

ГМА им. адмирала С.О. Макарова  
Кафедра ТУС

Коротков Б.П.

Теория судна. Статика

Лекция № 1

Геометрия корпуса судна



# Вопросы лекции:

1. Общие понятия о мореходных качествах судна
2. Значение мореходности в профессиональной деятельности судоводителя
3. Геометрия корпуса судна

# 1. Общие понятия о мореходных качествах судна

- Мореходные качества судна – это совокупность свойств, присущих судну, как движущемуся в воде упругому телу:
    - Плавучесть
    - Остойчивость
    - Непотопляемость
    - Ходкость
    - Управляемость
    - Мореходность (качка)
- 
- ```
graph LR; A[Плавучесть] --- B[Остойчивость]; B --- C[Непотопляемость]; C --- D[Статика судна]; D --- E[Ходкость]; E --- F[Управляемость]; F --- G[Мореходность (качка)]; G --- H[Динамика судна];
```

# 1. Общие понятия о мореходных качествах судна

- Объектами профессиональной деятельности моряков являются корабли, суда, средства океанотехники
- Общее для всех этих инженерных сооружений: свои функции они выполняют плавая в воде, на ее поверхности или в погруженном состоянии

# 1. Общие понятия о мореходных качествах судна

- Все корабли, суда, средства океанотехники должны удовлетворять совокупности мореходных качеств
- Предмет теории судна составляет изучение мореходных качеств

# История развития науки о мореходности

- **Архимед** около 2300 лет назад сформулировал закон, на котором базируются плавучесть и остойчивость судна.
- В 1666 году английский судостроитель **Энтони Дин** предсказал осадку судна до его спуска на воду. Дин прорезал пушечные порты судна "Ripperet" на стапеле, он же ввел правило взвешивания всех частей корпуса строящегося судна, и грузов, входящих в оснастку.

# Первые научные труды в области мореходности

- Труды академика Российской Академии наук **Леонарда Эйлера** и французского астронома **Пьера Бугера** (середина 18 в.)
- Экспериментальные исследования сопротивления воды движению судов: **Франция, 1770 г. и Англия, 1795-1798 гг.**
- Настоящее развитие теории судна - начало строительства судов с металлическими корпусами и механической двигательной установкой (вторая половина XIX в)

# Основоположники науки теории корабля

- Английский инженер **Эдвард Джеймс Рид** первым обратил внимание на роль высоты надводного борта в обеспечении остойчивости.
- Английский инженер-кораблестроитель **Уильям Фруд** - основоположник научного метода определения сопротивления воды движению судна.



# Вклад российских ученых в развитие теории судна

- Академик Алексей Николаевич Крылов – основоположник теории качки судна
- Вклад соотечественников в развитие учения о непотопляемости судна:
  - С.О. Макаров, А.Н. Крылов, И.Г. Бубнов, В. Г. Власов, Ю.А. Шиманский, В.В. Семенов-Тян-Шанский, С.Н. Благовещенский, Д.В. Дорогостайский и др.

# Вклад российских ученых в развитие теории судна

- Ходкость: Д.И. Менделеев, Н.Е. Жуковский, Н.Е. Кочин, Э.Э. Папмель, В.М. Лаврентьев и др.;
- Качка: В.Г. Власов, М.Д. Хаскинд, А.Н. Холодилин, В.В. Луговский и др.;
- Управляемость: К.К. Федяевский, А.М. Басин, В.В. Рождественский, Ф.М. Кацман и др.

# А.Н. Крылов:

- «Часто истинная причина аварии кораблей лежала не в действии неотвратимых и непреодолимых сил природы, не в "неизбежных случайностях на море ", а в непонимании основных свойств и качеств судна, несоблюдении правил службы и самых простых мер предосторожности, непонимании опасности, в которую корабль ставится, в небрежности, отсутствии предусмотрительности...".

## 2. Значение мореходности в профессиональной деятельности

- Ответственность за значительное количество морских аварий и катастроф лежит на экипажах судов:
  - Гибель т/х «Andrea Doria»
  - Гибель т\х «Адмирал Нахимов»
  - Гибель паромов «Gerald Of Free Enterprise», «Эстония»
  - Опрокидывание в результате неграмотного спрямления плавбазы «Александр Обухов»

## 2. Значение мореходности в профессиональной деятельности

- Ответственность за значительное количество морских аварий и катастроф лежит на экипажах судов:
  - Гибель лайнера «Explorer»
  - Гибель парома «Sea Diamond»
  - Гибель пассажирского судна «Булгария»
  - Гибель платформы «Кольская»
  - Гибель лайнера «Costa Concordia»
  - Гибель парома «Sewol»

# Кодекс торгового мореплавания

- На капитана судна возлагается управление судном, в том числе судовождение, принятие мер по обеспечению безопасности плавания судна....

# Значение мореходности в профессиональной деятельности

- Капитан судна несет ответственность:
  - За правильность выполнения всех процедур при загрузке судна;
  - Контроль и поддержание плавучести, остойчивости и прочности судна в рейсе;
  - Выбор режима хода (курса, скорости), обеспечивающего безопасность судна и экипажа при плавании в тяжелых погодных условиях.

# Порядок изучения курса «Теория судна»

- 6 семестр – Статика судна:
  - Плавучесть;
  - Остойчивость;
  - Непотопляемость

Экзамен
- 7 семестр – Динамика судна:
  - Основы гидромеханики;
  - Ходкость;
  - Мореходность (качка);
  - Управляемость

Курсовая работа  
Зачет без оценки  
Экзамен  
(ИТОГОВЫЙ)



# Основная учебная литература

1. Теория судна. Статика. – СПб.: изд. ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2009
2. Теория и устройство судов. Под ред. проф. Ф.М. Кацмана. Л. «Судостроение», - 1991



# Дополнительная литература

1. Крылов А.Н. Мои воспоминания. Л. «Судостроение», - 1979
3. Правила классификации и постройки морских судов т. 1. Российский Морской регистр судоходства. С-Пб, - 2007
4. Правила о грузовой марке морских судов. Российский Морской регистр судоходства. С-Пб, - 1999

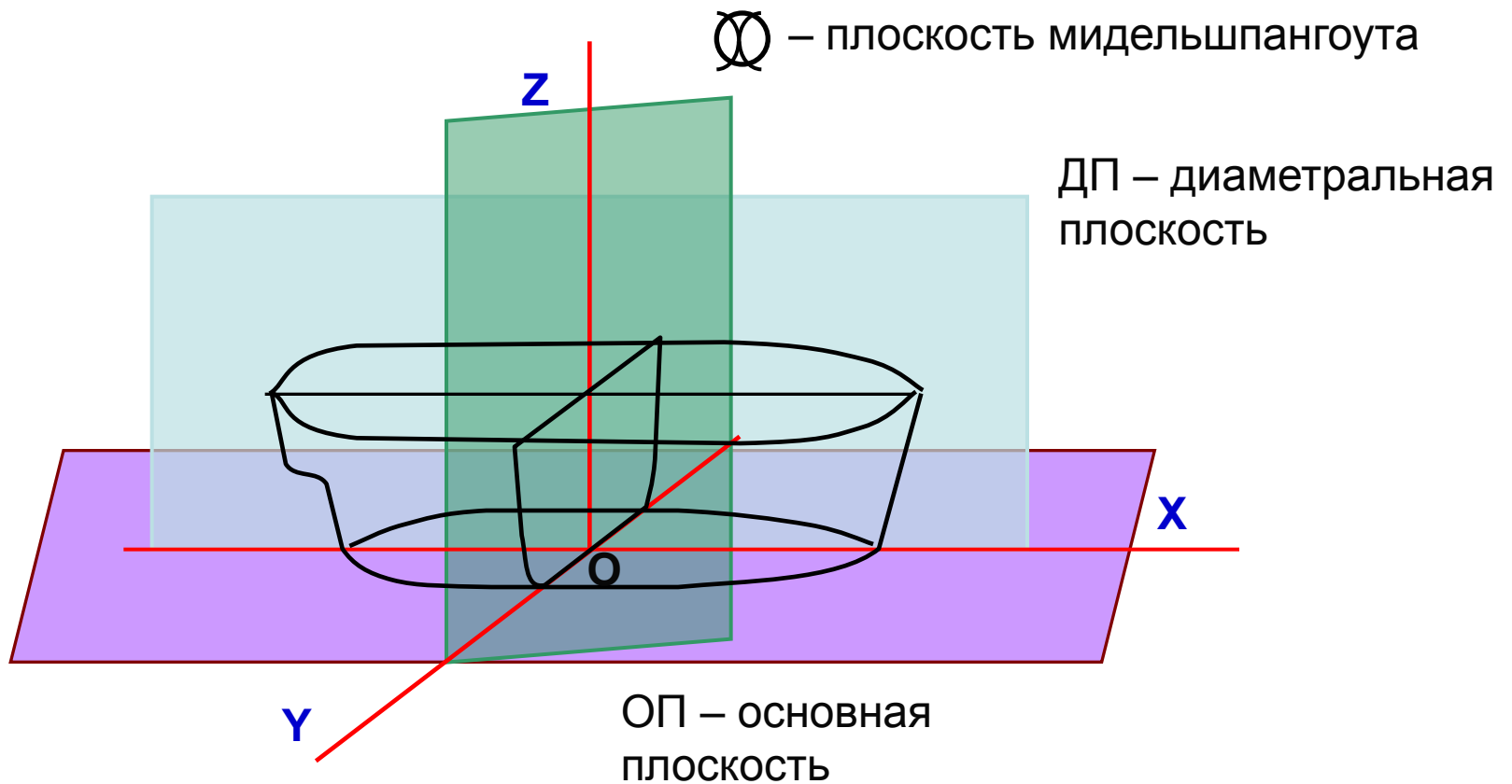
# 3. Геометрия корпуса судна

- **Определения:**
  - **Поверхность спокойной (тихой) воды** – горизонтальная поверхность, совпадающая с поверхностью воды в спокойном, невозмущенном состоянии.
  - **Ватерлиния** – сечение поверхности корпуса плоскостью спокойной воды.
  - **Грузовая ватерлиния (ГВЛ)** – ватерлиния судна с полным грузом.

# Мореходные свойства зависят от размеров и формы корпуса судна

- Теоретическим чертежом (ТЧ) называется графическое изображение наружной поверхности корпуса судна в виде суммы проекций сечений корпуса тремя системами плоскостей

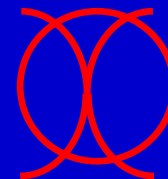
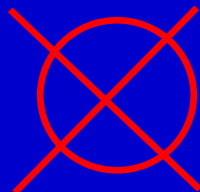
# Формирование плоскостей ТЧ и системы координат



# Главные плоскости ТЧ:

- **Диаметральная плоскость (ДП)** – продольная плоскость симметрии, делящая корпус судна на две половины: правую и левую.
- **Плоскость мидель-шпангоута (миделя)** – поперечная плоскость, перпендикулярная ДП, расположенная посередине расчетной длины корпуса.

Обозначается:



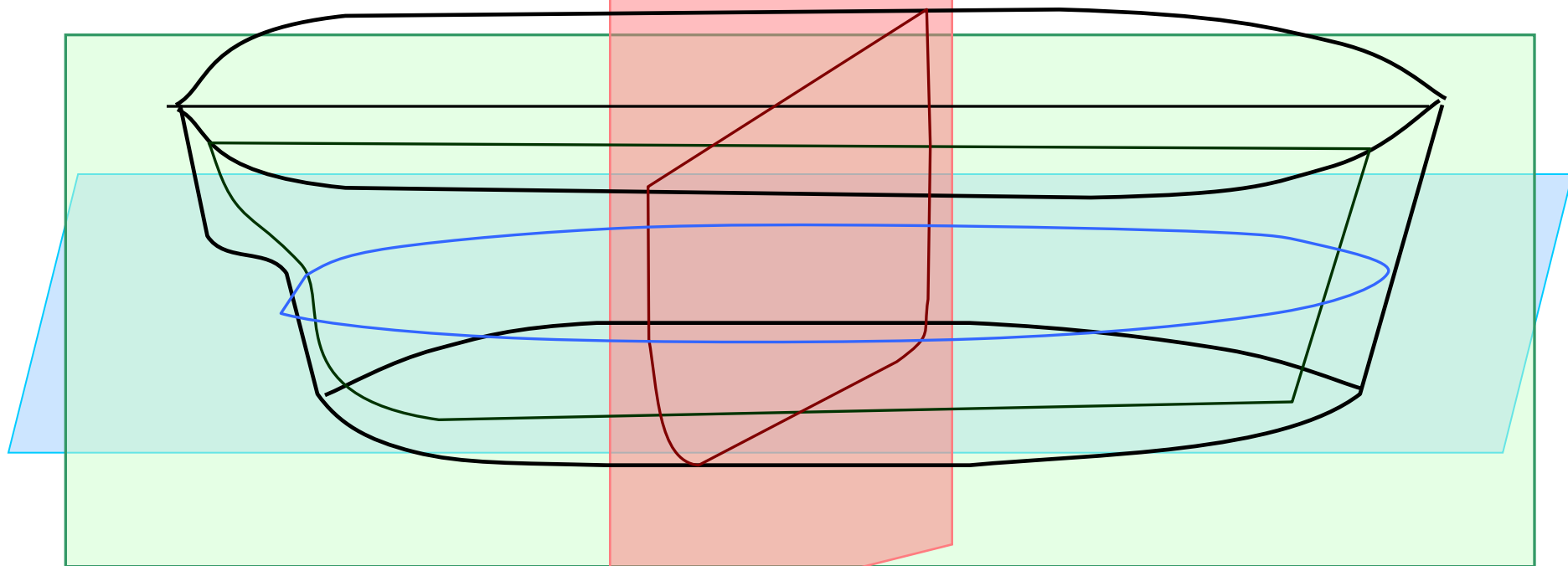
# Главные плоскости ТЧ:

**Основная плоскость (ОП)** –плоскость, перпендикулярная плоскостям ДП и миделя и проходящая через точку их пересечения с теоретической поверхностью корпуса в днищевой части

# Формирование ТЧ

Батокс

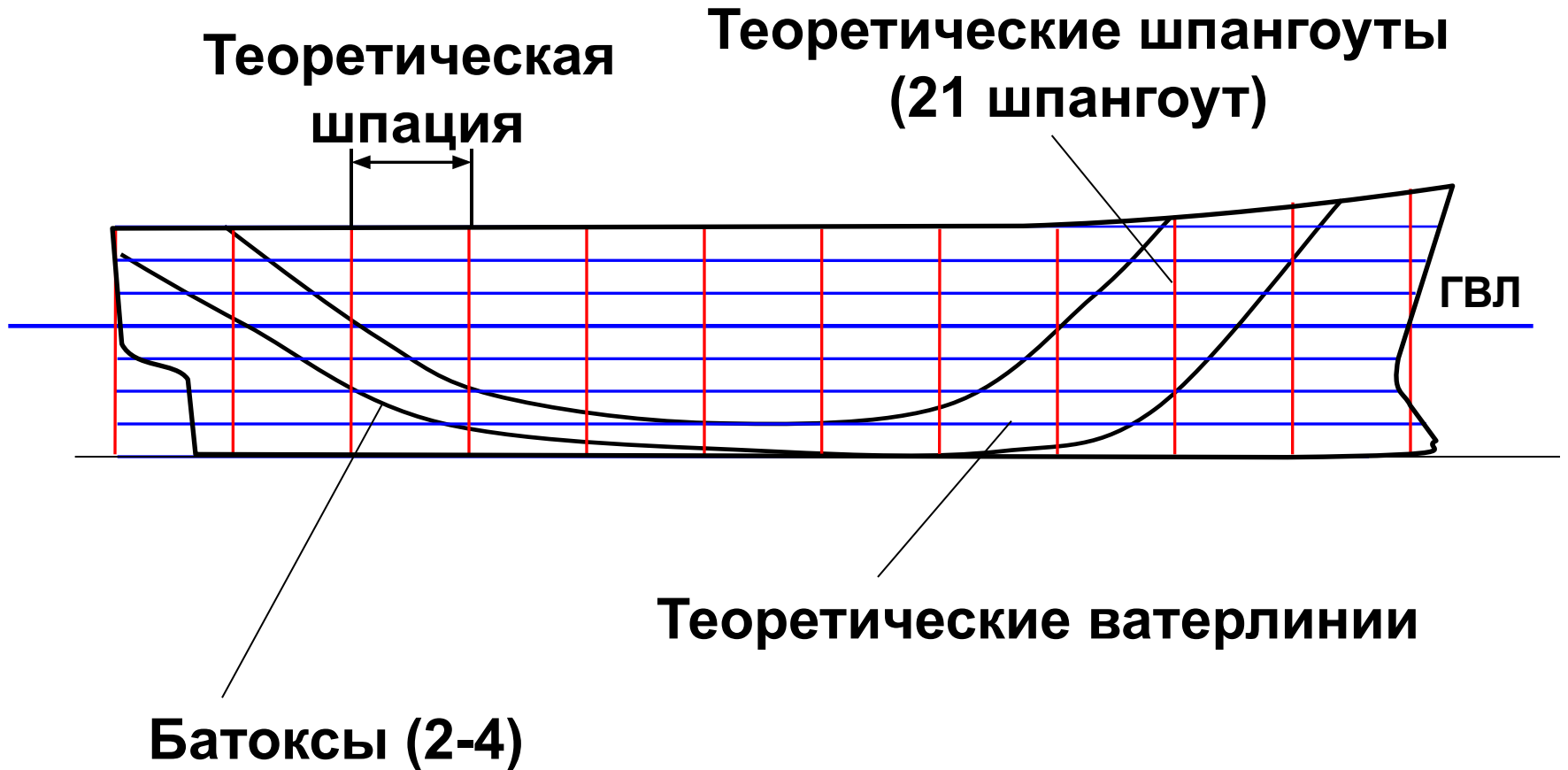
Теоретический  
шпангоут



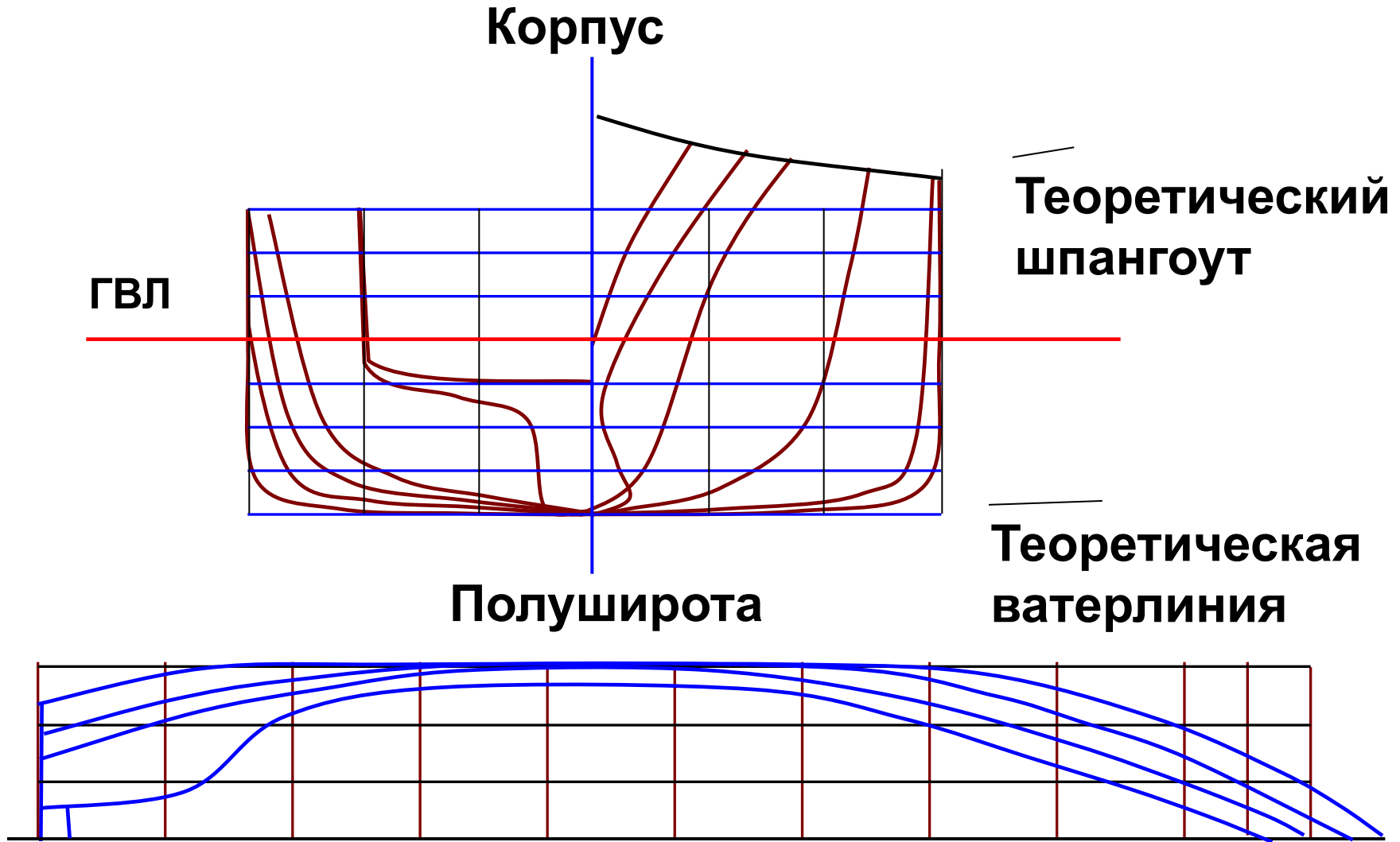
Теоретическая  
ватерлиния



# Проекция ТЧ Бок



# Проекции ТЧ



# Теоретический чертеж судна

- Кроме графического изображения ТЧ в трех проекциях в настоящее время в составе проектной (иногда и судовой) документации его представляют в виде таблиц числовых значений координат ТЧ
- Электронная версия отчетной документации содержит файл значений координат ТЧ

# Главные размерения и коэффициенты ТЧ

- **Главные размерения и коэффициенты** – это обобщенные характеристики формы и размеров корпуса
- **Две группы размерений:**
  - Конструктивные - обычно играющие роль габаритных размеров
  - Размеры, характеризующие деление корпуса судна на надводную и подводную части

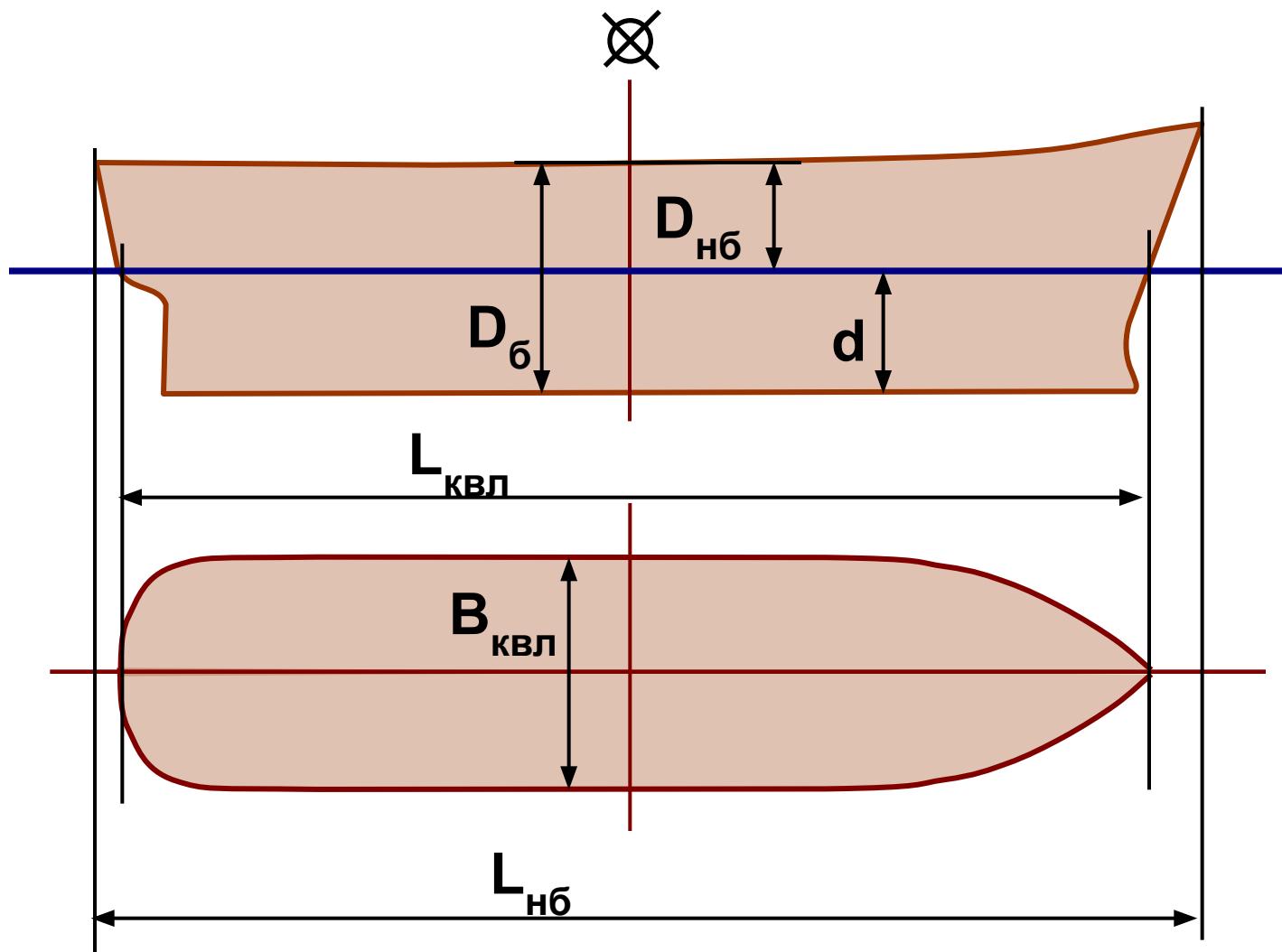
# Главные размерения и коэффициенты ТЧ

- Конструктивная ватерлиния (КВЛ) – это основная расчетная ватерлиния судна, соответствующая расчетной ватерлинии полного водоизмещения судна.
- Грузовая ватерлиния (ГВЛ) – это ватерлиния, соответствующая конкретному варианту загрузки судна

# Главные размеры

- Главные размеры первой группы:
  - $L_{нб}$  – наибольшая длина;
  - $B_{нб}$  – наибольшая ширина;
  - $D_{б}$  – высота борта (Н, К, мидель)
- Главные размеры второй группы:
  - $L_{квл}$  (часто  $L$ ) – длина по ватерлинии;
  - $B_{квл}$  и  $d_{квл}$  – ширина и осадка по КВЛ;
  - $D_{нб}$  – высота надводного борта ( Н, К, мидель)

# Главные размеры



# Коэффициенты ТЧ

- Коэффициенты ТЧ – это безразмерные величины, характеризующие основные особенности формы корпуса судна
- Они подразделяются на отношения главных размеров и коэффициенты полноты



# Основные коэффициенты ТЧ

$\frac{L}{B}$  – **Относительное удлинение**

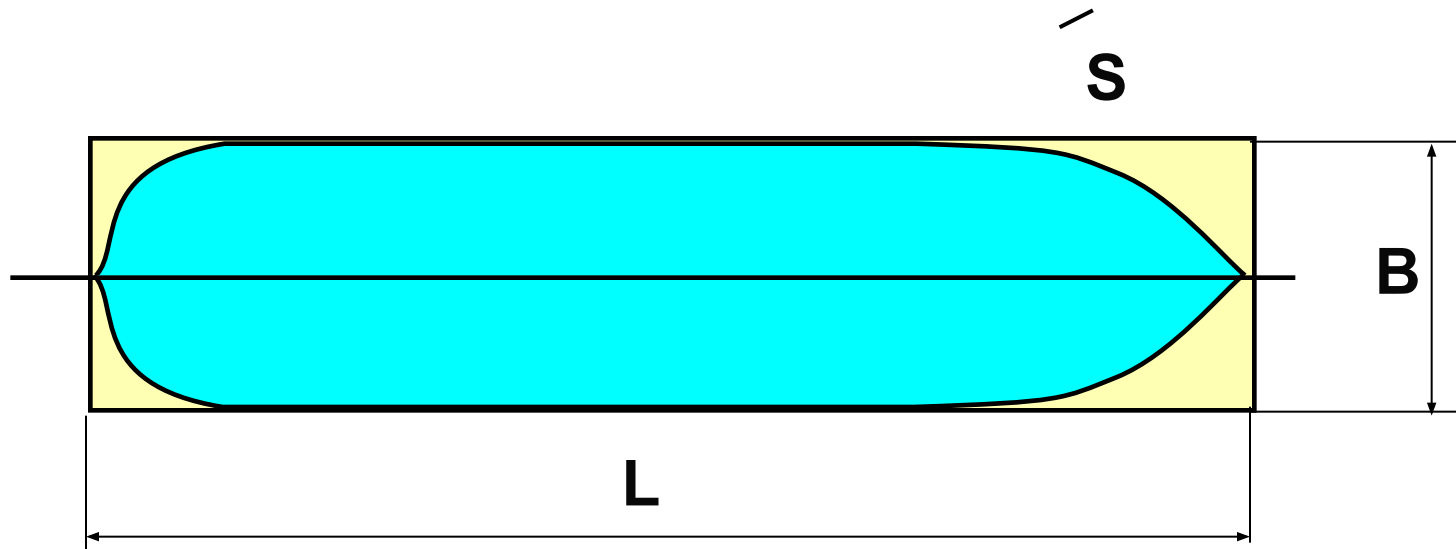
$\frac{B}{d}$  – **Отношение ширины судна к осадке**

$\alpha = \frac{S}{LB}$  – **Коэффициент полноты ватерлинии**

$\beta = \frac{\omega}{B_{\omega}d}$  – **Коэффициент полноты мидельшпангоута**

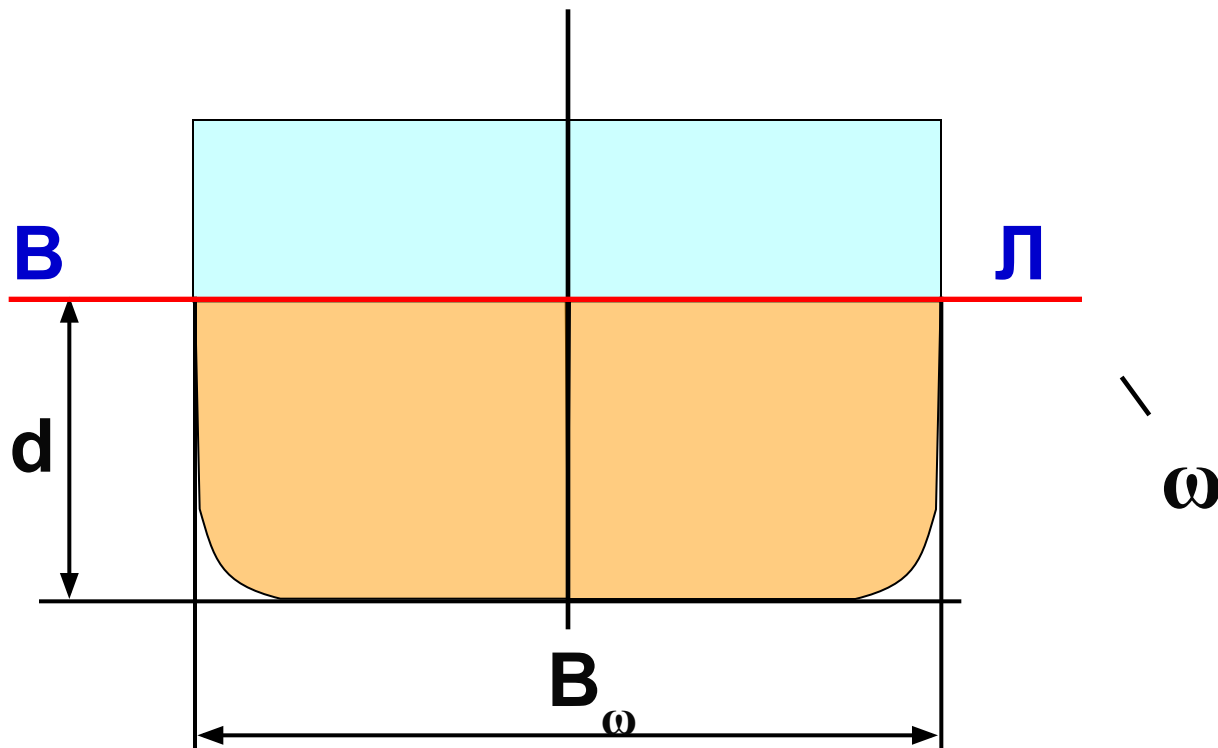
$C_b = \frac{V}{LBd}$  – **Коэффициент общей полноты**

# Коэффициент полноты ватерлинии



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

# Коэффициент полноты мидельшпангоута



$$\beta = \frac{\omega}{B_{\omega} d}$$

**ω** - площадь погруженной части  
шпангоута

# Коэффициенты полноты для судов различных типов

| Тип судна    | Коэффициенты ТЧ |               |               |           |               |
|--------------|-----------------|---------------|---------------|-----------|---------------|
|              | $\frac{L}{B}$   | $\frac{B}{d}$ | $\alpha$      | $\beta$   | $C_b$         |
| Пассажирские | 7,9-10,0        | 2,0-2,8       | 0,70-0,8<br>1 | 0,85-0,96 | 0,45-0,7<br>1 |
| Сухогрузы    | 4,7-7,5         | 1,9-2,9       | 0,75-0,8<br>7 | 0,85-0,98 | 0,60-0,8<br>5 |
| Буксиры      | 3,5-6,5         | 2,0-5,0       | 0,68-0,8<br>3 | 0,75-0,84 | 0,40-0,6<br>0 |

# Посадка судна

- Посадкой судна называется равновесное положение плавающего судна относительно поверхности спокойной воды.
- Посадка судна определяется положением его ватерлинии относительно корпуса

# Посадка судна

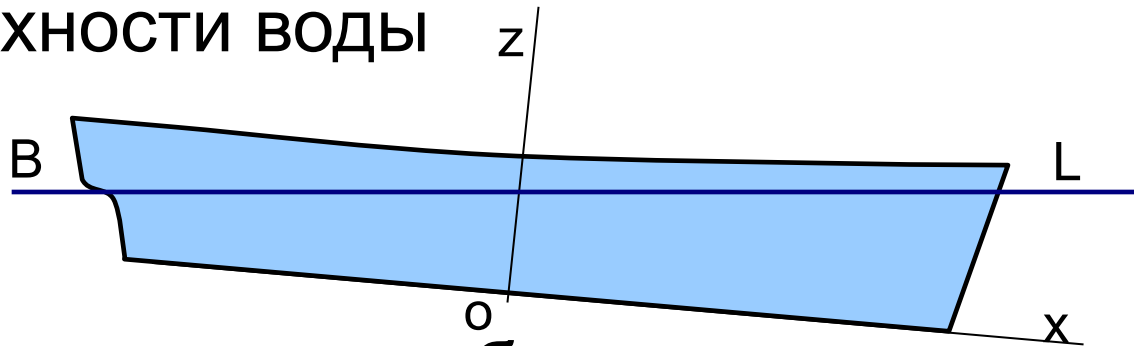
- Посадка судна характеризуется *параметрами посадки*, к которым относят:
- $d$  – средняя осадка – измеренное вдоль оси  $Oz$  расстояние от ОП до точки пересечения ватерлинии с этой осью;
- $\psi$  – угол дифферента;
- $\theta$  – угол крена.

# Посадка судна

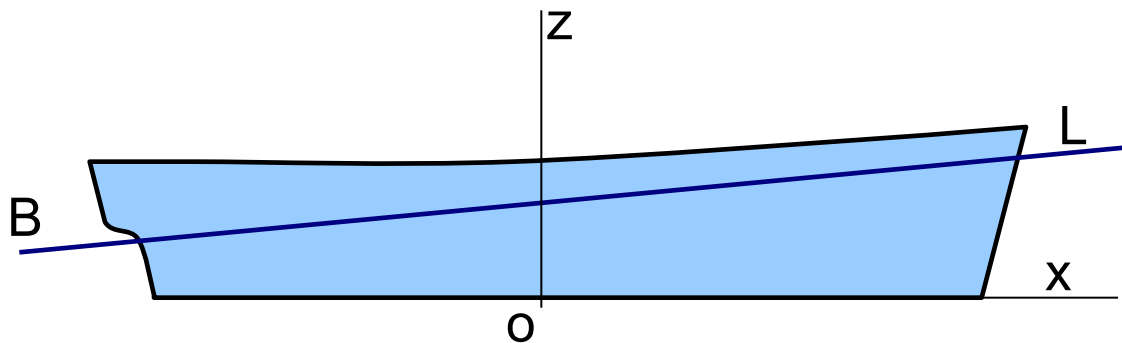
- Положительный угол крена соответствует наклонению судна на правый борт, положительный угол дифферента – наклонению судна на нос.
- Принято изображать судно вместе с осями связанной системы координат так, чтобы ОП была горизонтальной.

# Изображение судна, сидящего с дифферентом

а) Истинное положение судна относительно поверхности воды

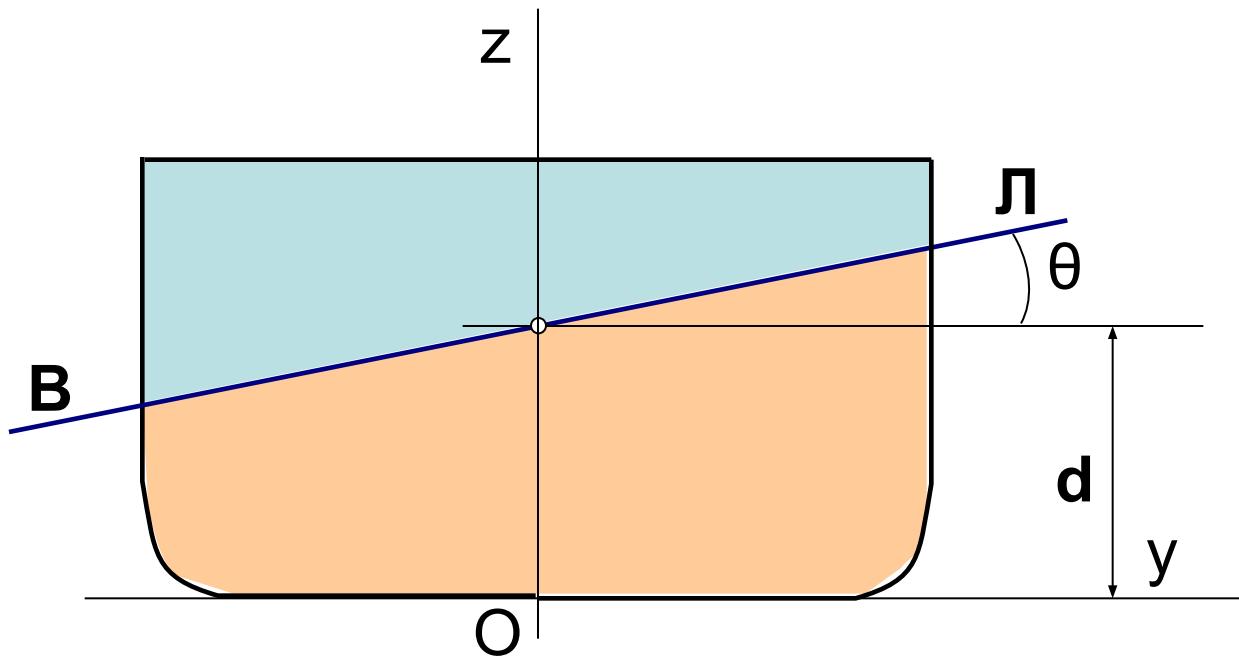


б) Общепринятое изображение судна, сидящего с дифферентом на нос





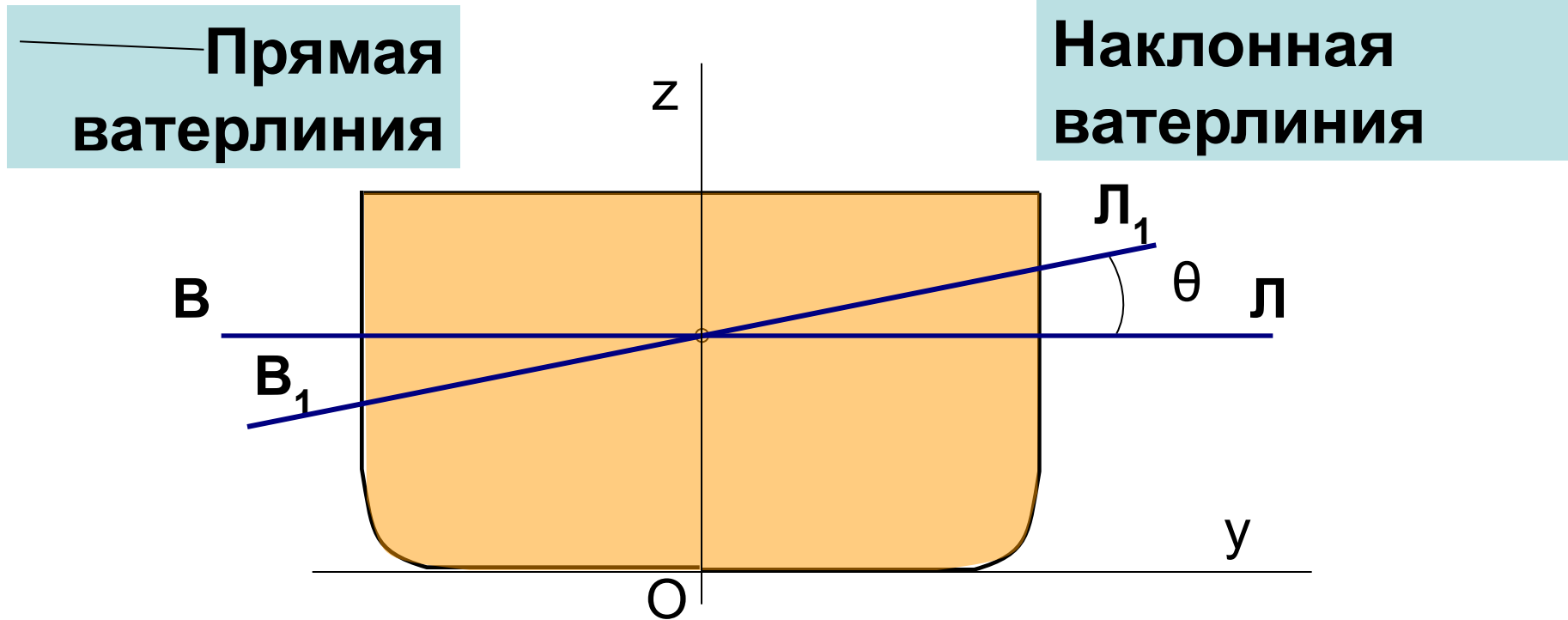
# Средняя осадка и угол крена



# Посадка судна

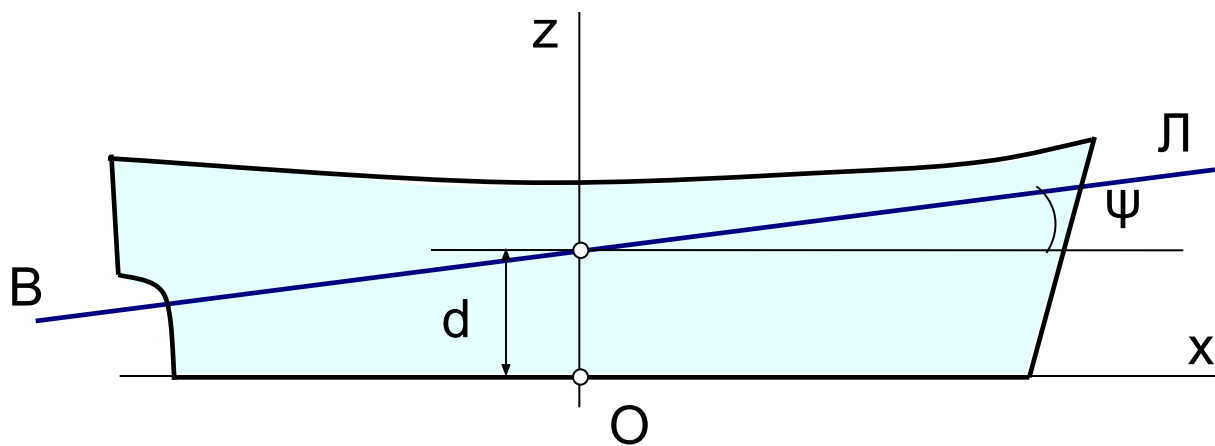
- Ватерлинии, параллельные ОП, называют прямыми
- Ватерлинии, не параллельные ОП, называют наклонными

# Наклонные и прямые ватерлинии



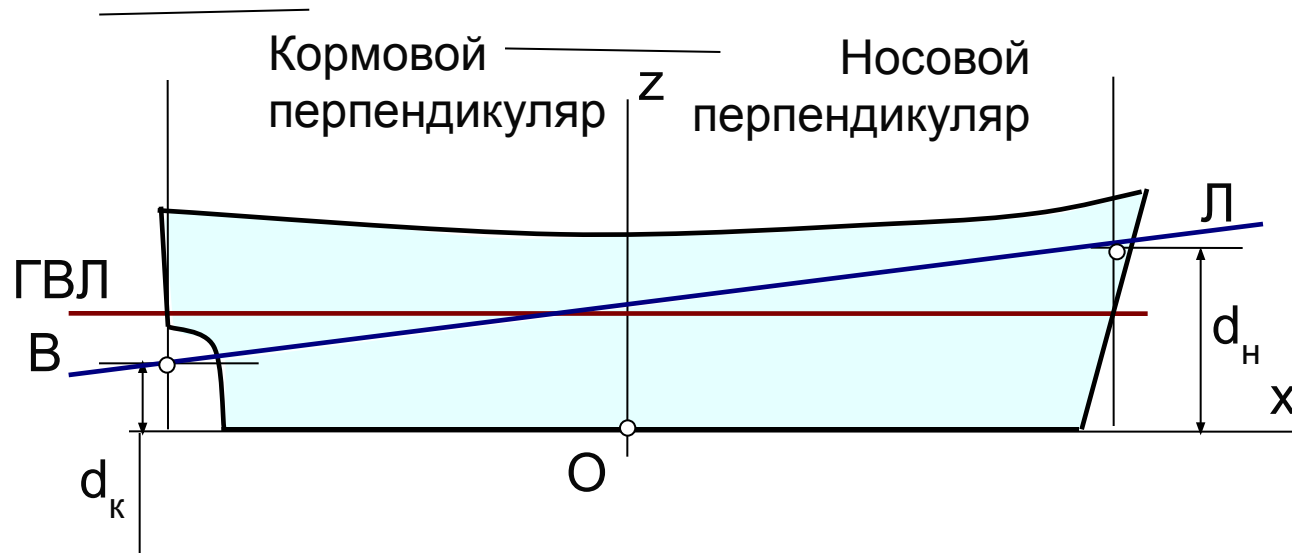
# Посадка прямо, с дифферентом

## Угол дифферента - $\Psi$



# Посадка прямо, с дифферентом

Осадки носом и кормой:  $d_H$  и  $d_K$



$$\text{Дифферент} = d_H - d_K$$

# Посадка прямо, с дифферентом

Дифферент  $d$ ;  $d_H - d_K$

$$d_H = d + \frac{L}{2} \operatorname{tg} \psi; \quad d_H - d_K = L \operatorname{tg} \psi;$$

$$d_K = d - \frac{L}{2} \operatorname{tg} \psi;$$

# Марки углублений

1. Обозначают осадку по нижнюю кромку горизонтального кия арабскими цифрами в дм (м) или римскими в фт.
2. Наносятся на корпус судна по ПБ и ЛБ:
  - в носовой и в кормовой частях (часто на транце);
  - в районе мидель - шпангоута
3. Отстоят по высоте друг от друга на 100 - 200 мм



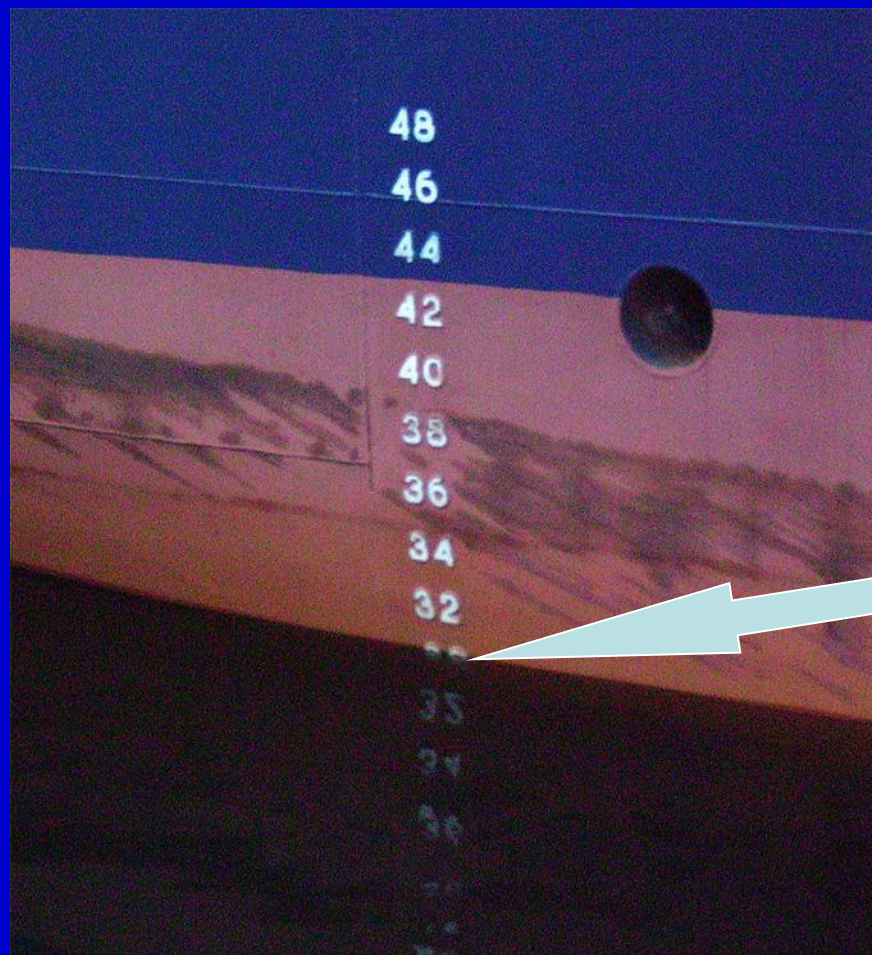
Марки углублений



# Марки на транце судна



# Марки в районе мидельшпангоута



Осадка равна 3,08 м

Осадки, измеренные по маркам,  
отличаются от теоретических:

- А) На толщину горизонтального кия
  - Б) Вследствие несовпадения их с 0, 10 и 20-м теоретическими шпангоутами
- В «Информации капитану» содержится инструкция по замеру осадок с помощью марок углублений

# Приборы для определения посадки судна

- Кренометры и дифферентометры:
  - Механические маятникового и пузырькового типов, работающие только на тихой воде;
  - Демпфированные, позволяющие определять среднее по времени значение углов крена и дифферента во время качки судна;

# Приборы для определения посадки судна

- Измерители осадки (осадкомеры):
  - Гидростатические, по принципу сообщающихся сосудов;
  - Гидростатические, использующие в качестве измерительного элемента датчики давления.

# Задание на самоподготовку

«Теория судна». Статика 2009 г.

1. Проработать материал п.п. 1.1 и 1.2
2. Законспектировать п.п. 1.2.1, 1.2.2

Конец