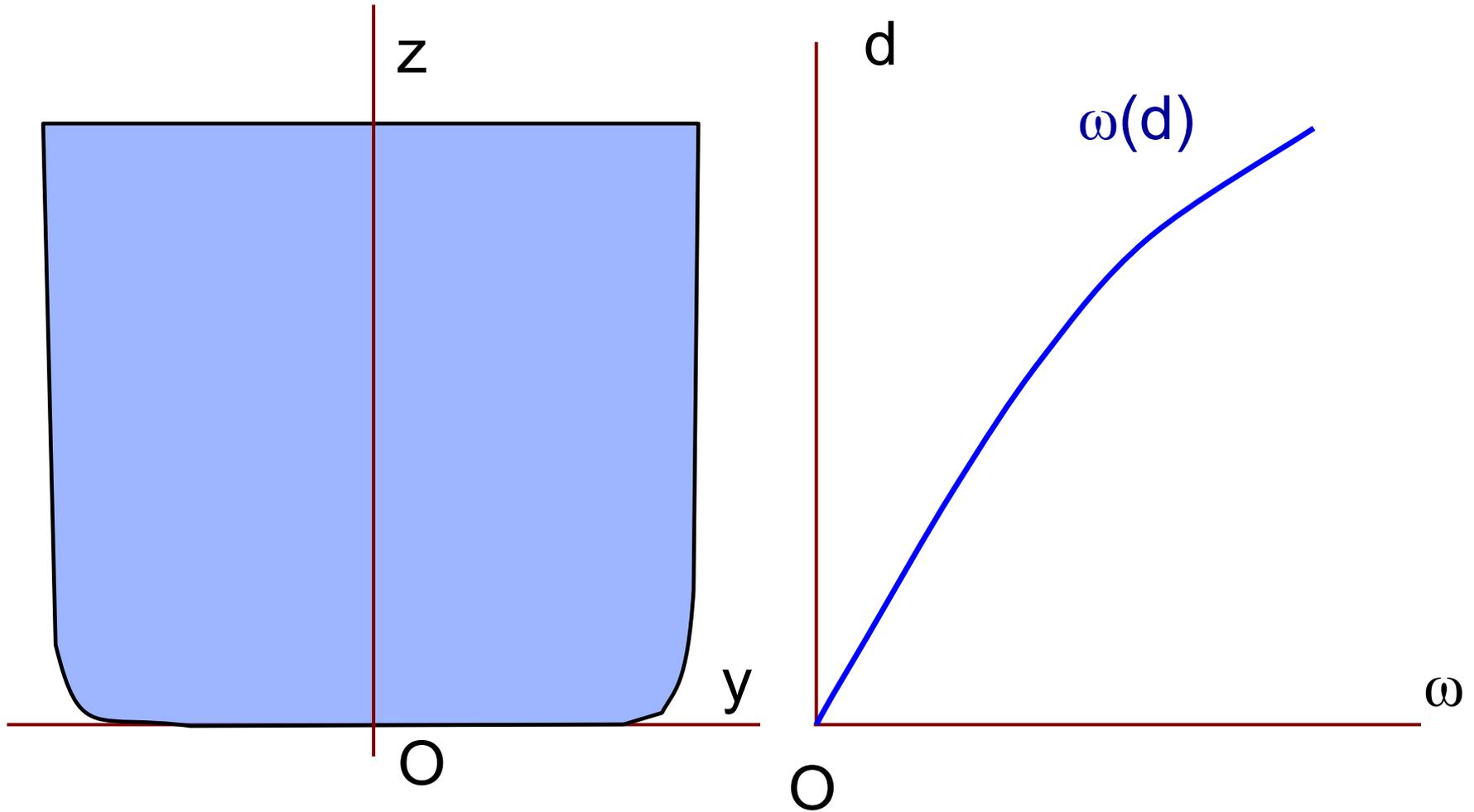
При посадке прямо, с большим дифферентом ЭПО определяют с помощью диаграмм:

- Масштаб Бонжана (точно)
- Дифферентные (посадочные) диаграммы (приблизенно)

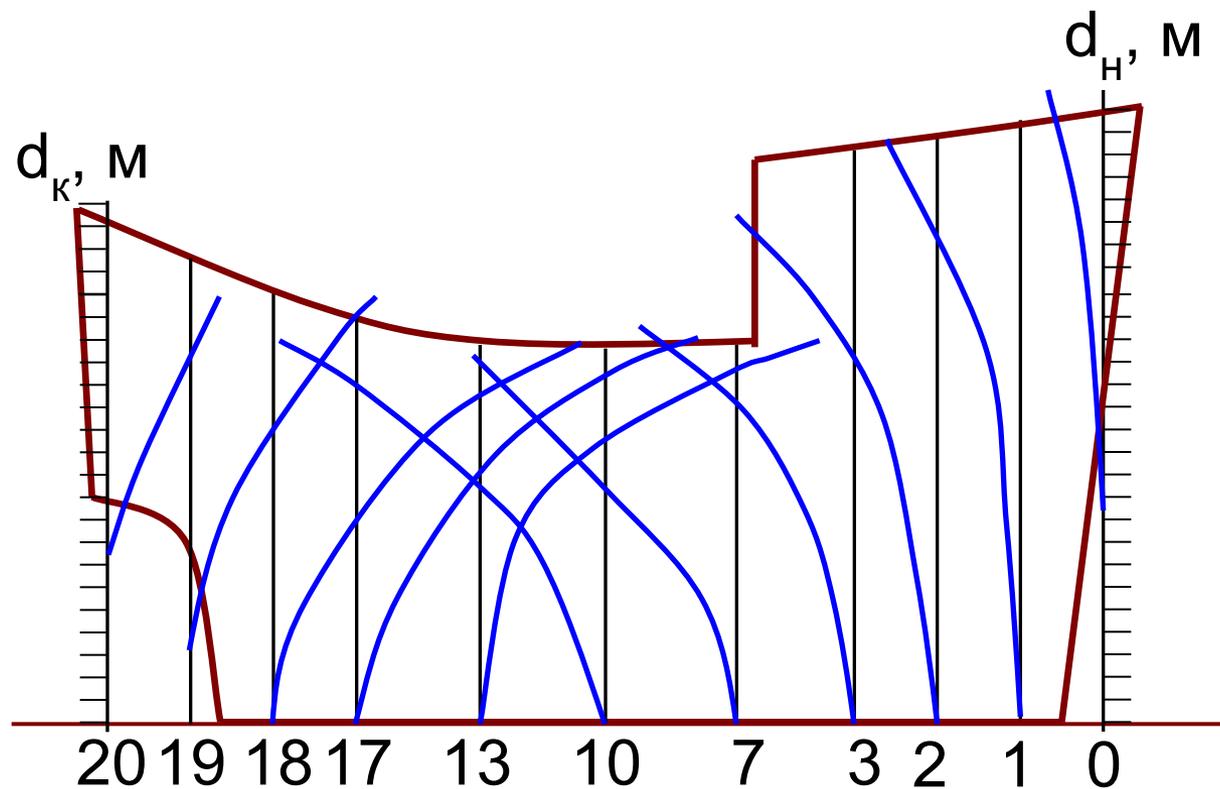
# Масштаб Бонжана

- Масштаб Бонжана – это диаграмма площадей теоретических шпангоутов в зависимости от осадки судна

# Зависимость площади погруженной части шпангоута от осадки



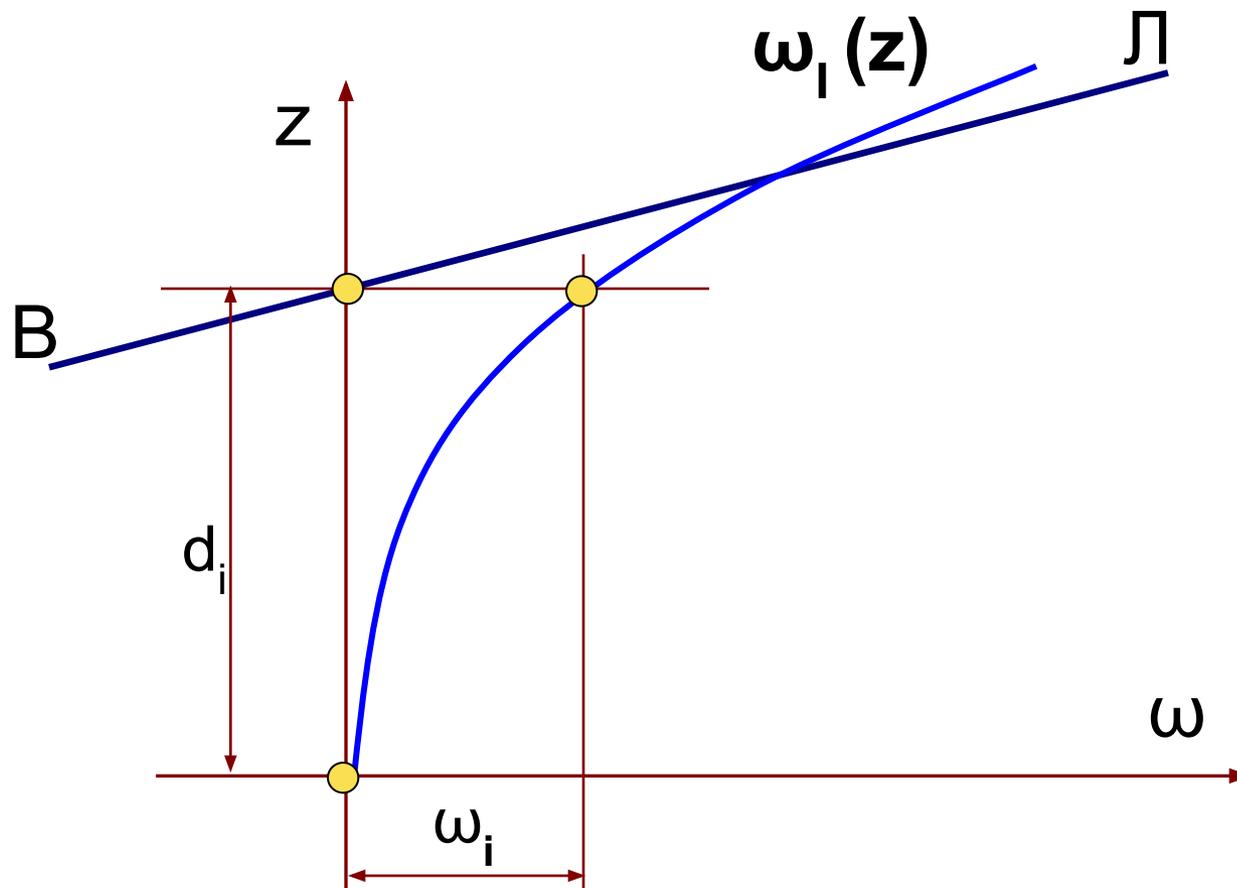
# Масштаб Бонжана



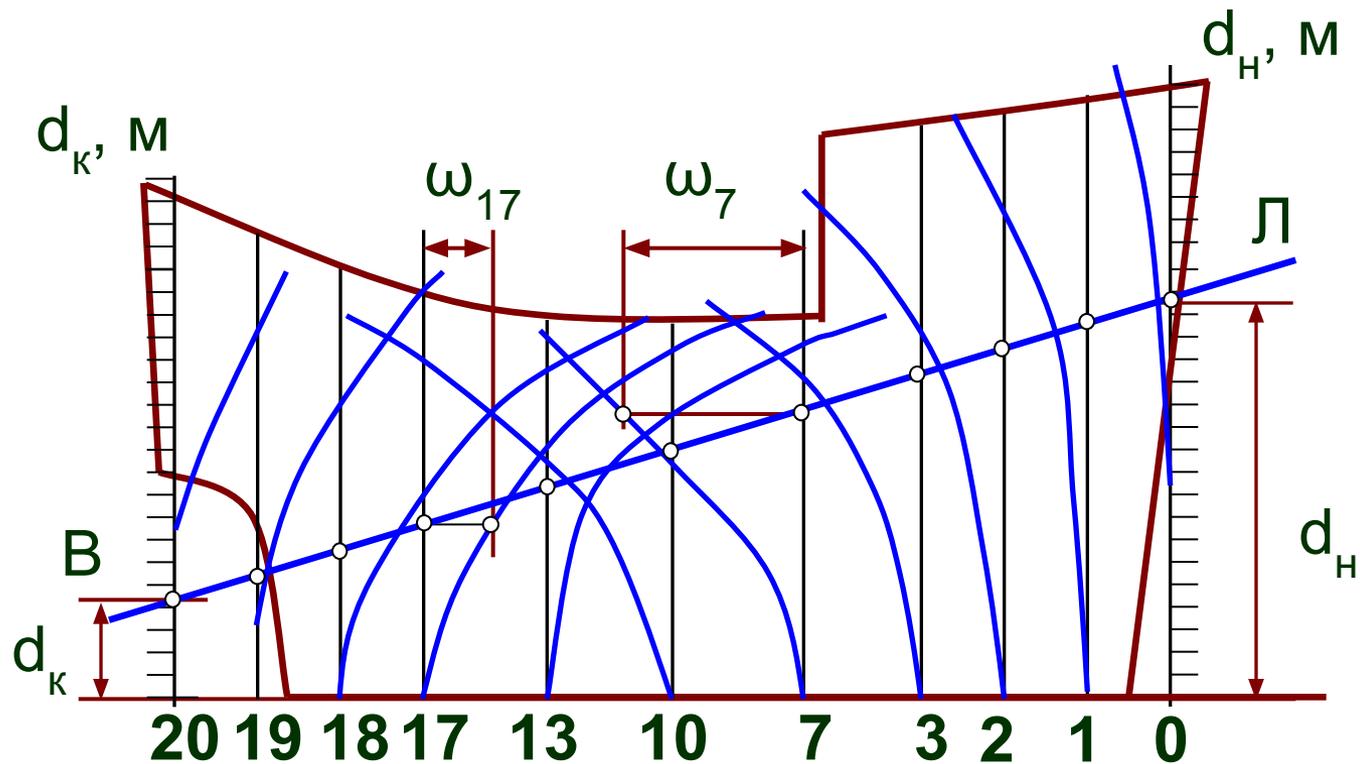
# Использование Масштаба Бонжана

1. На диаграмму нанести диаметральный след ватерлинии по маркам  $d_n$  и  $d_k$
2. Отметить точки пересечения следа ватерлинии со следами шпангоутов
3. Измерить горизонтальные расстояния между точками и кривыми  $\omega(z)$
4. Построить Строевую по шпангоутам  $\omega(x)$

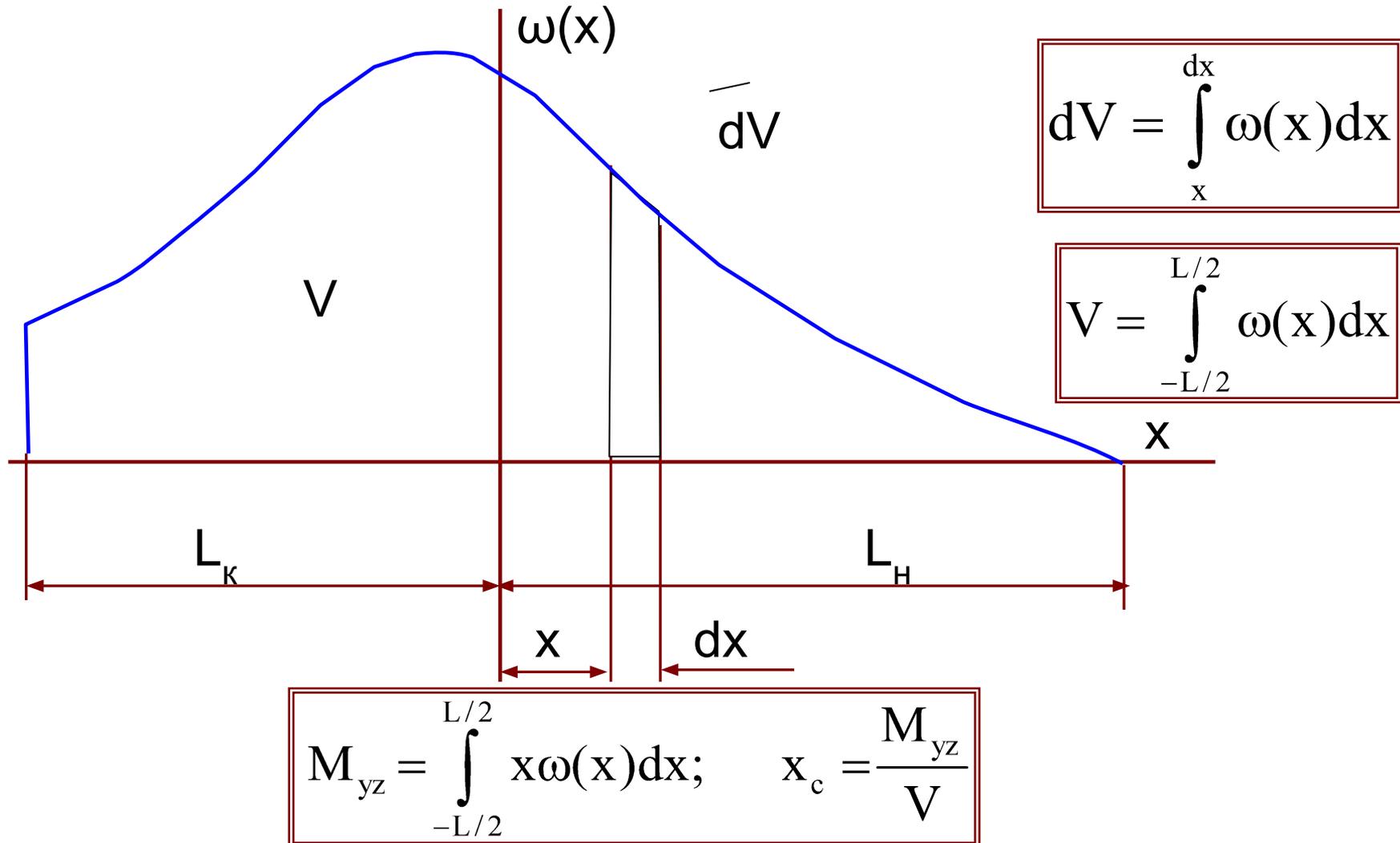
# Использование Масштаба Бонжана



# Использование Масштаба Бонжана



# Строевая по шпангоутам – зависимость $\omega(x)$



Интегралы вычисляются по правилу трапеций:

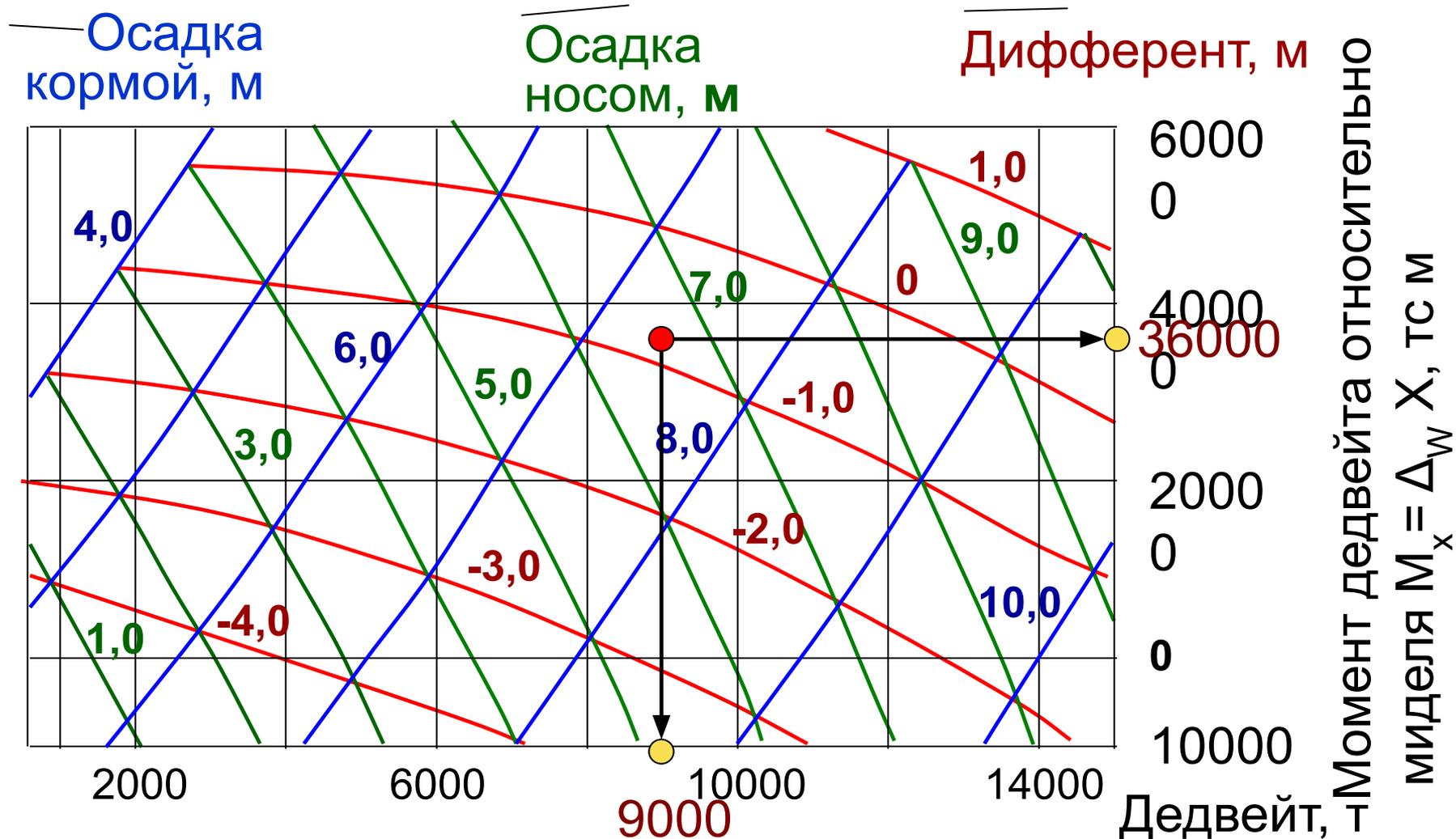
$$V = \Delta L \left\{ \sum_{i=0}^{i=N} \omega_i - \frac{\omega_0 + \omega_N}{2} \right\};$$

$$M_{yz} = \Delta L \left\{ \sum_{i=0}^{i=N} \omega_i X_i - \frac{\omega_0 X_0 + \omega_N X_N}{2} \right\}$$

$i$  – номер теоретического шпангоута;

$N$  – номер последнего шпангоута (обычно  $N=20$ )

# Диаграмма осадок носом и кормой



$d_n = 6,6\text{ м}; d_k = 7,4\text{ м};$   
 дифф. =  $-0,8\text{ м}$  (на корму)

$\Delta_W = 9000 \text{ т}; M_x = 36000 \text{ тс м}$

## 2 Изменения осадки судна вследствие приема-снятия грузов

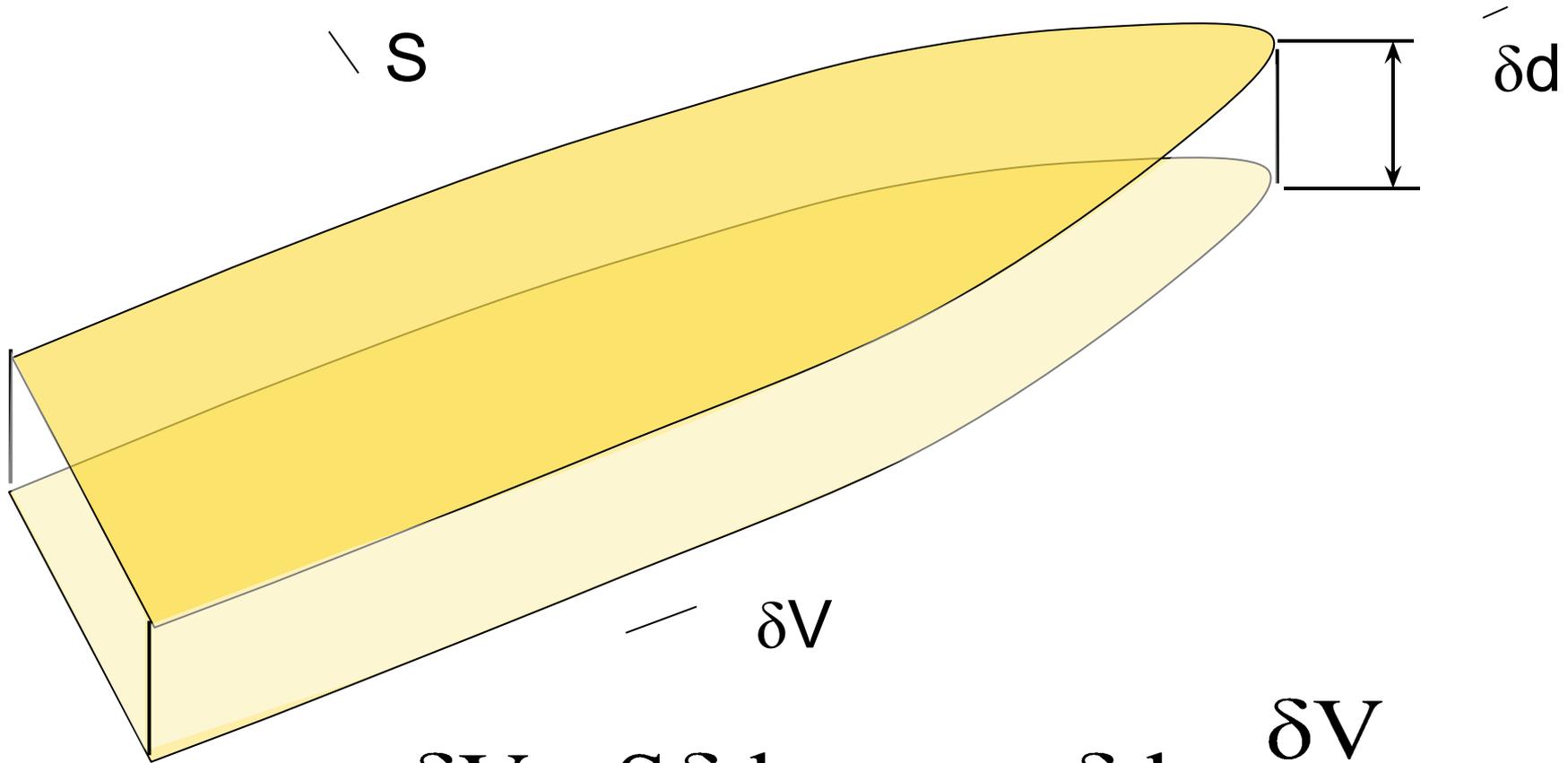
# Прием-снятие малого груза

Груз считается малым, если в результате его приема ватерлиния судна не претерпела больших изменений

Прием (снятие) груза ведет к входу в воду дополнительного непроницаемого объема корпуса

Этот объем при приеме малого груза имеет форму прямого цилиндра

# Дополнительно вошедший в воду объем $\delta V$



$$\delta V = S \delta d;$$

$$\delta d = \frac{\delta V}{S}$$

# Приращение средней осадки

$$\delta d = \frac{\delta V}{S} \quad \text{но} \quad \delta V = \frac{m}{\rho} \quad \text{тогда} \quad \delta d = \frac{m}{\rho S} \quad \text{м}$$

Если  $\delta d = 1,00$  см (0,01 метра), то:

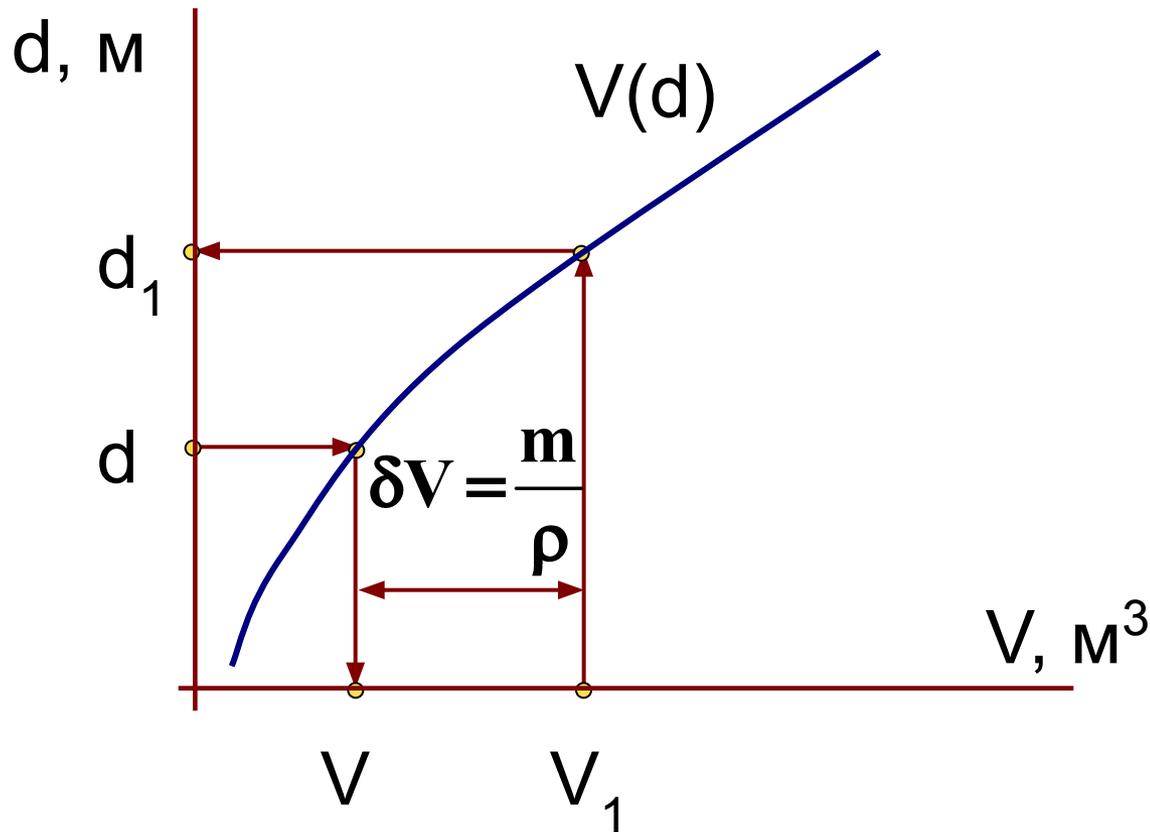
$$0,01 = \frac{m}{\rho S}; \quad m = 0,01\rho S$$

Число тонн на сантиметр осадки  $q$ :

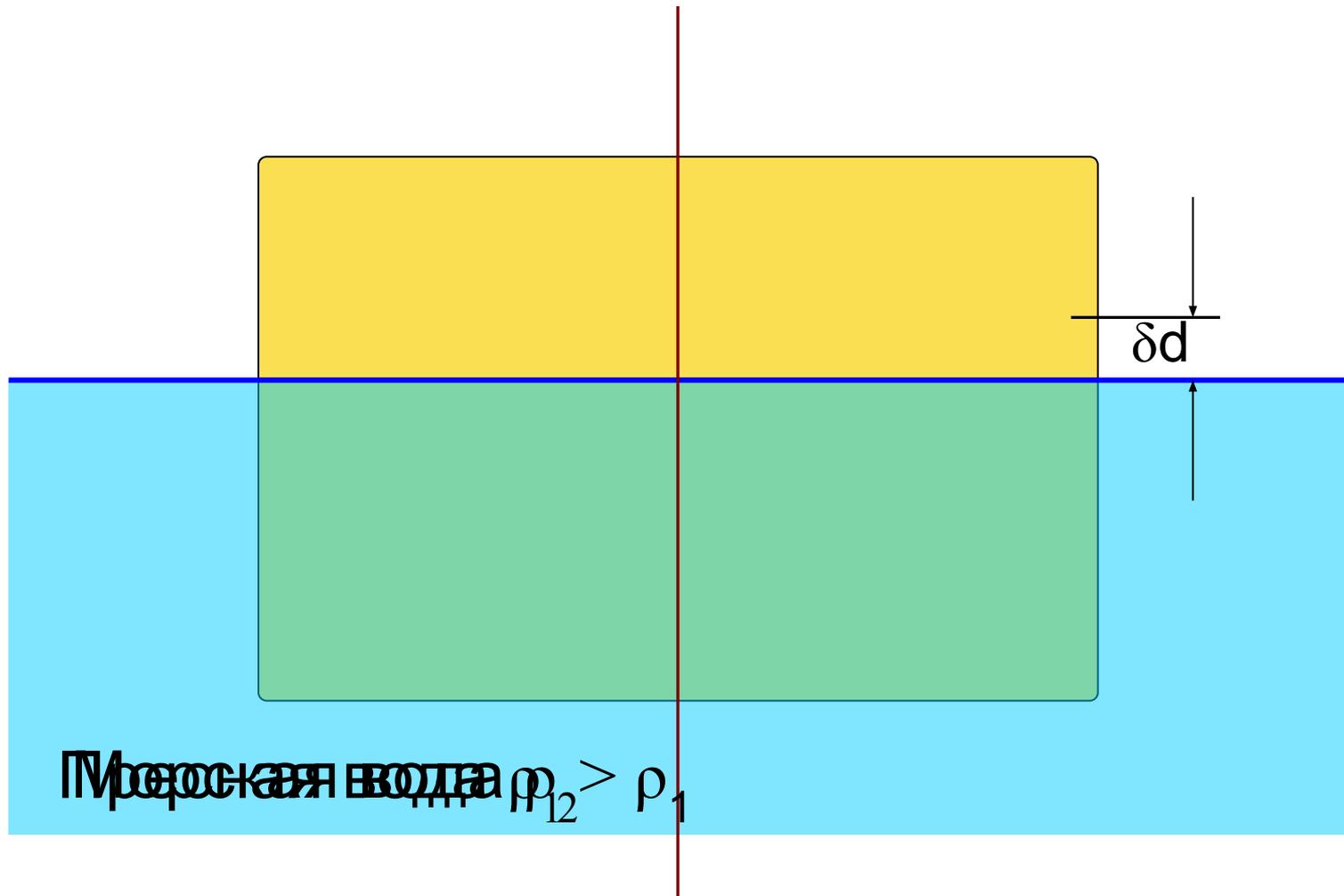
$$q = 0,01\rho S \quad \text{т/см}$$

$m$  – масса принятого (снятого) груза:  $\delta d = \frac{m}{q} \quad \text{см}$

# Определение изменения осадки с помощью грузового размера



# Изменение плотности забортной ВОДЫ



# Приращение осадки при изменении плотности забортной воды

$$\delta d = \frac{V}{S} \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_2}$$

- Вывод формулы – см. Учебник п. 1.6.2
- $\rho_1$  - плотность воды в открытом море
- $\rho_2$  - плотность воды в акватории порта

# Приближенное определение $\delta d$ при изменении плотности воды:

- Если положить для морской воды  $\rho_1 = 1,025 \text{ т/м}^3$ , а для пресной  $\rho_2 = 1,00 \text{ т/м}^3$ , получим:

$$\delta d = \frac{V (\rho_1 - \rho_2)}{S \rho_2} = - \frac{\Delta}{41,7 S}$$

- Для очень приближенных оценок:

$$\delta d = \frac{\Delta}{40 q} \quad \text{см}$$

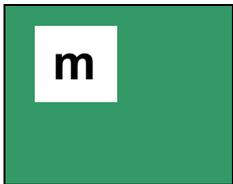
# 3 Запас плавучести

# Запас плавучести

- Запас плавучести – это предельно возможное приращение силы плавучести судна до его полного погружения
- Запас плавучести  $A$  – это надводная часть непроницаемого объема судна

# Запас плавучести

Груз



Плотность  
воды  $\rho$

$$\delta V = \frac{m}{\rho}$$



$A$  - исходный  
 $A_1$  - изменившийся  
запас плавучести

# Относительный запас плавучести

$$n = \frac{A}{V}; \quad \bar{n} = \frac{A}{V} 100\%$$

- Порядок величины запаса плавучести:
  - Пассажирские суда: 80-100%
  - Сухогрузы: 25-30% (в полном грузу)
  - Военные корабли: более 100% (до 150%)

# Грузовая марка

- Грузовая марка – система знаков, наносимая на борта судна в районе мидельшпангоута
- Отметки грузовой марки показывают предельно допустимую высоту надводного борта судна при плавании его в различных условиях

# Диск Плимсоля

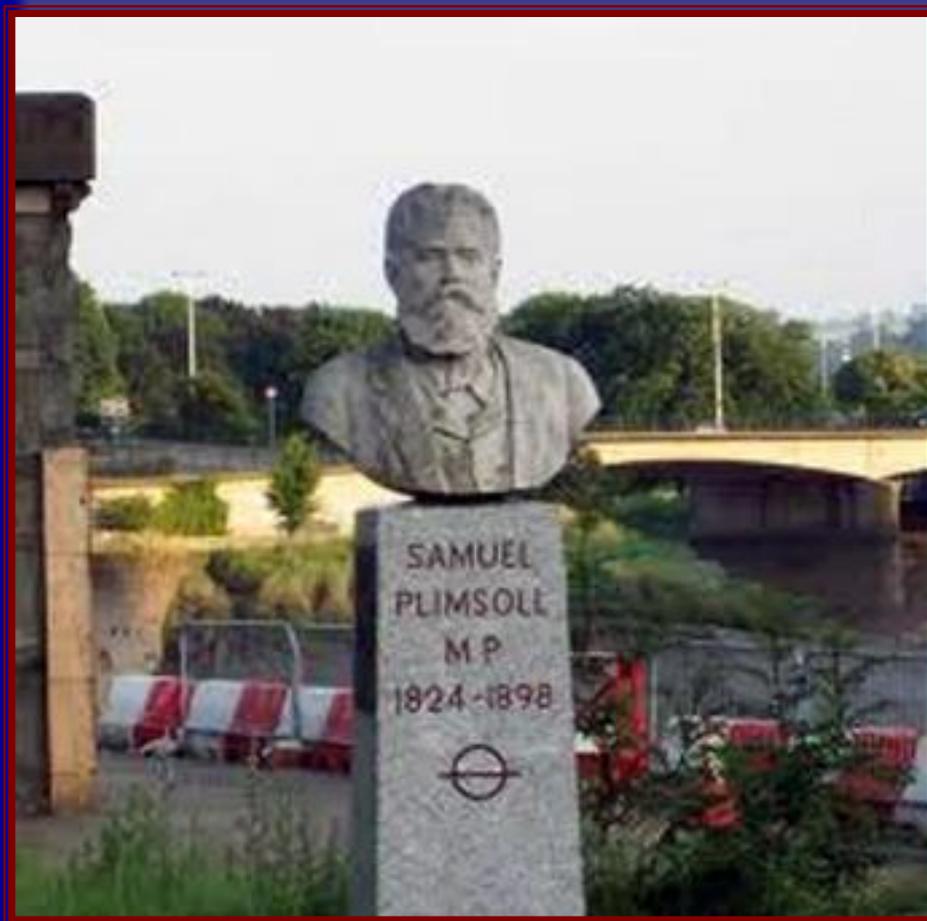
- Член Британского парламента и судовладелец Самюэль Плимсоль разработал законопроект о грузовой марке, принятый в 1876г.
- Владельцы иностранных судов должны были наносить на борта покрашенные диски, обозначающие предельно допустимую ватерлинию в полном грузу

# Конвенция о грузовой марке

- Первая международная конвенция о грузовой марке была принята на международной конференции в Лондоне в 1930 г.
- Тогда же жители Бристоля поставили Плимсолю памятник

# С. Плимсоль

1824 - 1898

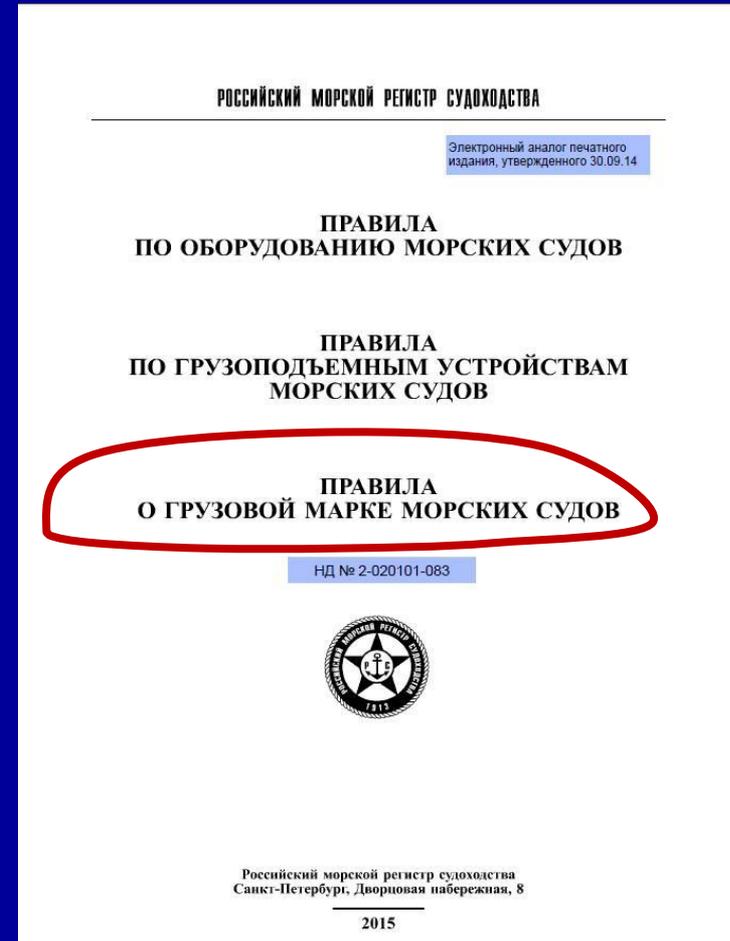


# Правила о грузовой марке

- Грузовая марка введена в действие Международной конвенцией о грузовой марке 1966 г
- Для судов Российского флота действуют «Правила о грузовой марке морских судов» РМРС:
- [www.rs-class.org.ru](http://www.rs-class.org.ru)

# Правила о грузовой марке морских судов

[www.rs-org.ru](http://www.rs-org.ru)



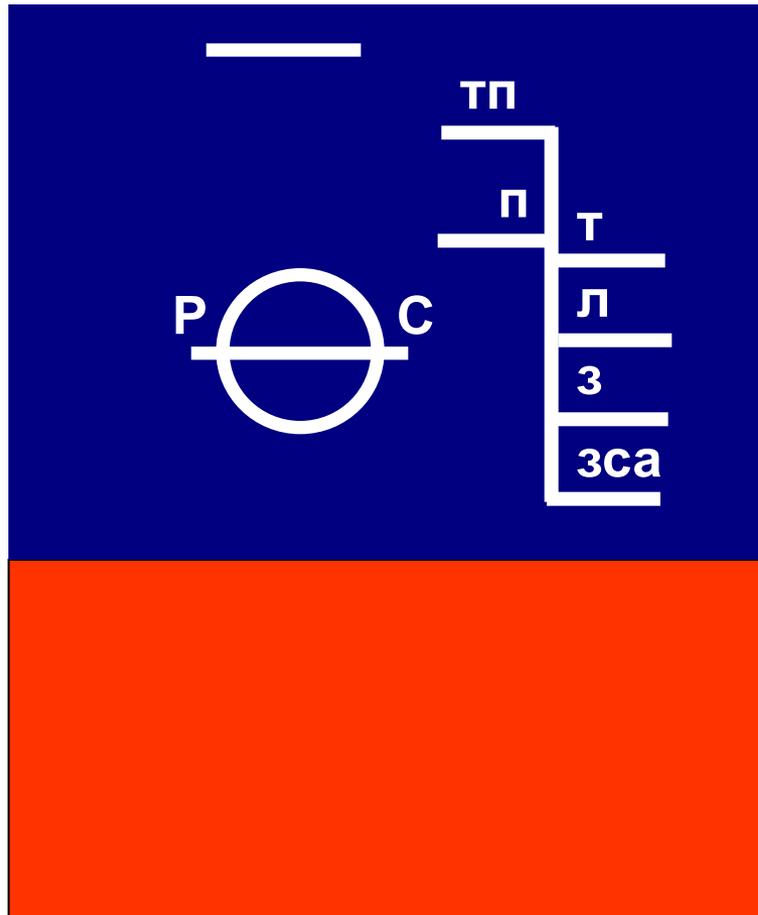
# Международная Конвенция о грузовой марке 1966г

- Судно, к которому применяется настоящая Конвенция, не может выйти в море в международный рейс, если оно не было освидетельствовано, ему не была нанесена грузовая марка и не выдано Международное свидетельство о грузовой марке или, когда необходимо, Международное свидетельство об изъятии для грузовой марки в соответствии с положениями настоящей Конвенции.
- Ничто в настоящей Конвенции не препятствует Администрации назначать больший надводный борт, чем минимальный надводный борт, определенный в Приложении к Конвенции.

# Общий вид грузовой марки

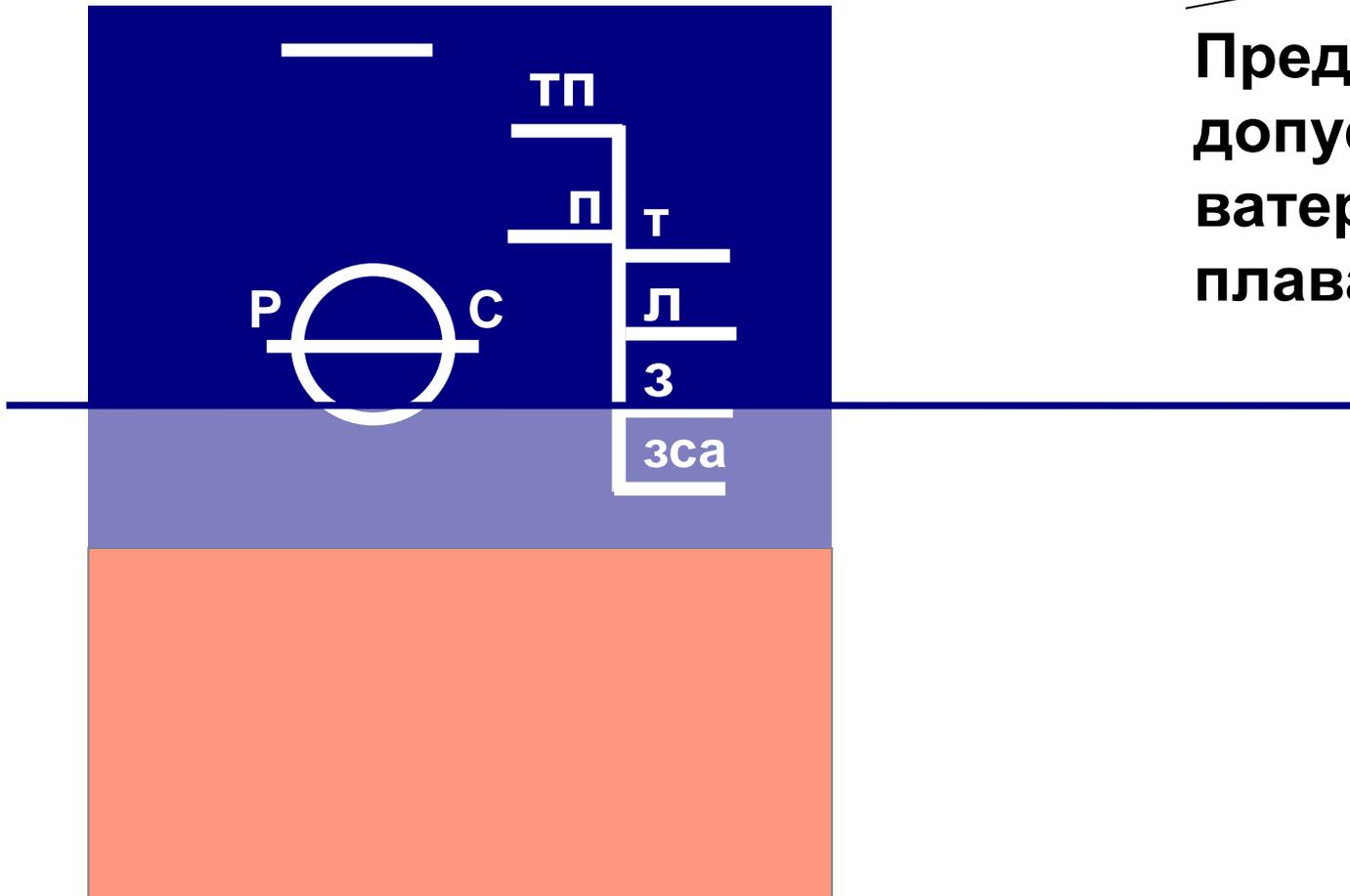
Палубная линия

Знак  
грузовой  
марки



ТП (TF)– тропики, в пресной воде;  
П (F)– в пресной воде;  
Т (T)– в тропиках;  
Л (S)– летом;  
З (W)– зимой;  
ЗСА (WNA)– зимой в северной Атлантике (для судов, имеющих длину менее 100м).

# Использование грузовой марки



Предельно  
допустимая  
ватерлиния при  
плавании зимой

# Правила о грузовой марке

- Правилами о грузовой марке предусмотрены изъятия и исключения
- Ряд изъятий дает возможность в определенных случаях судам не иметь грузовой марки
- Два исключения дают возможность выхода в рейс с «утопленной» маркой

# ИЗЪЯТИЯ

- Суда, совершающие международные рейсы между близлежащими портами двух или более стран, могут быть освобождены от выполнения требований Конвенции, пока они совершают такие рейсы
- Правительства стран, в которых расположены эти порты, должны признать, что благодаря безопасному характеру или условиям таких рейсов применение требований Конвенции к этим судам является нецелесообразным или излишним

# ИЗЪЯТИЯ

- Судно, не совершающее, как правило, международных рейсов, но которое при исключительных обстоятельствах должно совершить единственный международный рейс, может быть освобождено от выполнения любого из требований Конвенции при условии, что это судно отвечает требованиям безопасности, являющимся достаточными для выполнения упомянутого рейса

# ИЗЪЯТИЯ

- Два других случая возможного изъятия относятся к:
- Судам, имеющим новые конструктивные особенности
- Судам ограниченных районов плавания R1, R2, R2-RSN, R2-RSN(4,5), R3-RSN или R3, при исключительных обстоятельствах совершающих единичный рейс вне установленного района плавания

# Исключения в правилах о ГМ

- При погрузке в пресной воде ГМ может быть погружена в воду на величину поправки для пресной воды, указываемой в судовом Свидетельстве о ГМ

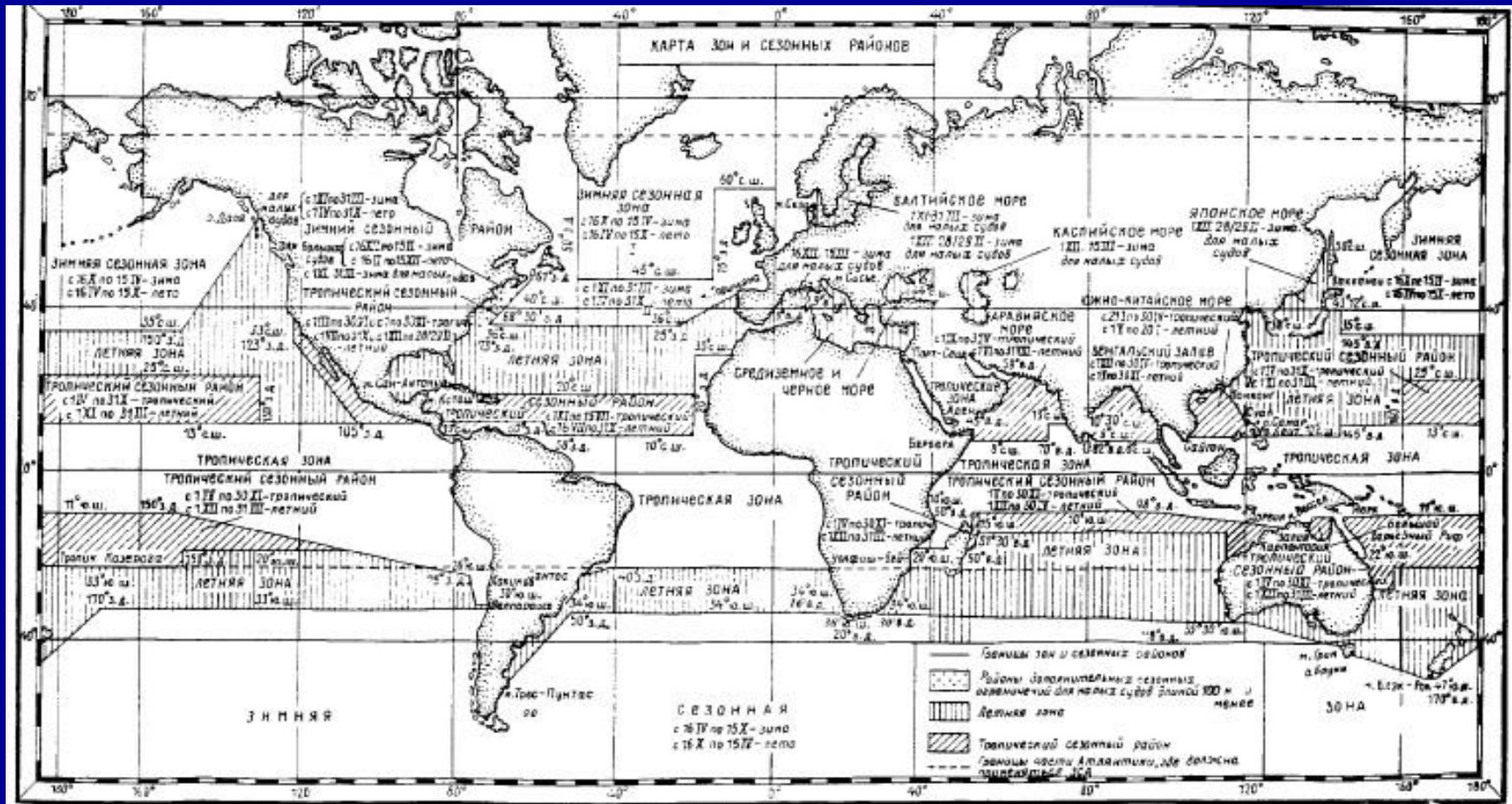
# Исключения в правилах о ГМ

- Если судно отправляется из порта, расположенного на реке или во внутренних водах допускается его большая загрузка соответственно массе топлива и запасов, которые будут израсходованы судном между портом отправления и морем.

Сезонные зоны и районы в основном определяются следующими критериями:

- Летние — не более 10 % времени с ветром силой 8 баллов по шкале Бофорта (34 уз.) и более
- Тропические — не более 1 % времени с ветром силой 8 баллов по шкале Бофорта (34 уз.) и более, а также не более одного тропического шторма за 10 лет в любом отдельном календарном месяце на любой площади  $5^\circ$  по долготе  $5^\circ$  по широте

# Карта зон и сезонных районов



# Задание на самостоятельную работу

- «Теория судна. Статика» п.п. 1.5; 1.6;  
1.7

Изучить

Конец