

ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова

Факультет навигации и связи

Теория судна

Статика

Лекция №4

Общие понятия устойчивости



к.т.н., доц.

Коротков Б.П.

Рассмотренные вопросы

1. Общие понятия об устойчивости
2. Равнообъемные наклонения
3. Перемещения центра величины при равнообъемных наклонениях

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

1. Знание влияния груза, включая тяжеловесные грузы, на мореходность и остойчивость судна
2. Рабочее знание и применение информации об остойчивости, посадке и напряжениях, диаграмм и устройств для расчета напряжений в корпусе

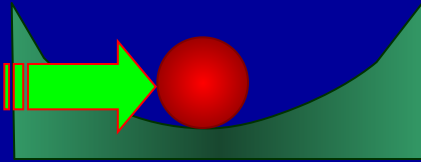
Знание, понимание и профессиональные навыки в соответствии с минимальным стандартом компетентности для капитанов и старших помощников капитана (в соответствии с ПДНВ)

- Понимание основных принципов устройства судна, теорий и факторов, влияющих на посадку и остойчивость, а также мер, необходимых для обеспечения безопасной посадки и остойчивости

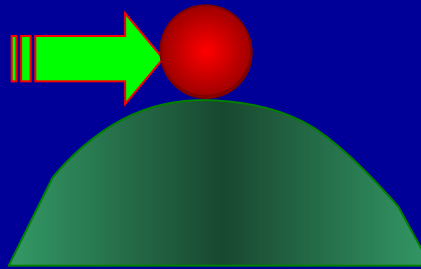
1. Общие понятия об устойчивости

Остойчивостью называется способность плавающего судна, выведенного из положения равновесия воздействием внешних сил, вновь возвращаться в первоначальное положение после прекращения действия этих сил

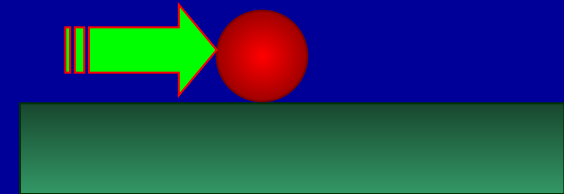
Виды равновесия



Устойчивое



Неустойчивое



Безразличное

Остойчивость

```
graph LR; A[Остойчивость] --> B[Начальная остойчивость]; A --> C[Остойчивость на больших наклонениях];
```

Начальная остойчивость

Остойчивость на больших наклонениях

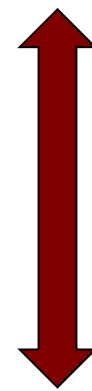
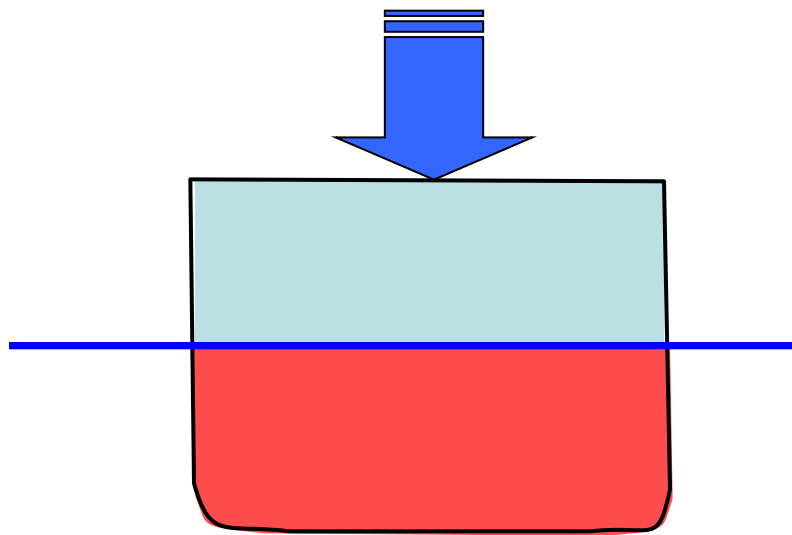
Начальная остойчивость – это остойчивость судна по отношению к бесконечно малым отклонениям от положений равновесия

Признак начальной устойчивости

Судно устойчиво, если после любого произвольного бесконечно малого отклонения, изменяющего его посадку, будучи предоставленным самому себе, оно возвращается в исходное положение равновесия

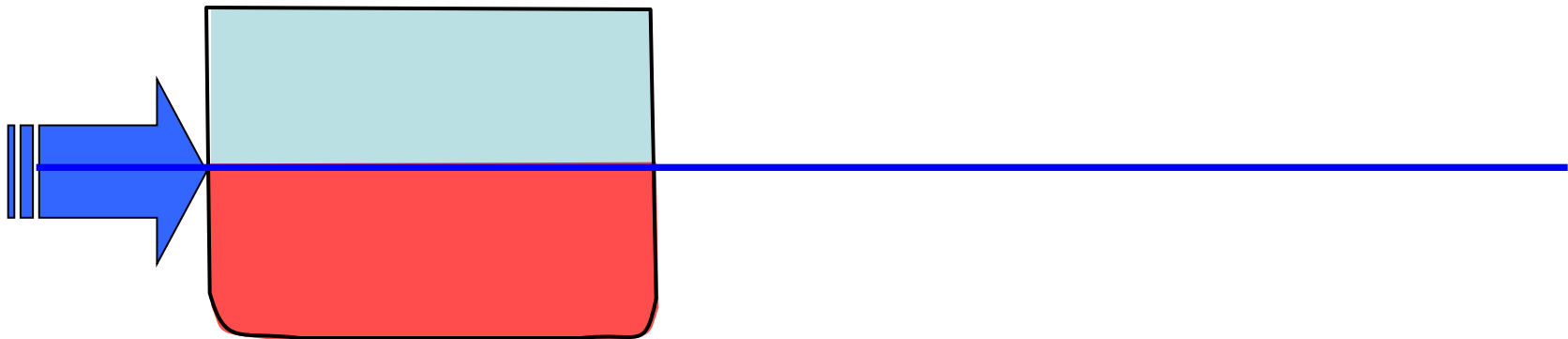
Произвольное отклонение складывается из составляющих:

- Вертикальное отклонение
 - Горизонтальные отклонения
 - Угловые отклонения (крен и/или дифферент)
 - Угловые отклонения в вертикальной плоскости называют наклонениями судна (поперечными и продольными)



Вертикальное
отклонение

Судно всегда
остойчиво

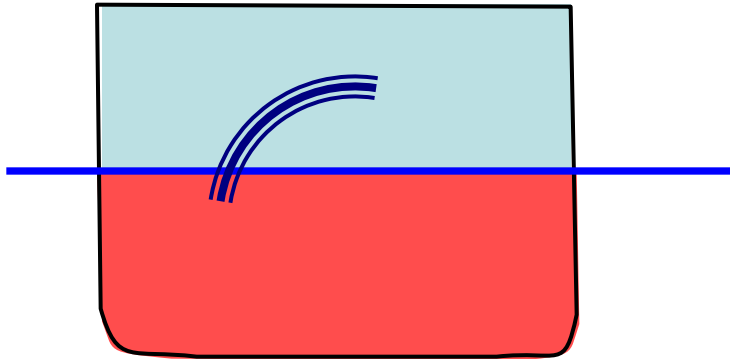


Горизонтальное
отклонение

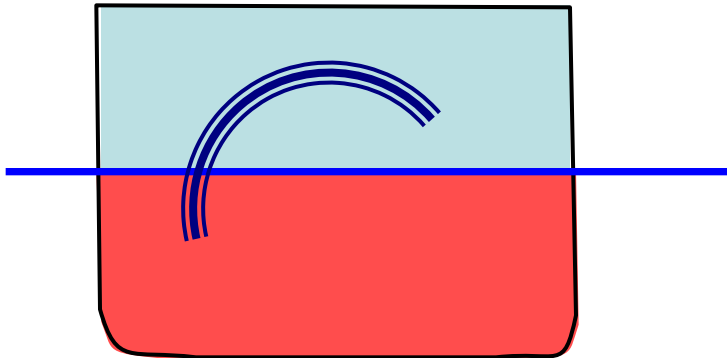


Судно в безразличном
равновесии

Поперечное наклонение судна



Судно устойчиво



Судно не устойчиво

При наклонениях судно может быть устойчивым и не устойчивым

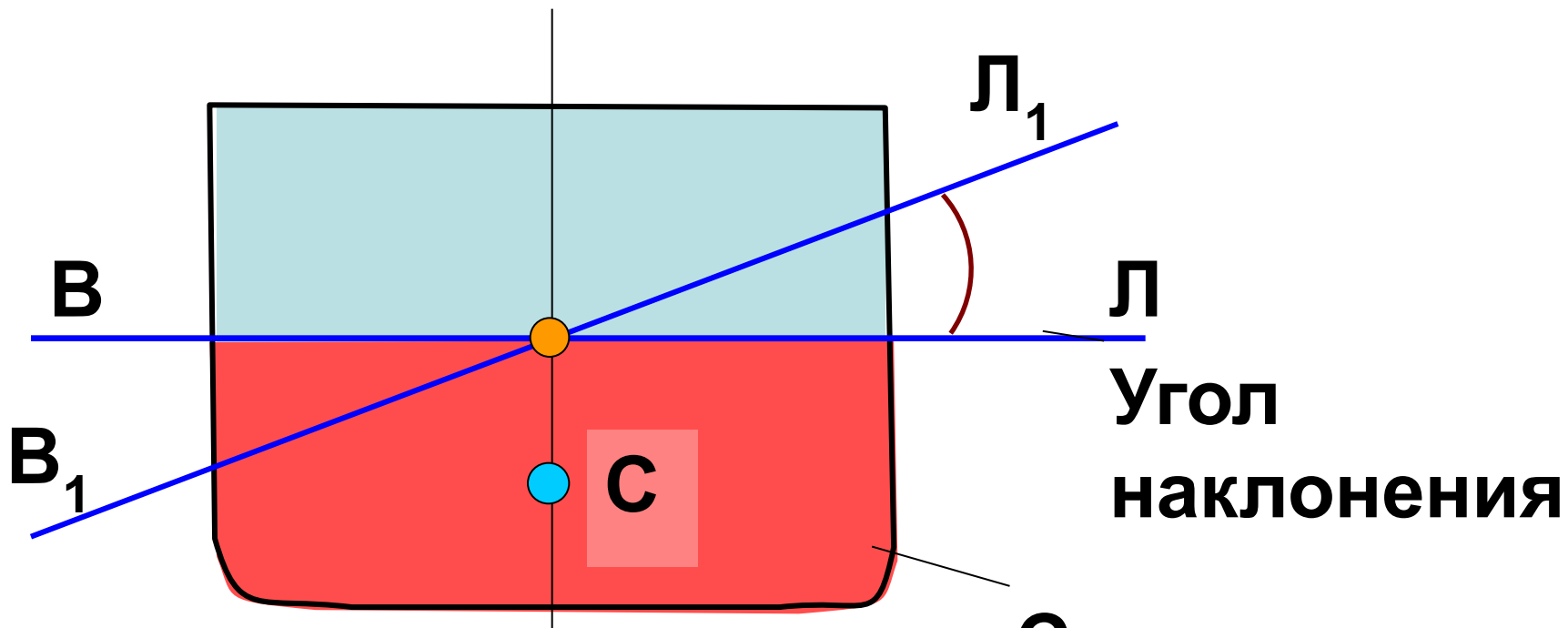
Признак устойчивости равновесия судна

Судно устойчиво, если оно
устойчиво на всех возможных
наклонениях

Определения

- Ось наклона – это линия пересечения исходной и конечной ватерлиний при наклоне
- Плоскость наклона – плоскость, перпендикулярная оси наклона и проходящая через центр величины судна при исходной посадке
- Угол наклона – это угол между исходной и конечной ватерлиниями

Ось, плоскость и угол наклонения



Плоскость наклонения –
плоскость изображения

След оси
наклонения

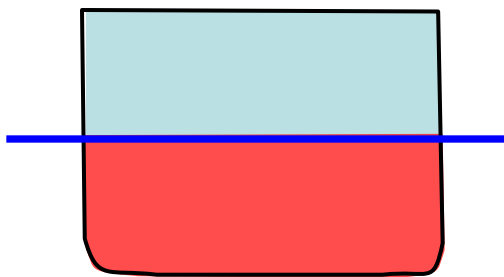
2. Равнообъемные наклоны

Равнообъемные наклонения

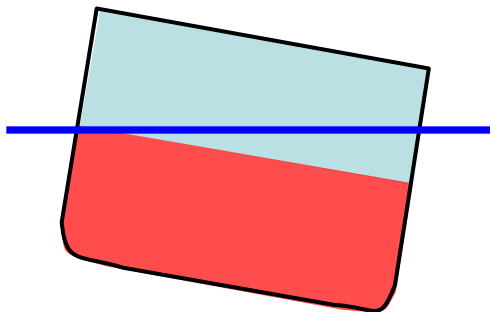
- При равнообъемных наклонениях величина погруженного объема судна остается постоянной
- Произвольное наклонение судна можно представить, как:
 1. Равнообъемное наклонение
 2. Вертикально-поступательное перемещение

Произвольное наклонение судна

Исходное положение
судна

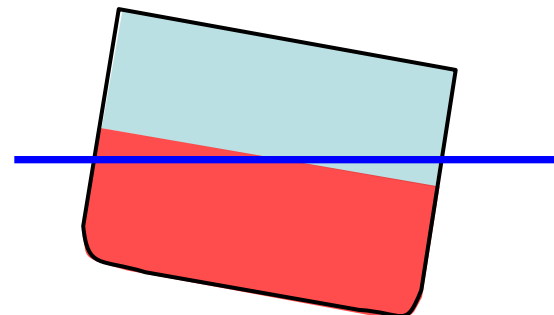


Конечное положение
судна

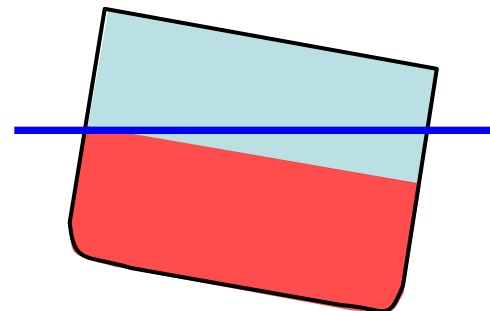


Поэтапно:

1. Равнообъемное
наклонение



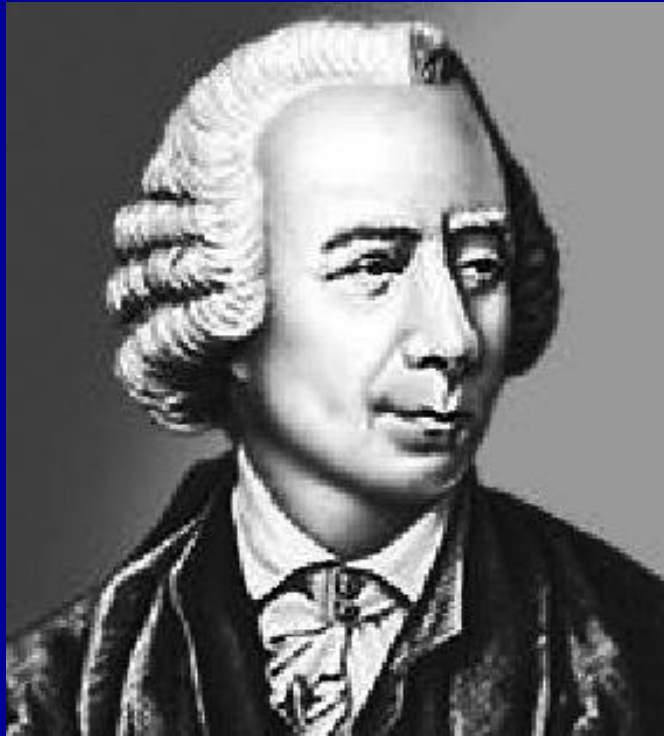
2. Вертикальное
перемещение



Признак устойчивости судна

- Судно является устойчивым, если оно устойчиво по отношению к любым возможным бесконечно малым равнообъемным наклонам из данного положения равновесия
- В дальнейшем рассматриваем только поперечные и продольные наклоны с углами крена θ и дифферента ψ

Выдающийся ученый, математик,
механик и астроном, один из
основателей науки «теория
корабля»



В 1731-41 и с 1766
академик Санкт-
Петербургской Академии
Наук

Леонард Эйлер
(1707-83)

Могила Л. Эйлера на кладбище Алекса́ндро-Невской Лавры



Теорема Эйлера о равнообъемных наклонениях:

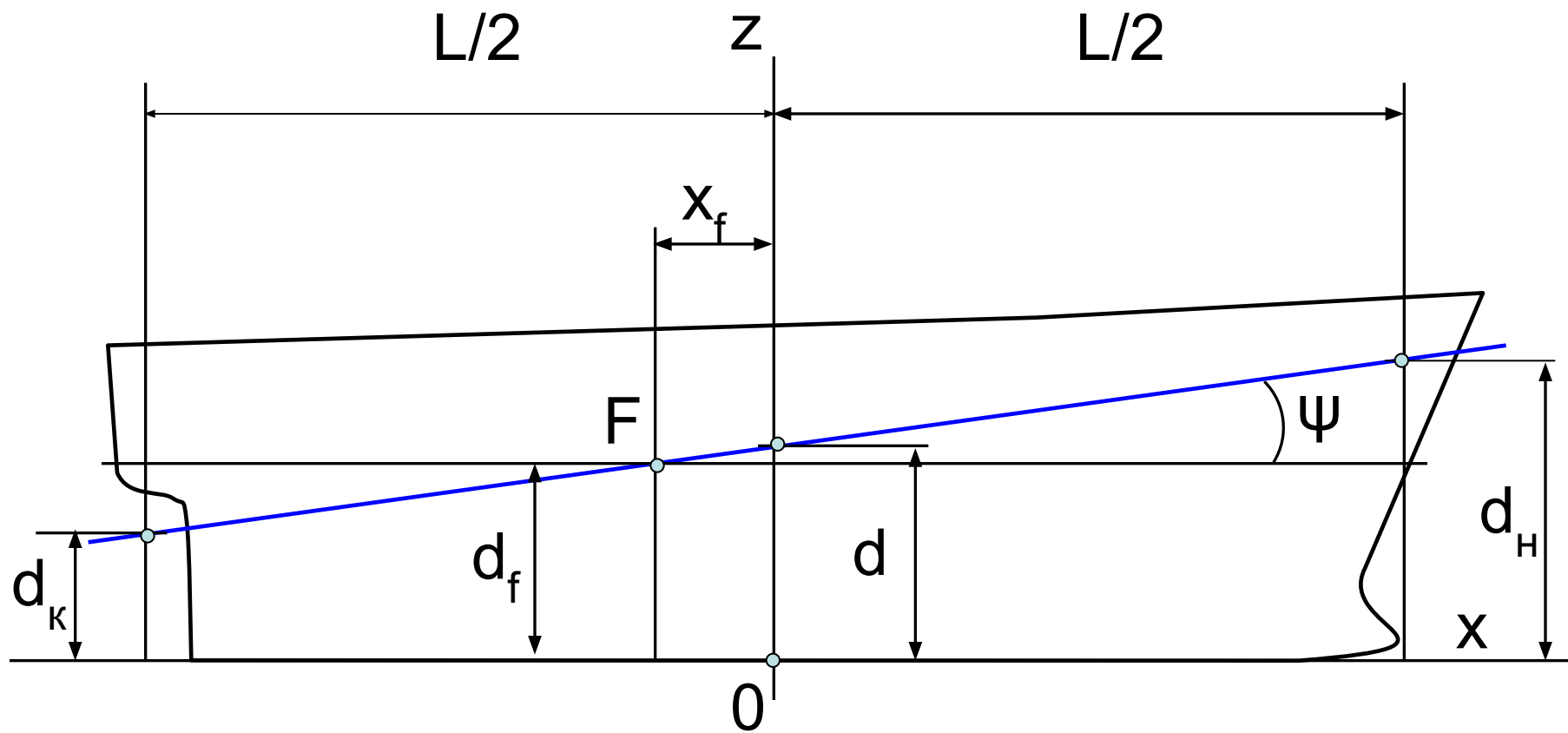
- Бесконечно близкие равнообъемные ватерлинии пересекаются по оси, проходящей через их общий центр тяжести
- Ось бесконечно малого равнообъемного наклонения проходит через центр тяжести площади ватерлинии

Использование теоремы Эйлера

- Теорема Эйлера применима и для небольших конечных наклонений
- Теорема Эйлера используется в практических задачах уточнения посадки и определения ЭПО судна, сидящего с дифферентом

$$d_H = d + \left(\frac{L}{2} - x_f\right) \psi$$

$$d_K = d - \left(\frac{L}{2} + x_f\right) \psi$$

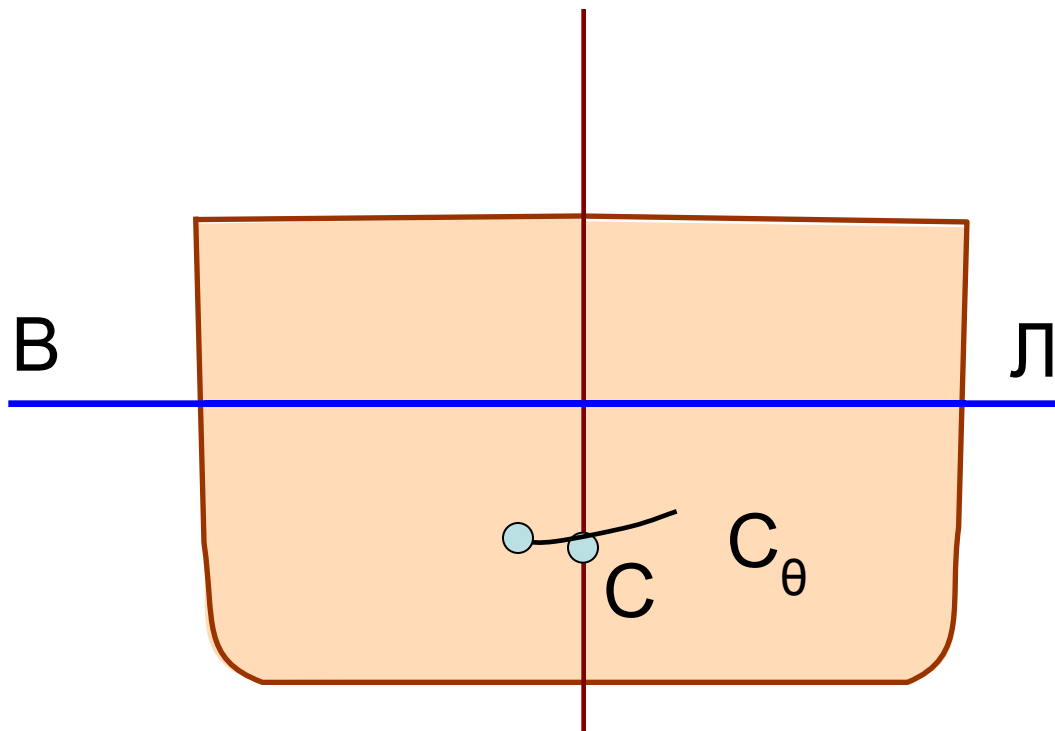


Уточненное определение объемного водоизмещения V при посадке судна с небольшим дифферентом:

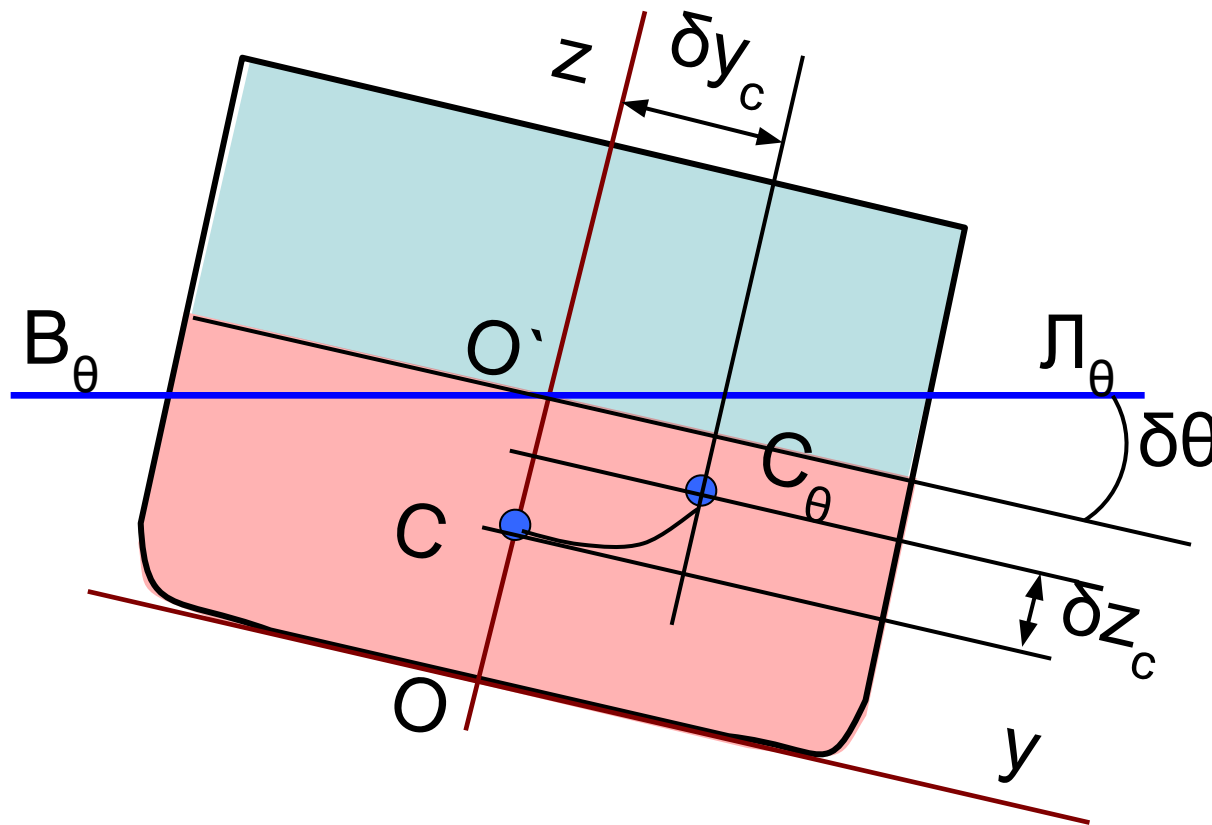
1. В грузовой размер $V(d)$ войти с осадкой $d_f = d + x_f \psi$
2. Определить V , соответствующую посадке без дифферента с осадкой d_f
3. По теореме Эйлера она равна V судна, сидящего с дифферентом с осадкой d на миделе

3. Перемещения центра величины при равнообъемных наклонениях

Перемещение ЦВ при равнообъемных наклонениях



Приращения координат ЦВ при поперечном наклонении на угол $\delta\theta$

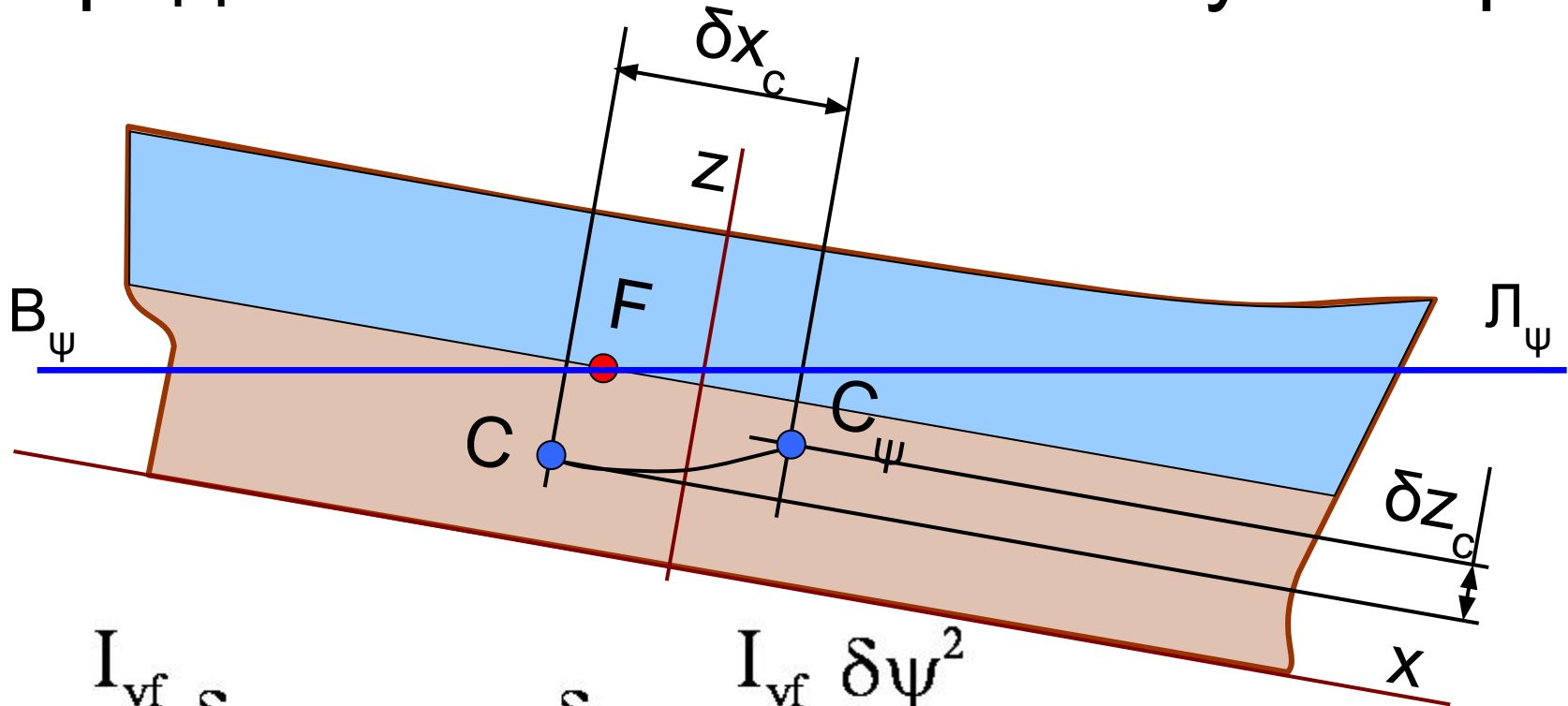


$$\delta y_c = \frac{I_x}{V} \delta\theta;$$

$$\delta z_c = \frac{I_x}{V} \frac{\delta\theta^2}{2}$$

I_x главный центральный момент инерции площади ватерлинии судна относительно оси $O'x$

Приращения координат ЦВ при продольном наклонении на угол $\delta\psi$



$$\delta x_c = \frac{I_{yf}}{V} \delta\psi;$$

$$\delta z_c = \frac{I_{yf}}{V} \frac{\delta\psi^2}{2}$$

I_{yf} - главный центральный момент инерции
площади ватерлинии судна относительно оси Fy

Приращения координат ЦВ

- Моменты инерции характеризуют распределение площади ватерлинии относительно осей $O`x$ и Fy
- I_x и I_{yf} – величины положительные
- Знаки δy_c и δx_c совпадают со знаками $\delta\theta$ и $\delta\psi$ соответственно
- δz_c всегда положительно

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

Уточнение x_c судна, сидящего с дифферентом по кривым элементов ТЧ (гидростатическим кривым)

1. По кривой $x_c(d)$ найти x_c при осадке d
2. По кривой $R(d)$ найти R при осадке d
3. Вычислить $x_{c\psi} = x_c + R \operatorname{tg}\psi \approx x_c + R \psi$

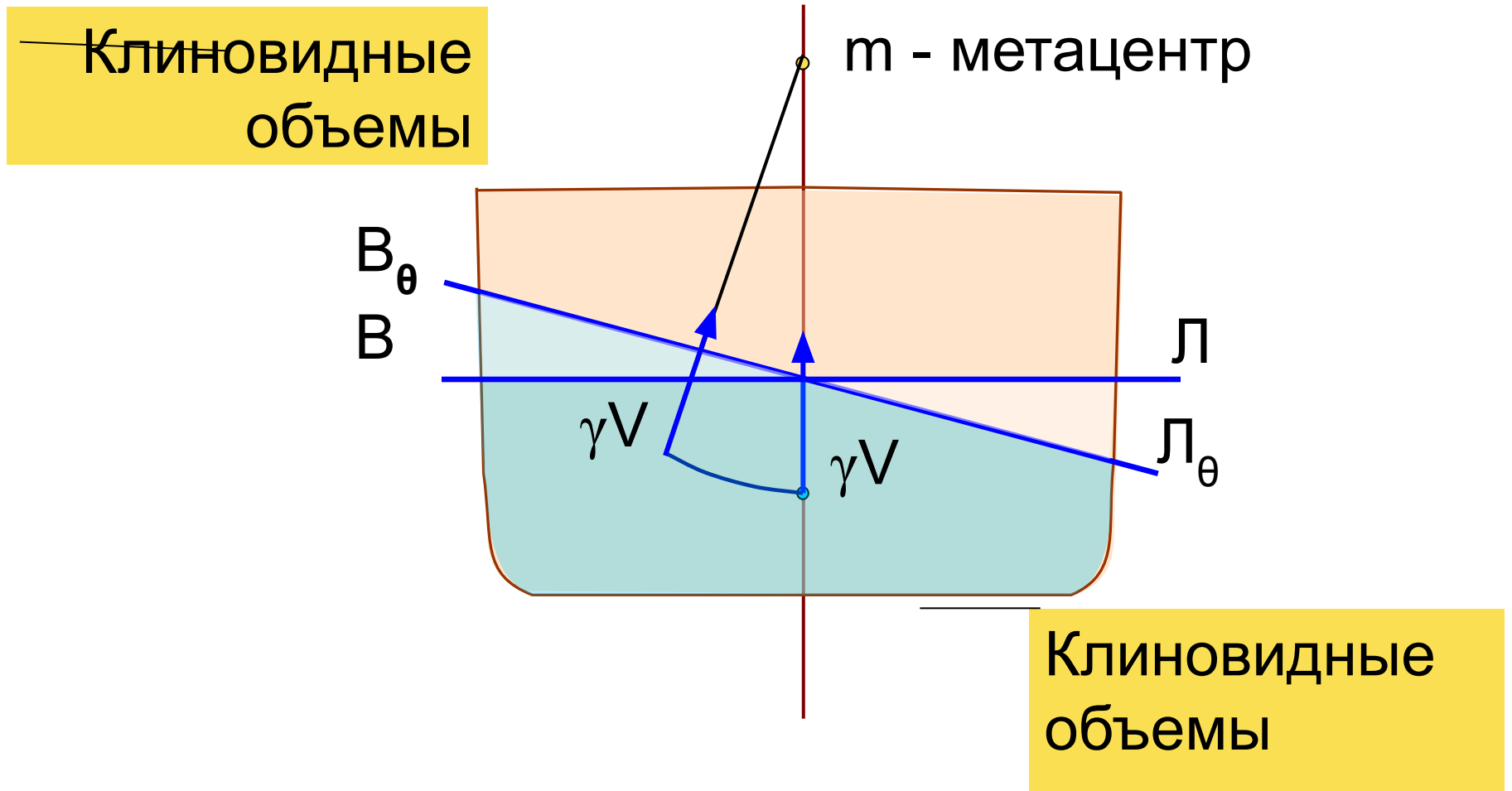
«Кривая С»

1. При равнообъемных наклонениях ЦВ судна всегда смещается в сторону наклонения и вверх по отношению к своему исходному положению
2. «Кривая С» - это плоская кривая линия, по которой перемещается ЦВ судна при равнообъемных наклонениях в одной плоскости

Перемещения силы плавучести при наклонениях

Сила плавучести приложена в ЦВ судна, следовательно, при наклонениях точка ее приложения перемещается в соответствии с описанными выше перемещениями ЦВ

Перемещение ЦВ при равнообъемном поперечном наклонении на левый борт



Задание на самостоятельную работу:

- «Теория судна. Статика» п.п. 2.1, 2.2

Конец