

ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова

ФАКУЛЬТЕТ НАВИГАЦИИ И СВЯЗИ

Кафедра МиУС

Теория судна Статика

Лекция № 5

Восстанавливающие моменты



к.т.н., доц. Коротков Б.П.

Вопросы лекции

1. Метацентры и метацентрические радиусы. Метацентрические высоты
2. Восстанавливающие моменты
3. Метацентрические формулы
4. Наклонения судна под действием малого внешнего момента

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)

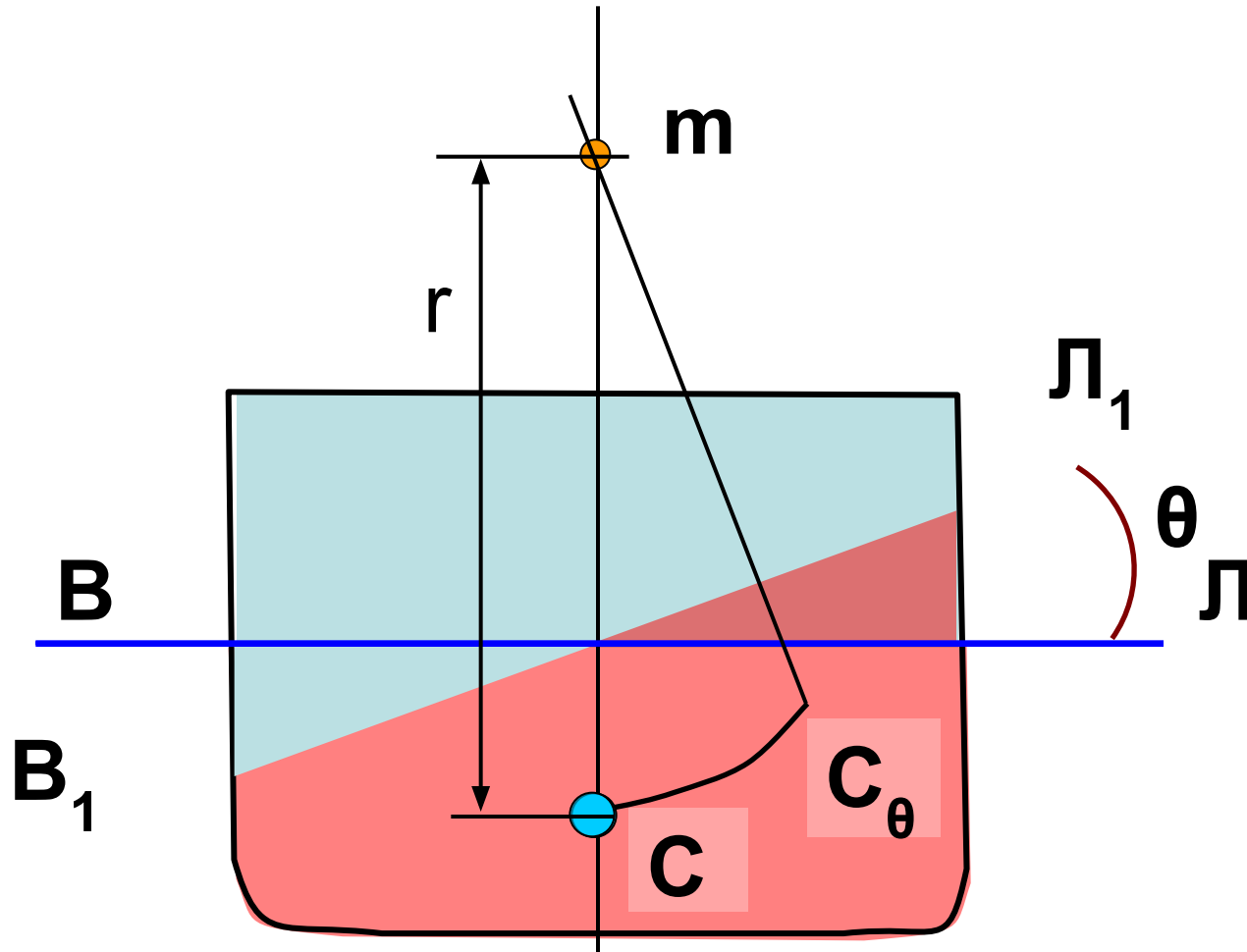
- Понимание основных принципов устройства судна, теорий и факторов, влияющих на посадку и остойчивость, а также мер, необходимых для обеспечения безопасной посадки и остойчивости

1. Метацентры и метацентрические радиусы

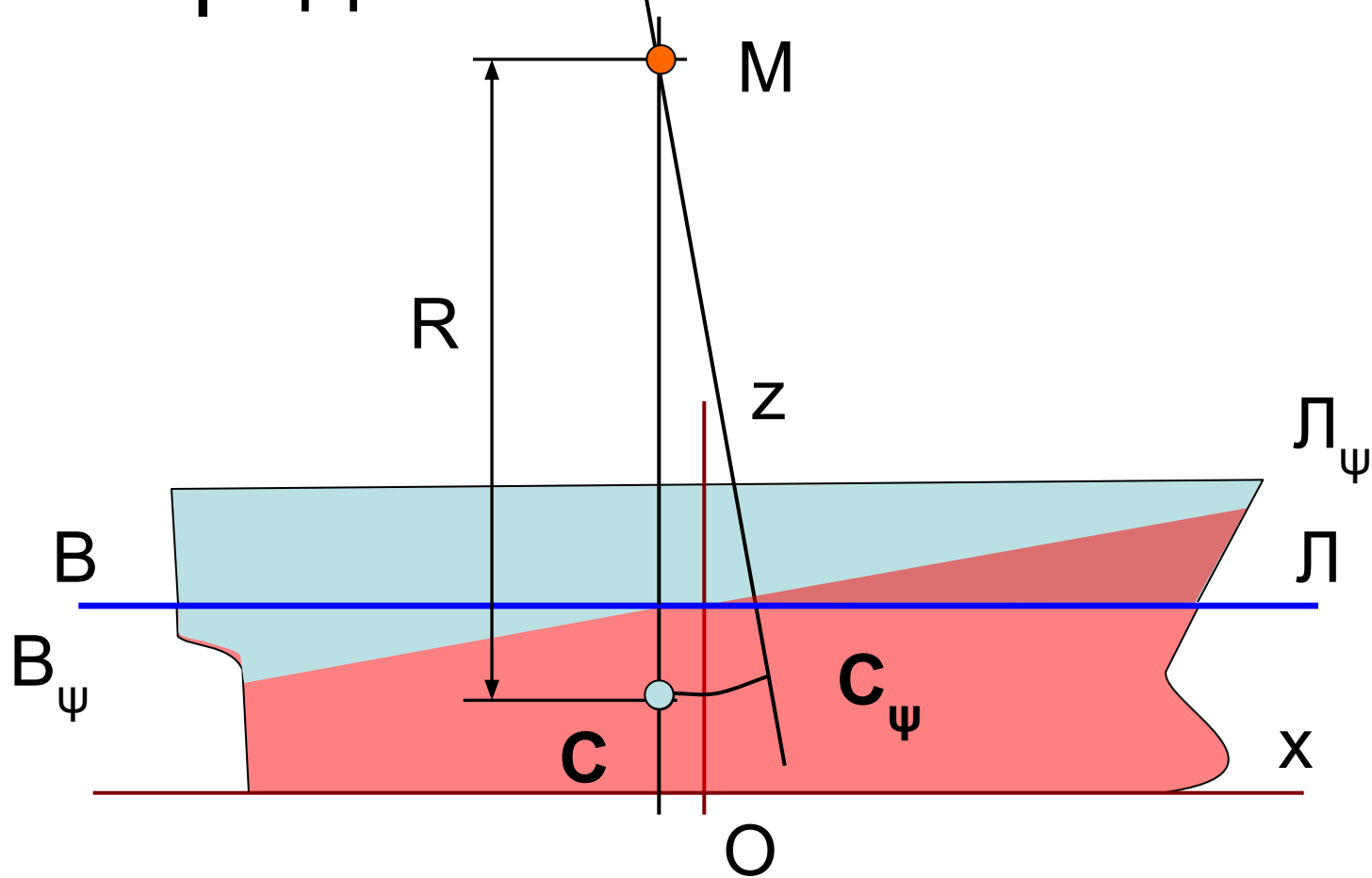
Метацентр и метацентрический радиус

- Метацентром называется центр кривизны кривой C
- Метацентрическим радиусом называется радиус кривизны кривой C

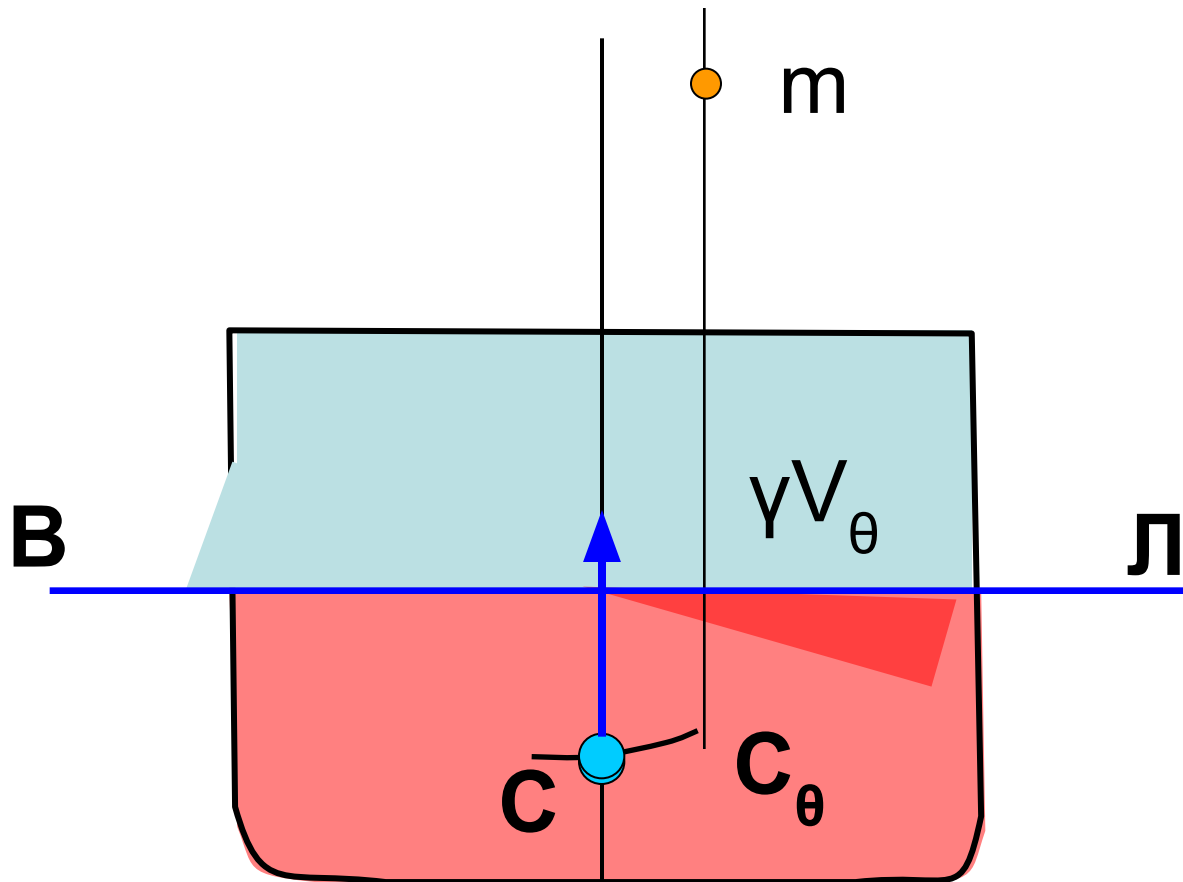
Метацентр m и метацентрический радиус r при поперечных наклонениях

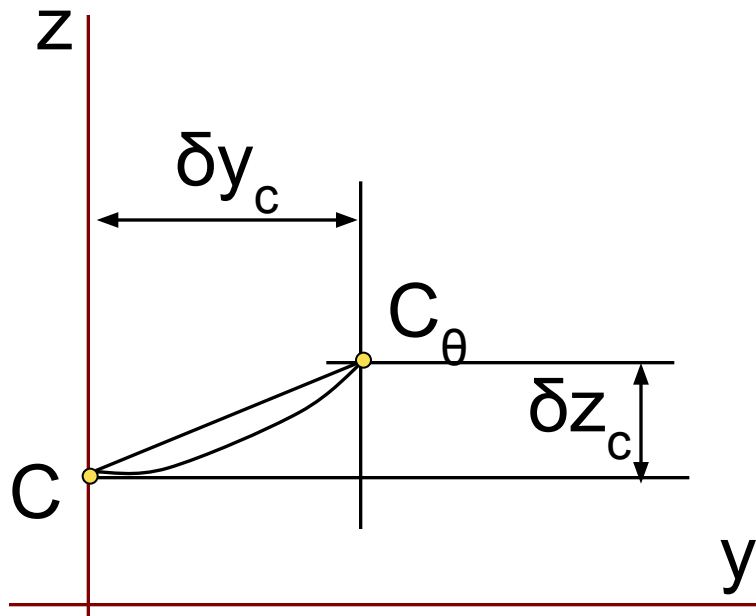


Метацентр M и метацентрический радиус R при продольных наклонениях



Перемещение ЦВ и силы плавучести при поперечных наклонениях





$$r = \lim_{\delta\theta \rightarrow 0} \frac{\overline{CC_\theta}}{\delta\theta}$$

$$r = \frac{I_x}{V}$$

$$\overline{CC_\theta} = \sqrt{\delta y_c^2 + \delta z_c^2}$$

$$\overline{CC_\theta} \approx \sqrt{\delta y_c^2} \approx \delta y_c = \frac{I_x}{V} \delta\theta$$

Поперечным наклонениям соответствуют:

- Поперечный метацентр m
- Поперечный метацентрический радиус

$$r = \frac{I_x}{V}$$

Продольным наклонениям соответствуют:

- Продольный метацентр М
- Продольный метацентрический радиус

$$R = \frac{I_{yf}}{V}$$

I_x и I_{yf} - поперечный и продольный
моменты инерции площади
ватерлинии

- I_x и I_{yf} определяются формой
ватерлинии
- I_{yf} – наибольший, а I_x - наименьший из
всех моментов инерции ватерлинии

Метацентрические радиусы R и r

- R – продольный (наибольший)
- r – поперечный (наименьший)
- Обычные грузовые суда:
 - r - несколько метров
 - R – несколько сотен метров

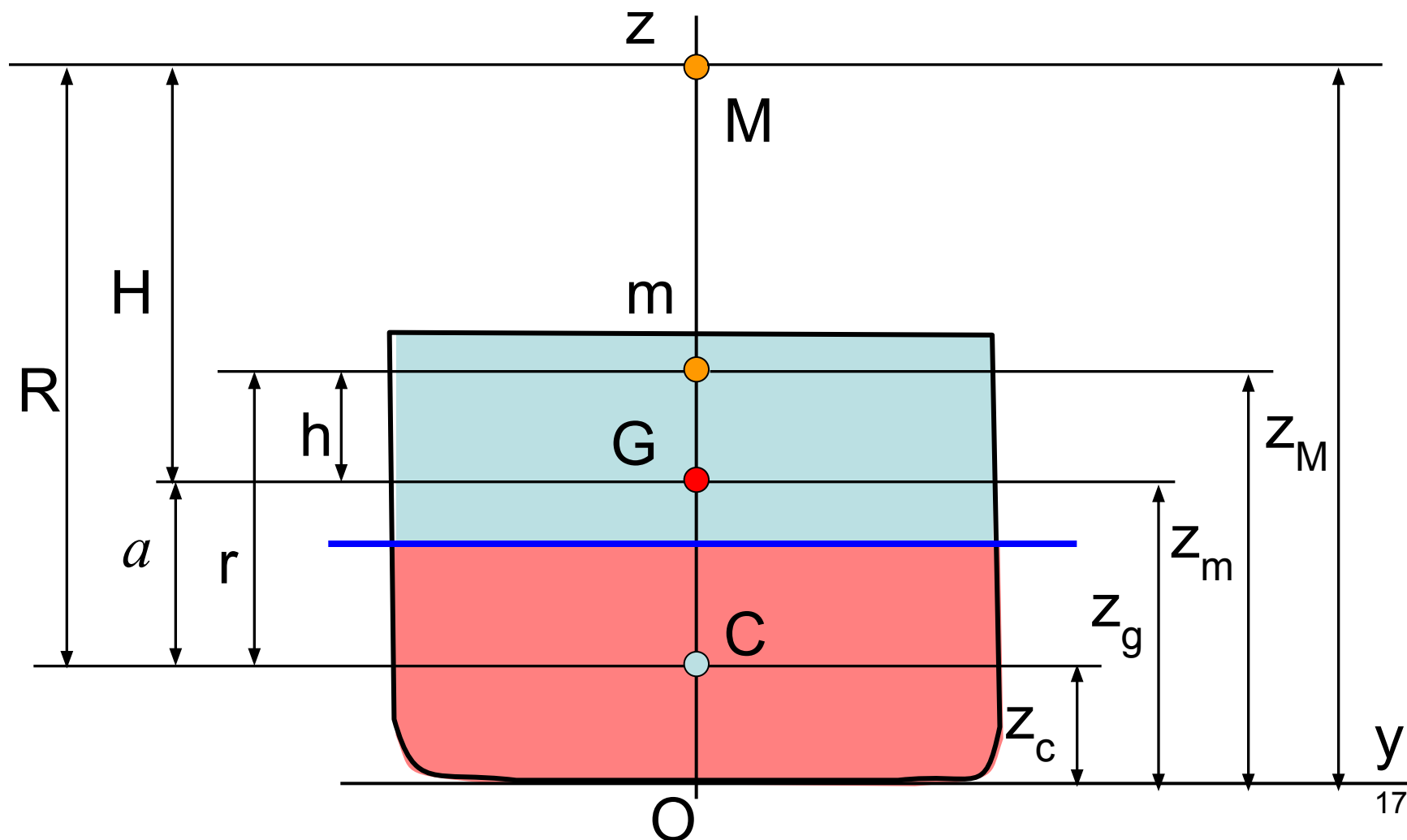
Метацентрические высоты (МЦВ)

- Метацентрической высотой называется возвышение метацентра над центром тяжести судна в положении равновесия
- Поперечным наклонениям соответствует поперечная (малая) МЦВ h
- Продольным наклонениям - продольная (большая) МЦВ H

Порядок величины h и H

- Для грузовых судов в полном грузу h имеет порядок 1,0 – 3 м
- Для наливных судов h имеет порядок до 10-13 м
- Продольная H для средних и крупнотоннажных судов имеет порядок сотен метров (200 - 500 и более)

Метацентрические высоты



Метацентрические высоты

$$h = z_m - z_g = z_c + r - z_g = r - a;$$

$$H = z_M - z_g = z_c + R - z_g = R - a;$$

$$a = z_g - z_c$$

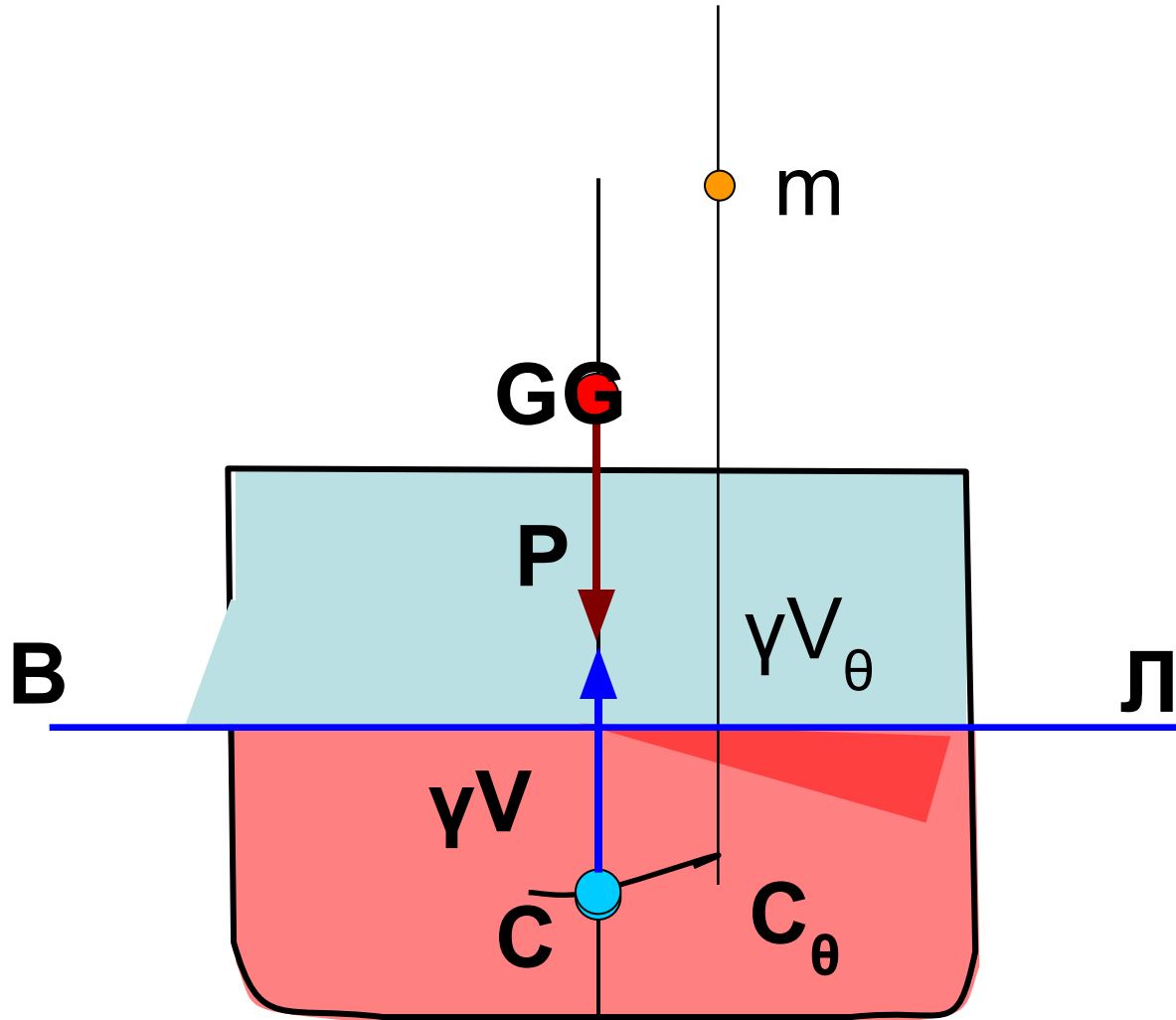
Для средних и больших судов a имеет
порядок нескольких метров

H и R близки по величине друг другу

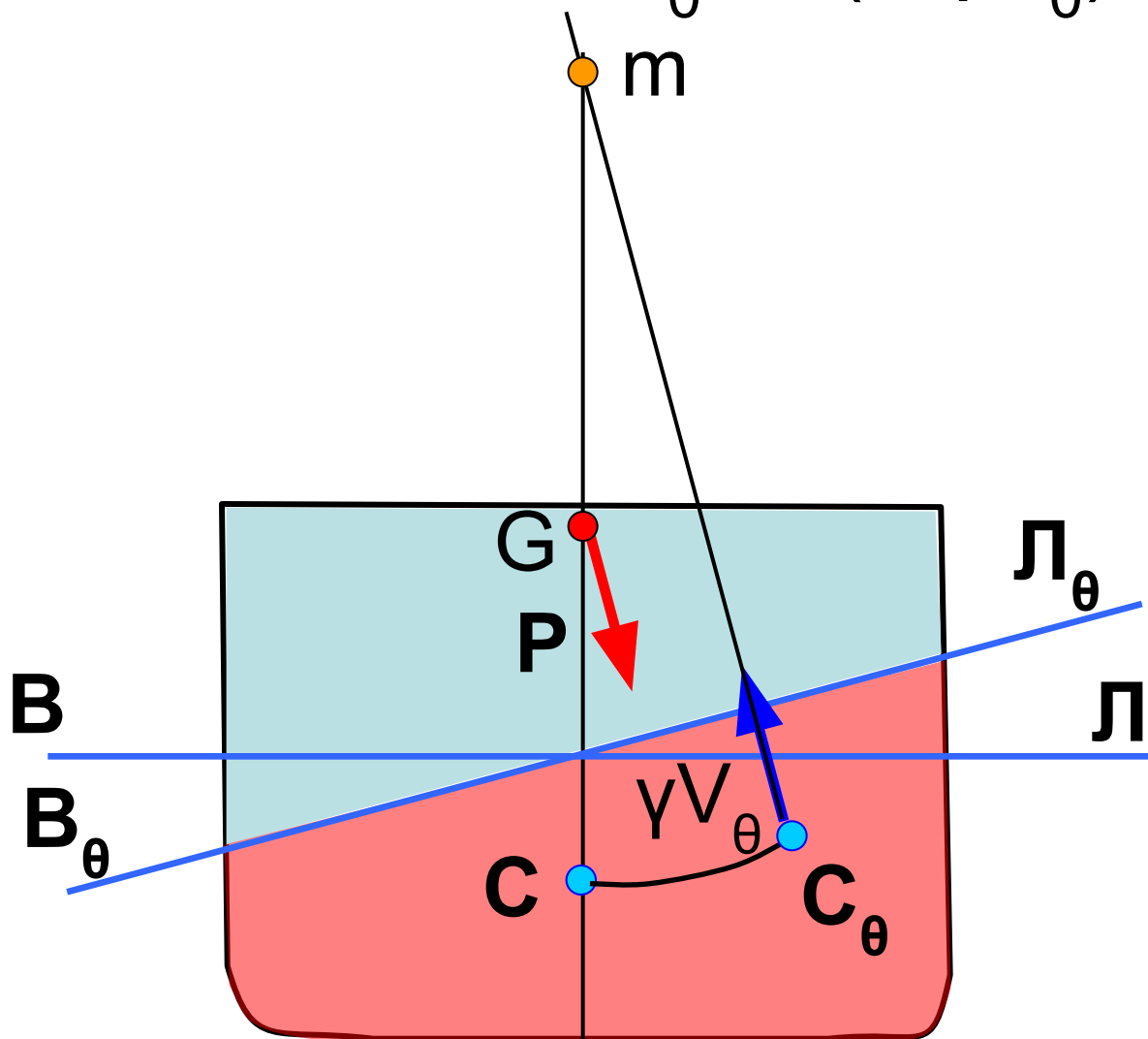
2. Восстанавливающие моменты

- Восстанавливающим моментом называют момент сил тяжести и плавучести, возникающий при наклонении судна
- Если судно устойчиво, этот момент препятствует наклонению и стремится вернуть судно в исходное положение

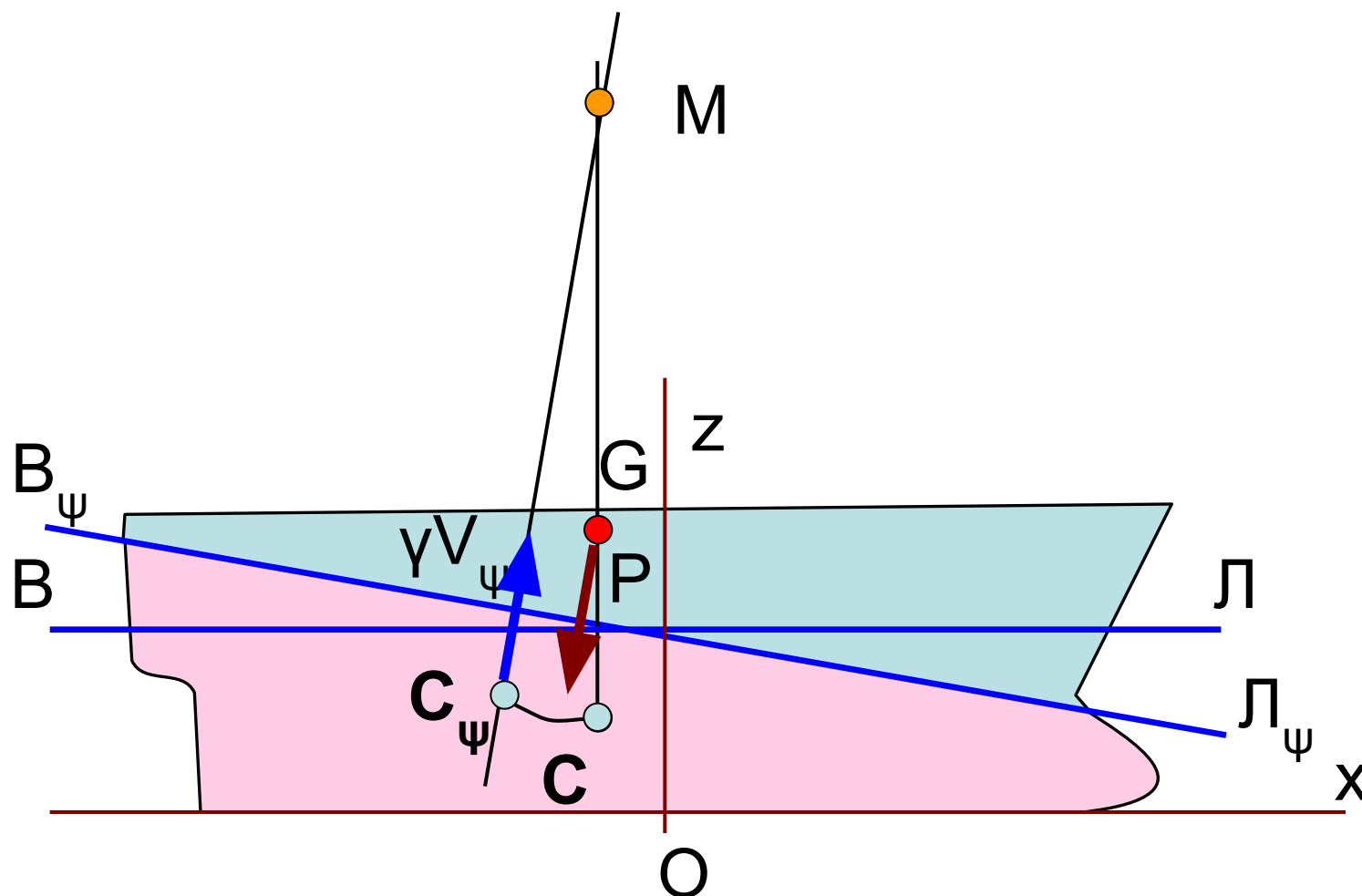
Момент пары сил ($P, \gamma V_{\theta}$) –
восстанавливающий момент



Поперечный восстанавливающий
момент $m_{\theta} = M(P, \gamma V_{\theta})$



Продольный восстанавливающий момент $M_\psi = M(P, \gamma V_\psi)$



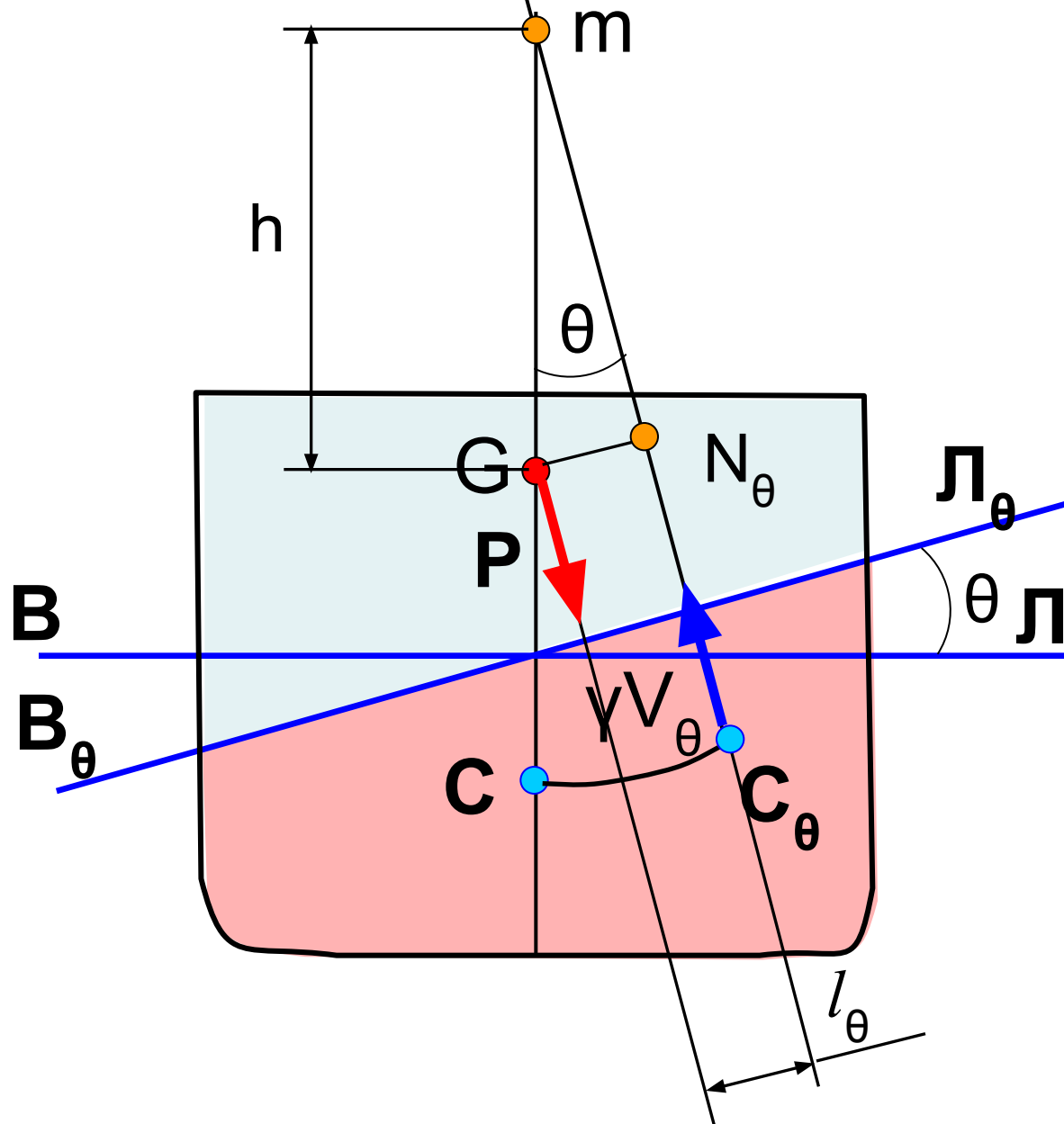
Знак восстанавливающего момента совпадает со знаком угла наклона, если момент препятствует наклону

- Для устойчивого судна:
 - m_θ при наклоне на ПБ имеет знак «+», на ЛБ – знак «-»
 - M_ψ – при наклоне на нос – имеет знак «+», на корму – знак «-»

3. Метацентрические формулы

Плечо статической устойчивости - это плечо восстанавливающего момента

- Поперечным наклонам соответствует плечо поперечной устойчивости l_{θ}
- Продольным наклонам соответствует плечо продольной устойчивости l_{ψ}



$$m_\theta = P l_\theta$$

$$l_\theta = h \sin \theta$$

$$m_\theta = P h \sin \theta$$

Для небольших θ и ψ :
 $\sin\theta = \theta$ и $\sin\psi = \psi$

$$l_{\theta} = h \theta$$

$$l_{\psi} = H \psi$$

$$m_{\theta} = Rh \theta$$

$$M_{\psi} = RH \psi$$

Метацентрические
формулы

статической
остойчивости

Значения углов подставляют в безразмерных
единицах – радианах ($1 \text{ рад} = 57,3^{\circ}$)

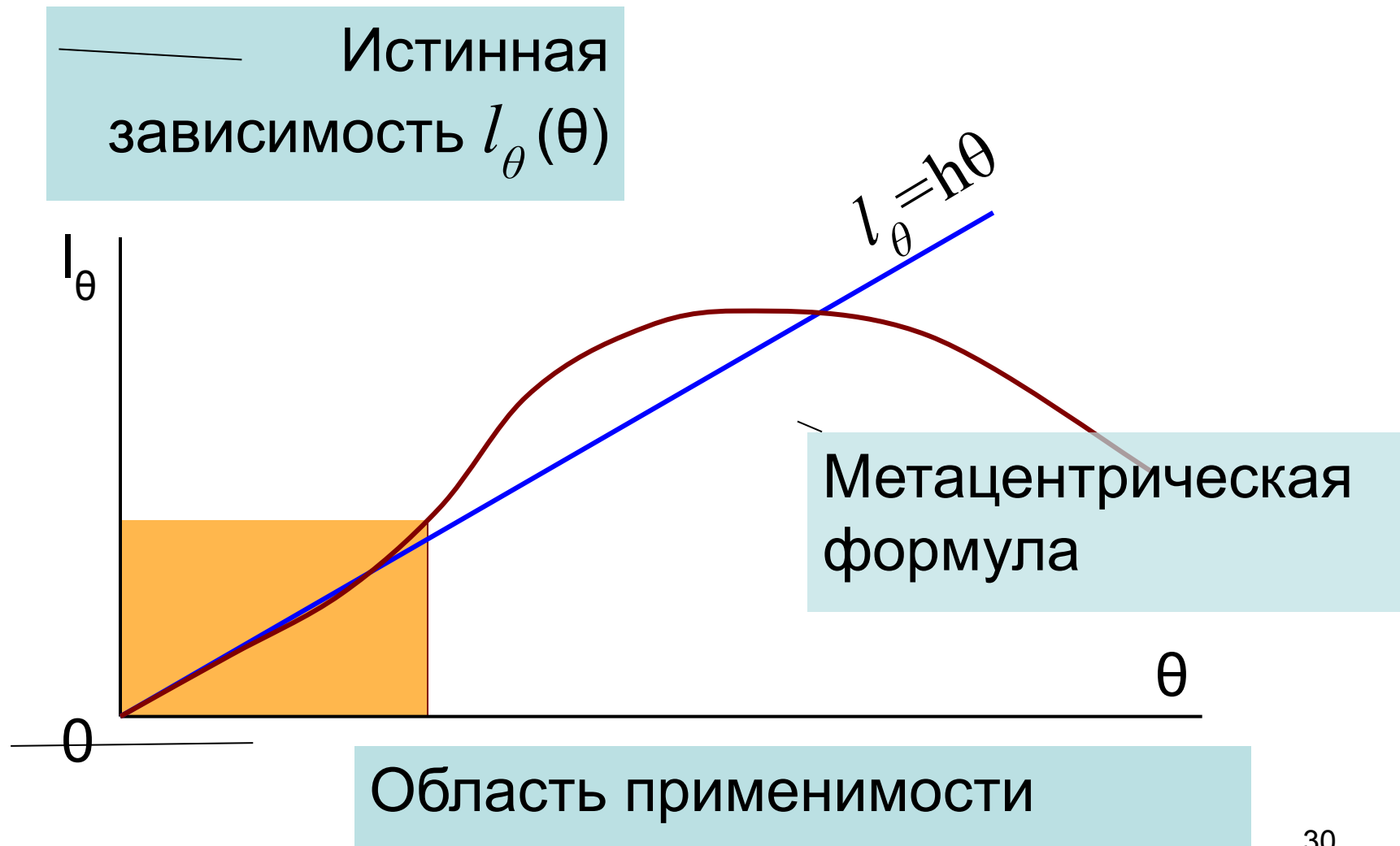
Точность метацентрических формул уменьшается с ростом углов крена и дифферента

- Формулы можно использовать при углах наклона:

$$|\theta| < (10-12)^\circ \quad \text{и} \quad |\psi| < 1,5^\circ$$

- В воду не должна войти палуба или оголиться скула или кормовой подзор

Пределы применимости метацентрических формул



4. Наклонения судна под действием малого внешнего момента

Ветер, перемещение груза, волны и т.п – внешнее воздействие на судно

- Внешний момент, наклоняющий судно, разделяют на:
 - $m_{кр}$ - кренящий момент, наклоняющий судно в поперечной плоскости
 - $M_{диф}$ - дифферентующий момент - в продольной плоскости

Знаки кренящего и дифферентующего моментов

- Кренящий момент $m_{кр} > 0$, если он действует в сторону ПБ
- Дифферентующий момент $M_{диф} > 0$, если он действует в сторону носовой оконечности

Равновесное положение судна

- При поперечном наклонении кренящему моменту $m_{кр}$ препятствует восстанавливающий момент m_{θ}
- При $m_{\theta} = m_{кр}$ судно окажется в положении равновесия

Определение углов крена и дифферента

$Rh\theta = m_{кр}$,
отсюда:

$$\theta_p = \frac{m_{кр}}{Rh};$$

$$\theta_p^\circ = 57,3^\circ \frac{m_{кр}}{Rh}$$

$RH\psi = M_{диф}$, отсюда:

$$\psi_p = \frac{M_{диф}}{RH};$$

$$\psi_p^\circ = 57,3^\circ \frac{M_{диф}}{RH}$$

Полученные формулы используют в эксплуатационных расчетах

- Формулы можно применять только при положительной начальной остойчивости судна ($h > 0$)
- Пределы применения этих формул те же, что и для метацентрических формул ($|\theta| < (10-12)^\circ$ и $|\psi| < 1,5^\circ$)

Задание на самостоятельную работу

- Теория судна, ГМА 2009:
п.п. 2.3, 2.4, 2.5

Конец