

ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова
Факультет навигации и связи
Кафедра МиУС Коротков Б.П.

Теория судна. Статика
Лекция № 10

**Изменения посадки и
стойчивости судна**



Вопросы лекции

1. Расчет и построение ДСО и ДДО
2. Расчет изменений посадки и устойчивости судна от перемещений груза
3. Расчет посадки и устойчивости судна по его нагрузке

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)

1. Понимание основных принципов устройства судна, теорий и факторов, влияющих на посадку и остойчивость, а также мер, необходимых для обеспечения безопасной посадки и остойчивости
2. Использование диаграмм остойчивости и дифферента и устройств для расчета напряжений в корпусе, включая автоматическое оборудование, использующее базу данных, и знание правил погрузки и балластировки, для того чтобы удерживать напряжения в корпусе в приемлемых пределах

1. Расчет и построение ДСО и ДДО

Расчет и построение ДСО и ДДО:

1. Выполняется после составления грузового плана, расчета нагрузки и начальной остойчивости судна
2. Расчет выполняется бортовым компьютером, либо вручную
3. Ручной расчет выполняется с использованием вспомогательных диаграмм

В состав «Информации капитану...» входят :

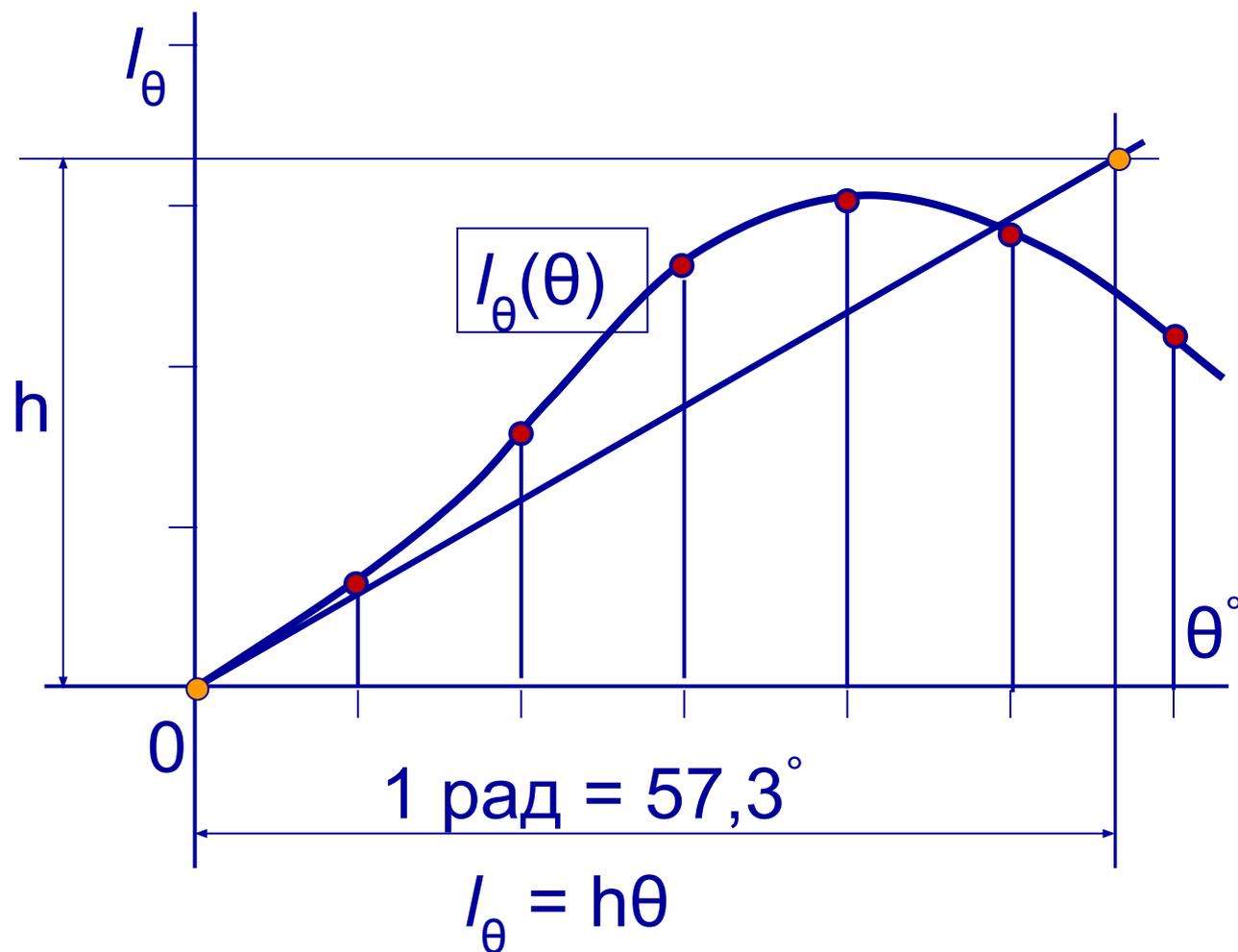
1. Пантокарены (интерполяционные кривые плеч остойчивости, cross curves of stability, pantokarens), либо
2. Универсальная диаграмма статической остойчивости (УДСО) - преимущественно на российских судах

Использование пантокарен и универсальной ДСО изучить самостоятельно:

- Пособие «Теория судна. Статика» стр. стр. 95 – 102
- Порядок построения ДСО и ДДО – изложен на стр. стр. 98 – 102
- Эти материалы изучить и законспектировать

Построение начальной касательной к ДСО

- После расчета точек ДСО (с помощью пантокарен или универсальной ДСО) необходимо построить начальную касательную
- Цели построения – проверить правильность расчета ДСО и уточнить ее начальный участок
- Только после построения начальной касательной расчетные точки ДСО соединяются плавной линией



При $\theta=0$, $I_\theta = 0$. При $\theta = 1$ ($57,3^\circ$), $I_\theta = h \cdot 1 = h$

Касательная проводится через 2 точки: 0 и $(57,3; h)$

2. Расчет изменений посадки и остойчивости судна от перемещений груза

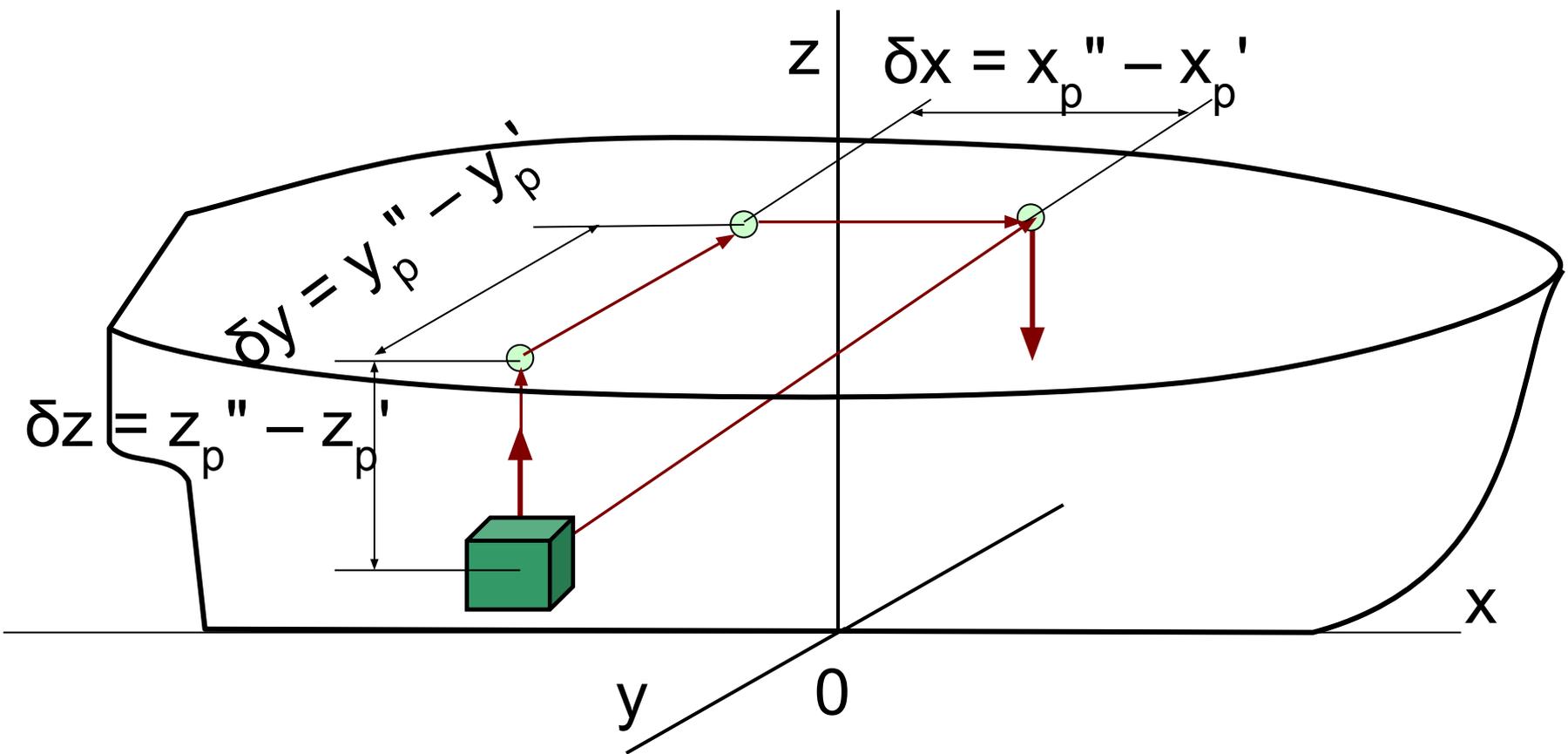
Принятые обозначения:

- m – масса перемещаемого груза
- x' , y' , z' – координаты центра тяжести груза до перемещения
- x'' , y'' , z'' – координаты центра тяжести груза после перемещения

Все координаты имеют свои знаки

Произвольное перемещение груза:

- Три последовательных перемещения вдоль осей $OXYZ$:
 - Вертикальное перемещение – вдоль оси OZ
 - Поперечно – горизонтальное перемещение – вдоль оси OY
 - Продольно – горизонтальное – вдоль оси OX



Произвольное перемещение груза

Вертикальное перемещение

Поперечно – горизонтальное перемещение

Продольно – горизонтальное перемещение

Вертикальное перемещение груза

- Груз m перемещен вертикально на расстояние $\delta z = z_p'' - z_p'$
- Осадка, крен и дифферент у судна не изменились
- Изменилось положение центра тяжести судна по высоте на величину δz_g

Изменение метацентрических высот судна:

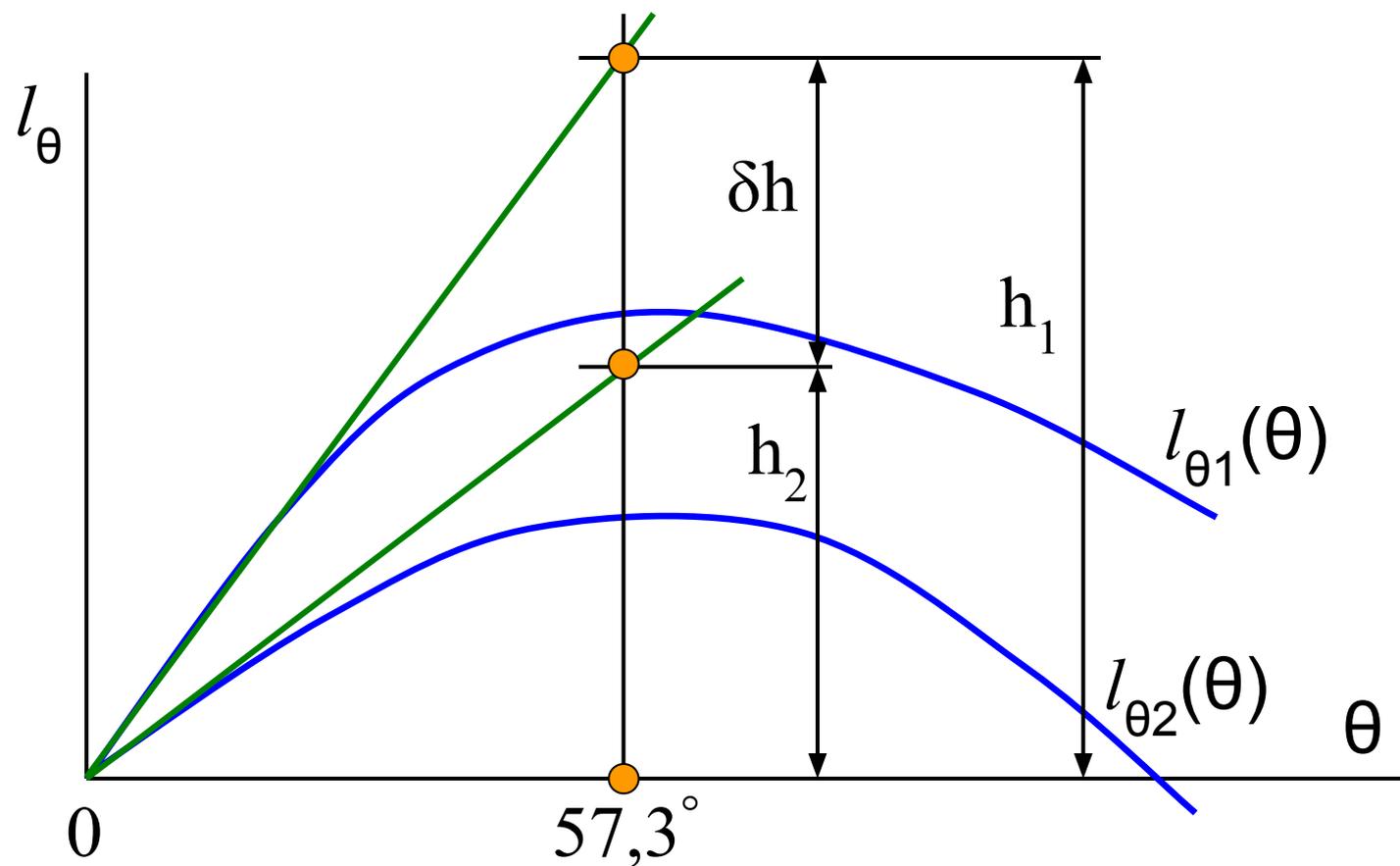
$$\delta z_g = \frac{m}{\Delta} (z_p'' - z_p')$$
$$z_{g1} = z_g + \delta z_g$$

- Поперечная МЦВ судна $h_1 = h + \delta h$
 $h_1 = z_m - z_{g1} = z_m - (z_g + \delta z_g) = h - \delta z_g$
 $\delta h = \delta H = - \delta z_g$

Вертикальное перемещение груза

- Перемещение груза вверх приводит к снижению начальной остойчивости судна и остойчивости на больших наклонениях
- Перемещение груза вниз увеличивает остойчивость

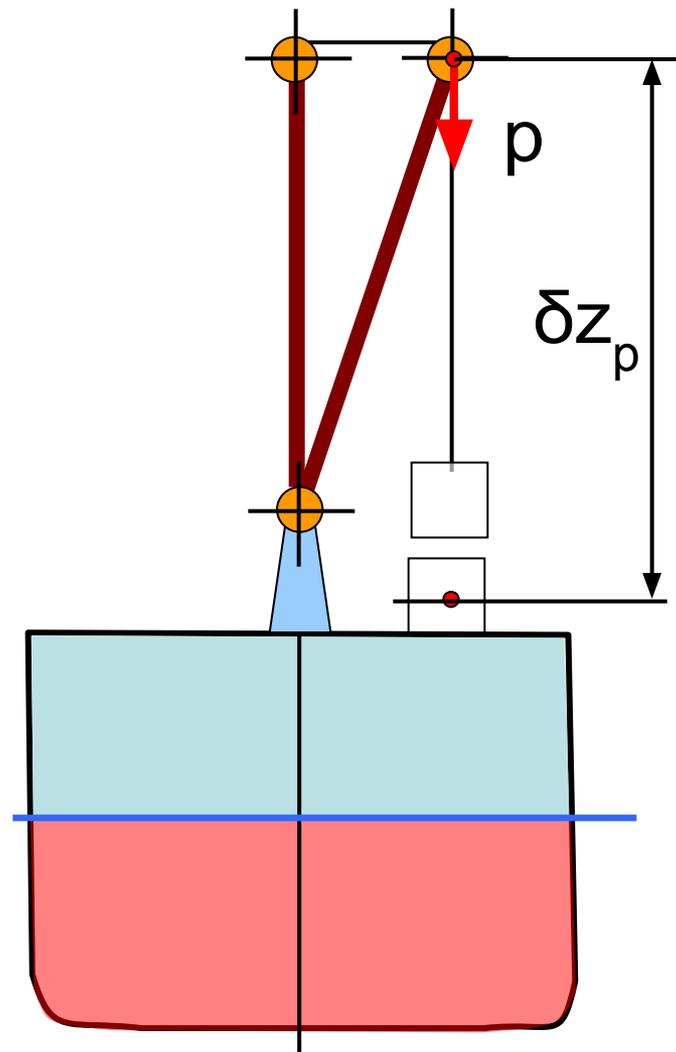
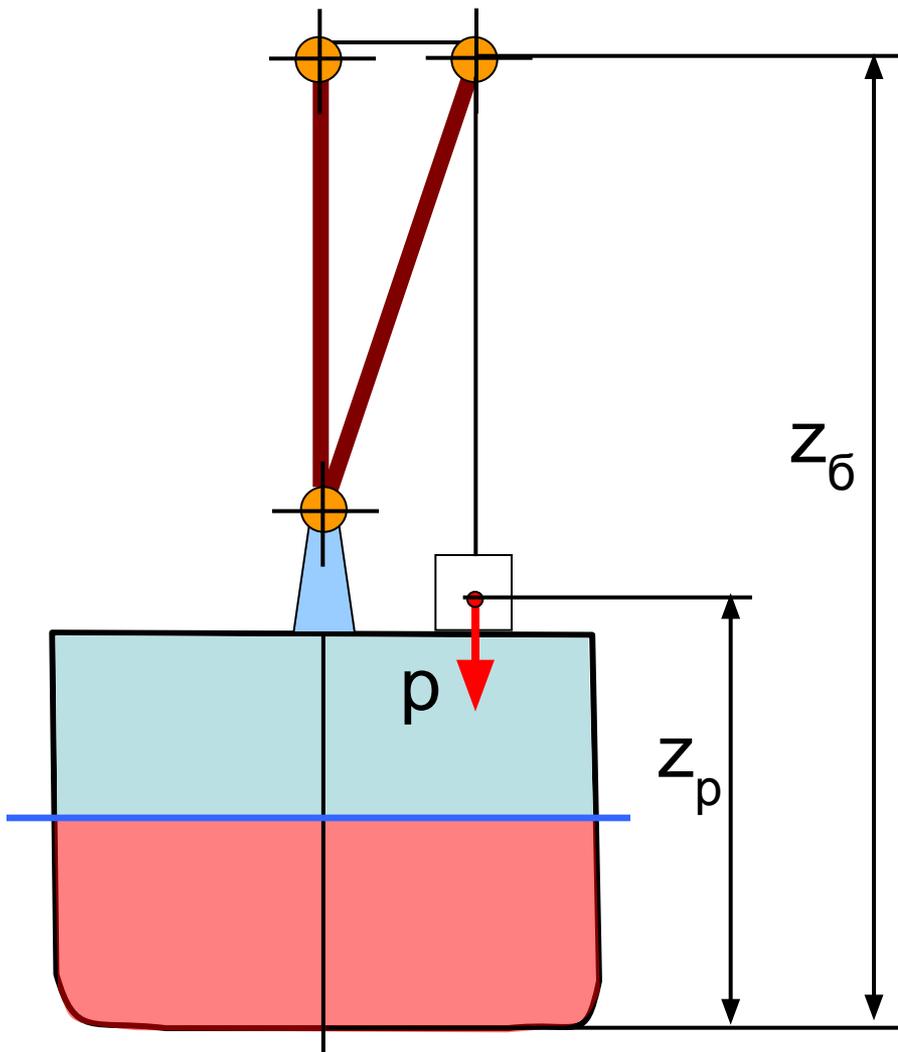
Изменение устойчивости на больших наклонениях



Груз перемещен вверх

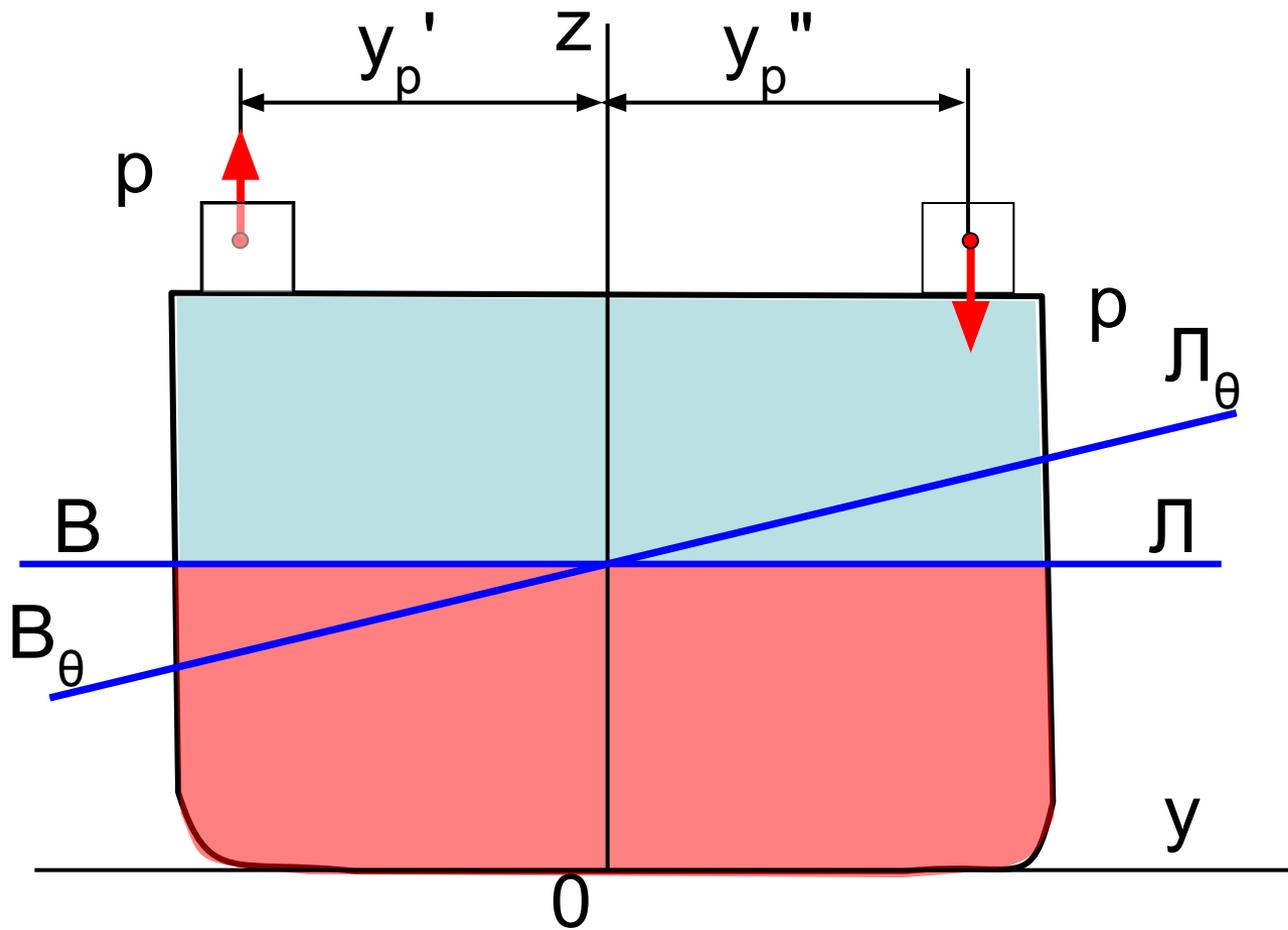
Влияние подвешенного груза на стойчивость судна

- В момент отрыва груза от палубы, его центр тяжести перемещается на ось верхнего блока грузового устройства
- При использовании судовых грузовых устройств (стрел, кранов) происходит мгновенное вертикальное перемещение груза и снижение устойчивости



Мгновенный перенос груза на
расстояние $\delta z_p = z_б - z_p$

Поперечно-горизонтальное перемещение груза



$$m_{\text{кр}} = \rho (y_p'' - y_p') = mg (y_p'' - y_p')$$

В равновесном положении

$$m_{\theta} = m_{кр}$$

- При $\theta \leq 10 - 12^{\circ}$, $h > 0$:

$$m_{\theta} = \Delta g h \theta$$

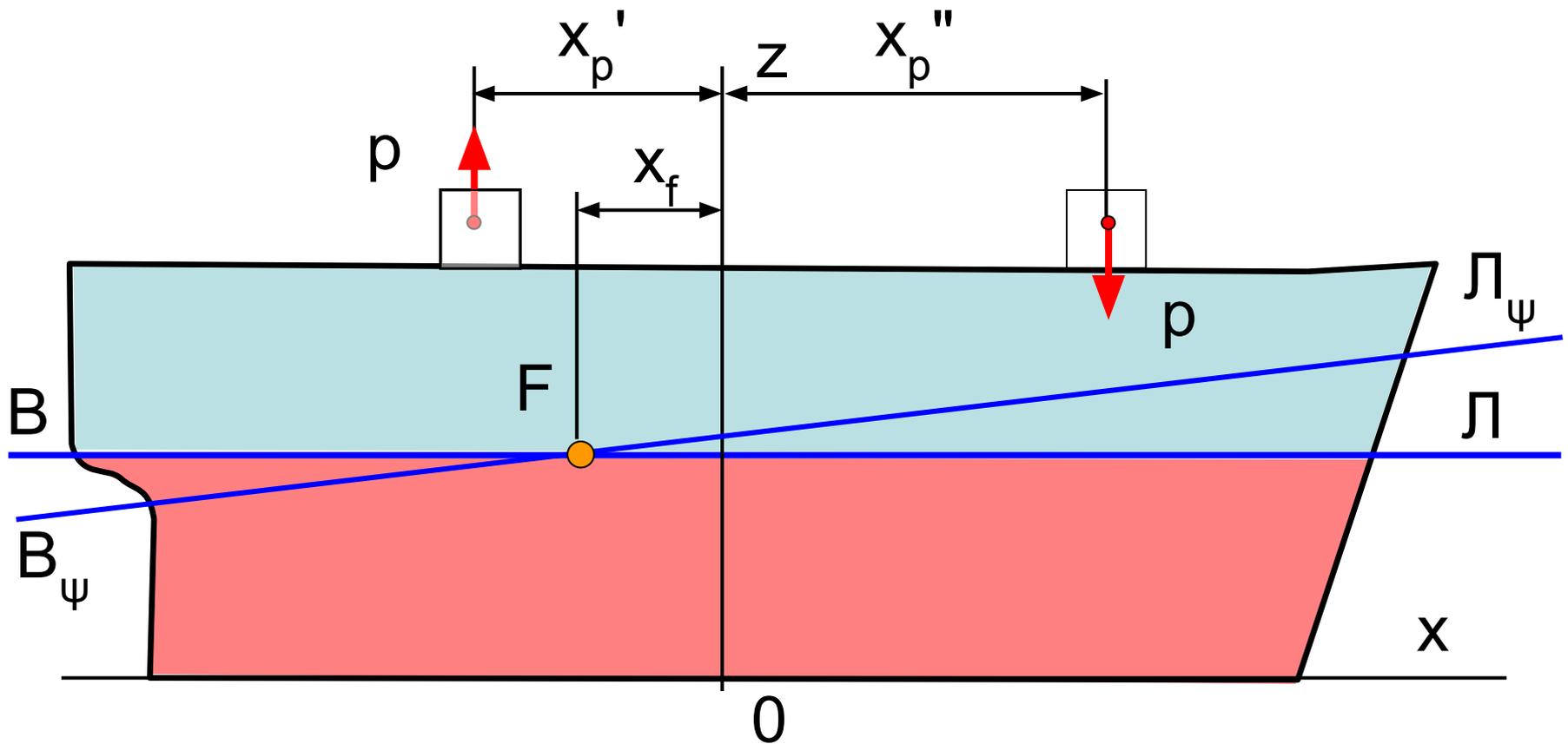
- Тогда:

$$\theta = 57,3 \frac{m(y_p'' - y_p')}{\Delta h}$$

Если θ велик, либо остойчивость судна невысока:

1. Построить ДСО $m_{\theta}(\theta)$
2. Нанести на ДСО график кренящего момента $m_{кр}(\theta)$
3. Точка пересечения даст искомый угол крена θ

Продольно-горизонтальное перемещение груза



$$M_{\text{диф}} = p(x_p'' - x_p') = mg(x_p'' - x_p')$$

В равновесном положении:

$$M_{\psi} = M_{\text{диф}}$$

Положив $M_{\psi} = Rn\psi$, получим:

$$\psi = \frac{m(x_p'' - x_p')}{\Delta H}$$

Определение осадок судна

А) Точно:

$$d_{\text{H}} = d + \left(\frac{L}{2} - x_{\text{f}}\right)\psi;$$

$$d_{\text{K}} = d - \left(\frac{L}{2} + x_{\text{f}}\right)\psi$$

Б) Приблизженно:

$$d_{\text{H}} = d + \frac{L}{2} \psi;$$

$$d_{\text{K}} = d - \frac{L}{2} \psi$$

Произвольное перемещение
груза m из т. $A_1 (x_p', y_p', z_p')$
в т. $A_2 (x_p'', y_p'', z_p'')$:

$$\delta h = \delta H = \frac{m}{\Delta} (z_p'' - z_p');$$

$$\theta = 57,3 \frac{m(y_p'' - y_p')}{\Delta(h + \delta h)};$$

$$\psi = \frac{m(x_p'' - x_p')}{\Delta(H + \delta H)}$$

3. Расчет посадки и остойчивости судна по его нагрузке

Выполнение расчета в судовых условиях

- a) Вручную, с использованием судовой документации, либо
- b) Бортовым компьютером с установленной на нем одобренной классификационным обществом программой расчета
 - Наличие компьютера не освобождает судоводителя от необходимости уметь выполнять расчет вручную

Расчет нагрузки судна Δ , x_g , y_g , z_g

- Выполнение расчета рассмотрено ранее
- Средняя осадка судна определяется:
 - Точно – с помощью грузового размера $V(d)$, либо
 - По приближенным формулам δd (получены в части 1 курса)

Определение d_H , d_K , дифферента

- Определение d_H и d_K дифферента можно выполнить с помощью посадочных диаграмм, например:
- «Диаграмма осадок носом и кормой» - в приложении к «Информации капитану...»

Расчет мер устойчивости

1. В кривые элементов ТЧ войти с осадкой d и определить:

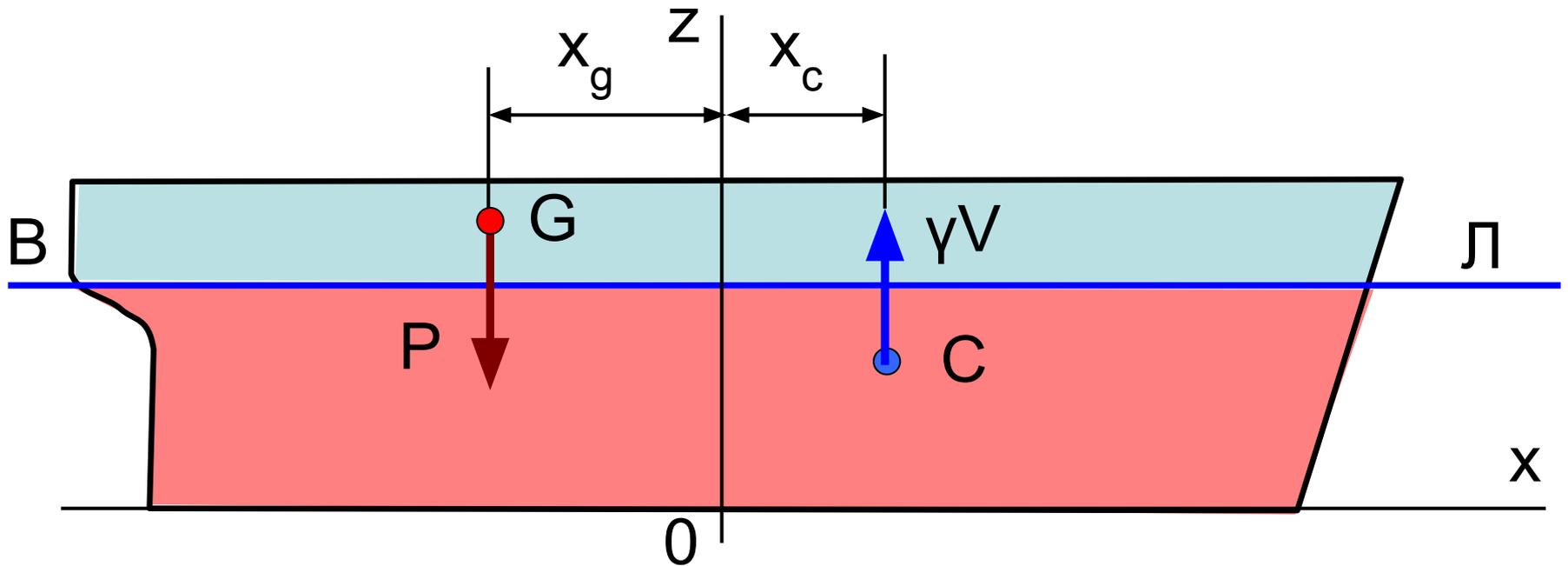
$$z_m, z_c, R, x_c, x_f$$

2. Рассчитать:

$$h = z_m - z_g; \quad H = z_c + R - z_g$$

3. Рассчитать и построить ДСО и ДДО судна

Расчет угла дифферента (уточненный)



$$M_{\text{диф}} = P (x_g - x_c) = \Delta g (x_g - x_c)$$

В положении равновесия

$$M_{\psi} = M_{\text{диф}}$$

- Продольный восстанавливающий момент: $M_{\psi} = \Delta g H \psi$

$$\Delta g H \psi = \Delta g (x_g - x_c)$$

$$\psi = \frac{x_g - x_c}{H}$$

Расчет осадок и дифферента

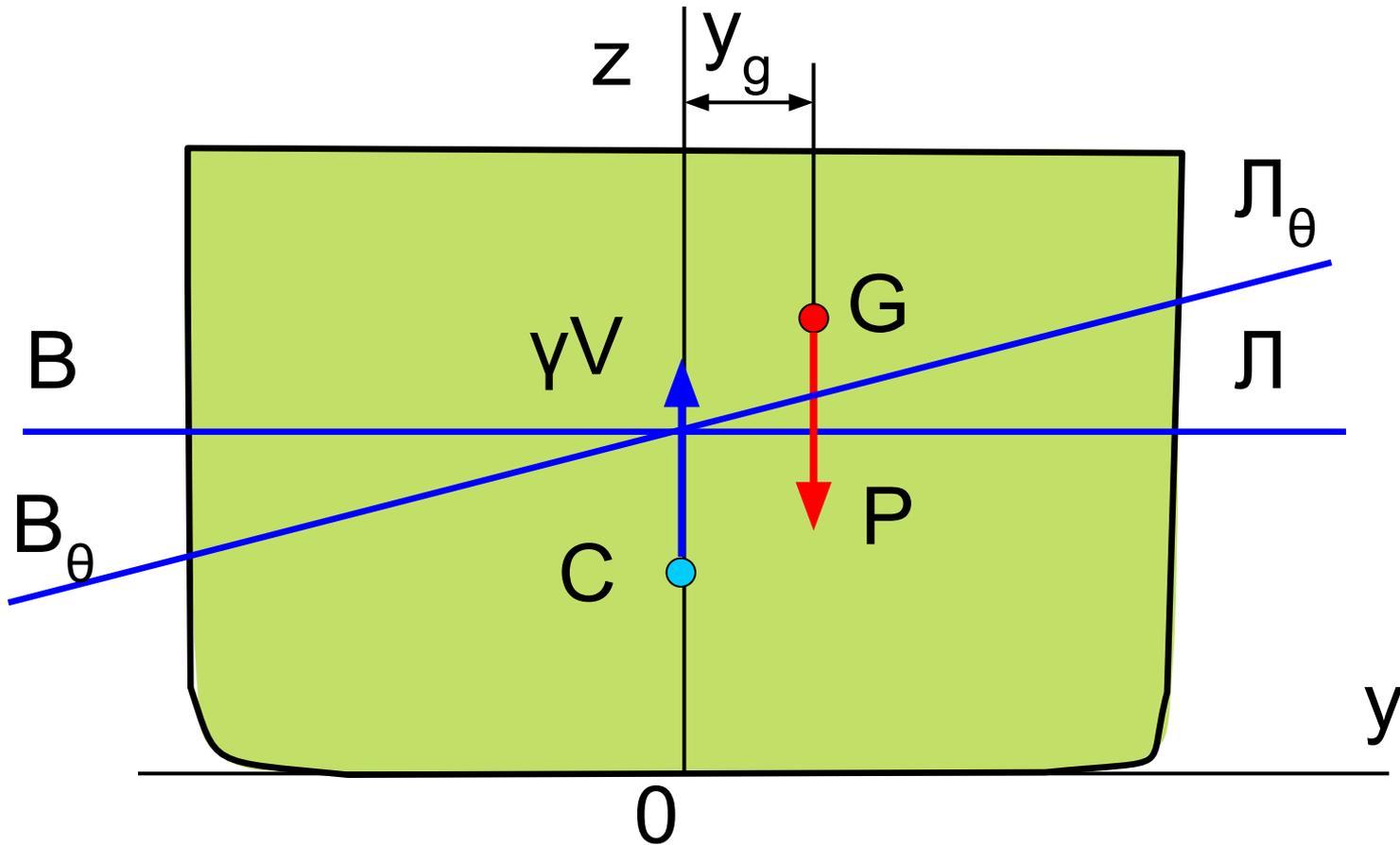
- Осадки носом и кормой:

$$d_{\text{н}} = d + \left(\frac{L}{2} - x_{\text{ф}}\right)\psi;$$

$$d_{\text{к}} = d - \left(\frac{L}{2} + x_{\text{ф}}\right)\psi$$

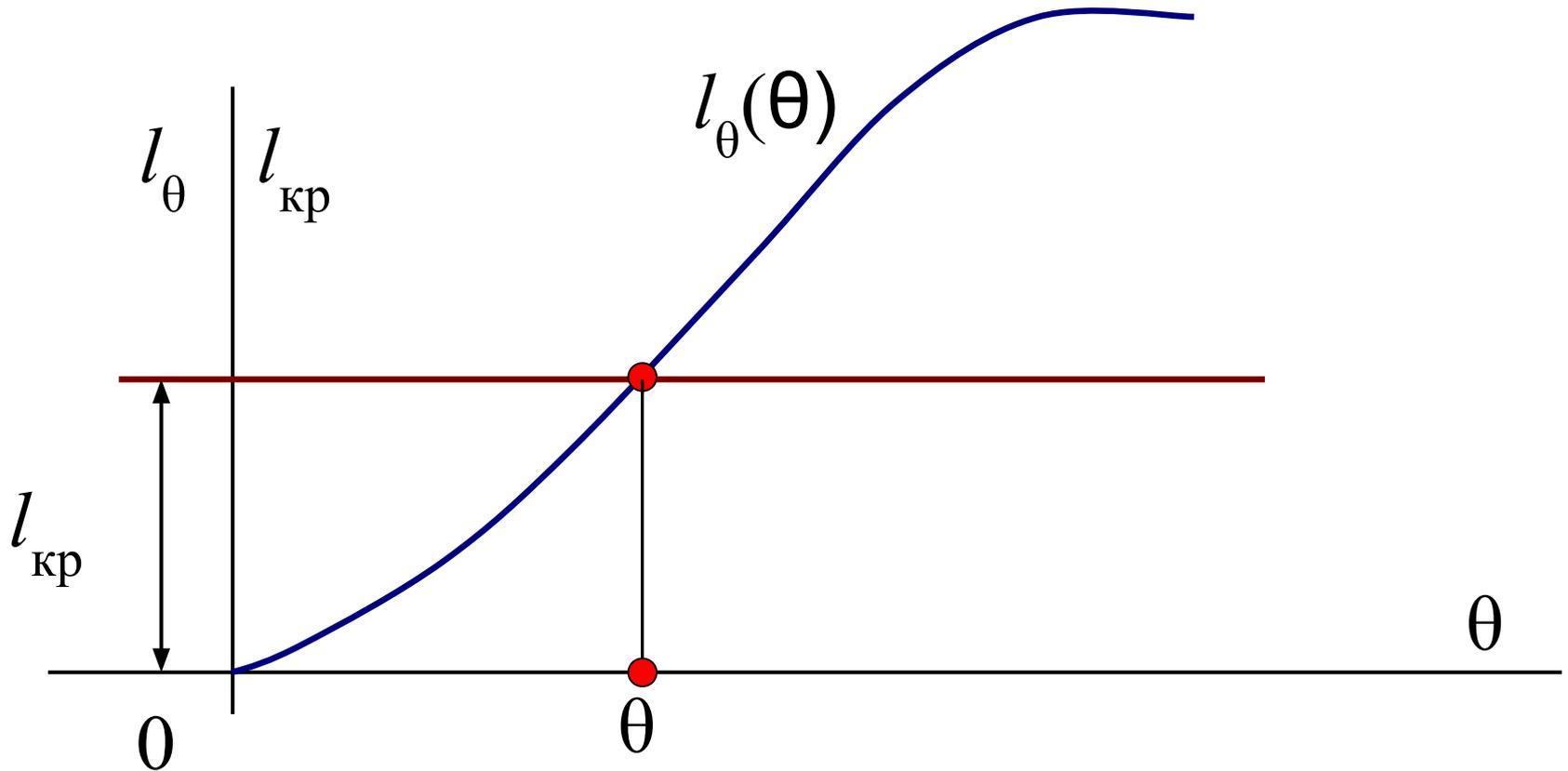
- Дифферент = $d_{\text{н}} - d_{\text{к}}$

Расчет угла крена θ



Кренящий момент: $m_{кр} = P y_g$

Определение θ точно – с помощью ДСО



На ДСО нанести график $l_{кр} = y_g$

Приближенный расчет угла крена

В равновесном положении: $m_{кр} = m_{\theta}$

$$m_{кр} = Py_g = \Delta gy_g \quad m_{\theta} = Ph\theta = \Delta gh\theta$$
$$\Delta gh\theta = \Delta gy_g$$

$$\theta^{\circ} = 57,3 \frac{y_g}{h}$$

Условия использования формулы:

- Крен не превышает $|10-12^{\circ}|$
- Остойчивость не снижена

Задание на самостоятельную работу

- Пособие «Теория судна. Статика»:
 - Проработать, изучить и законспектировать стр. стр. 95 – 96
 - Проработать, изучить и законспектировать стр. стр.98 – 102. (п. 2.12.2)

Конец