

ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова

Факультет навигации и связи

Кафедра МиУС

Коротков Б.П.

Теория судна. Статика

Лекция № 8

**Динамические
наклонения судна**



Вопросы лекции

1. Наклонение судна при динамическом воздействии кренящего момента
2. Диаграмма динамической устойчивости

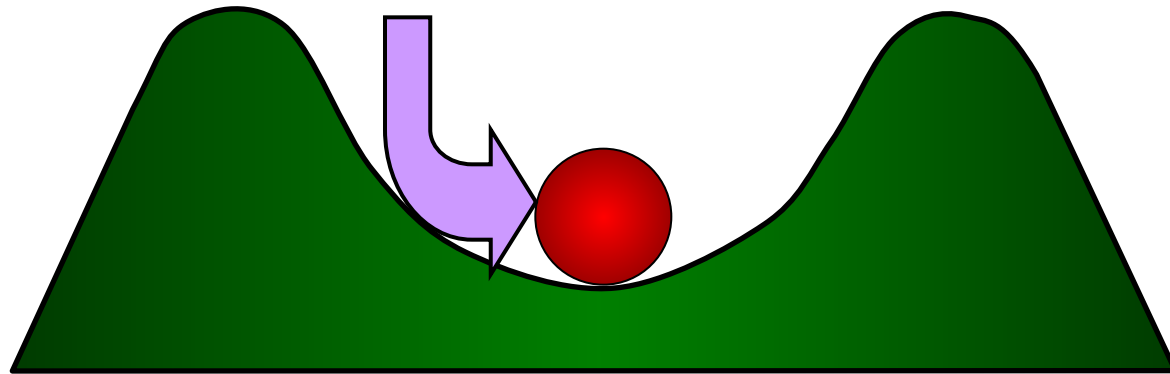
Знание, понимание и профессиональные навыки в соответствии с минимальным стандартом компетентности для вахтенных помощников капитана судов (в соответствии с ПДНВ)

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

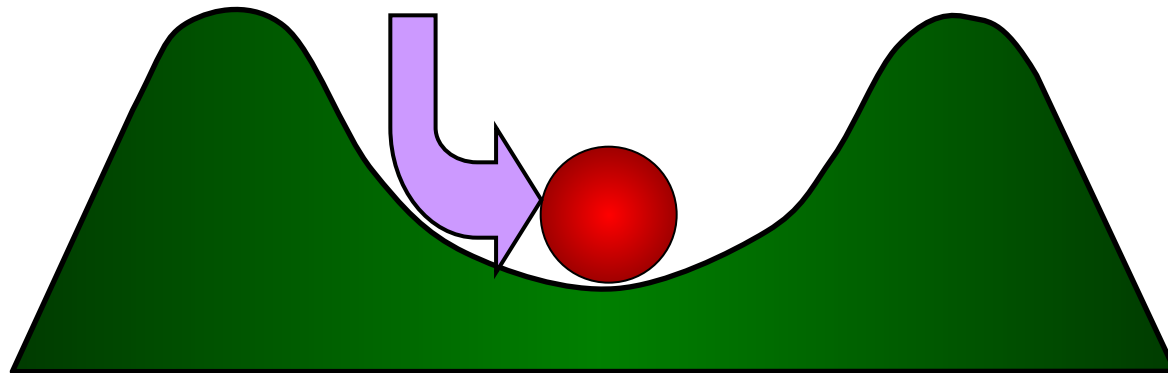
Знание, понимание и профессиональные навыки в соответствии с минимальным стандартом компетентности для капитанов и старших помощников капитана (в соответствии с ПДНВ)

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. Наклонение судна при динамическом воздействии кренящего момента



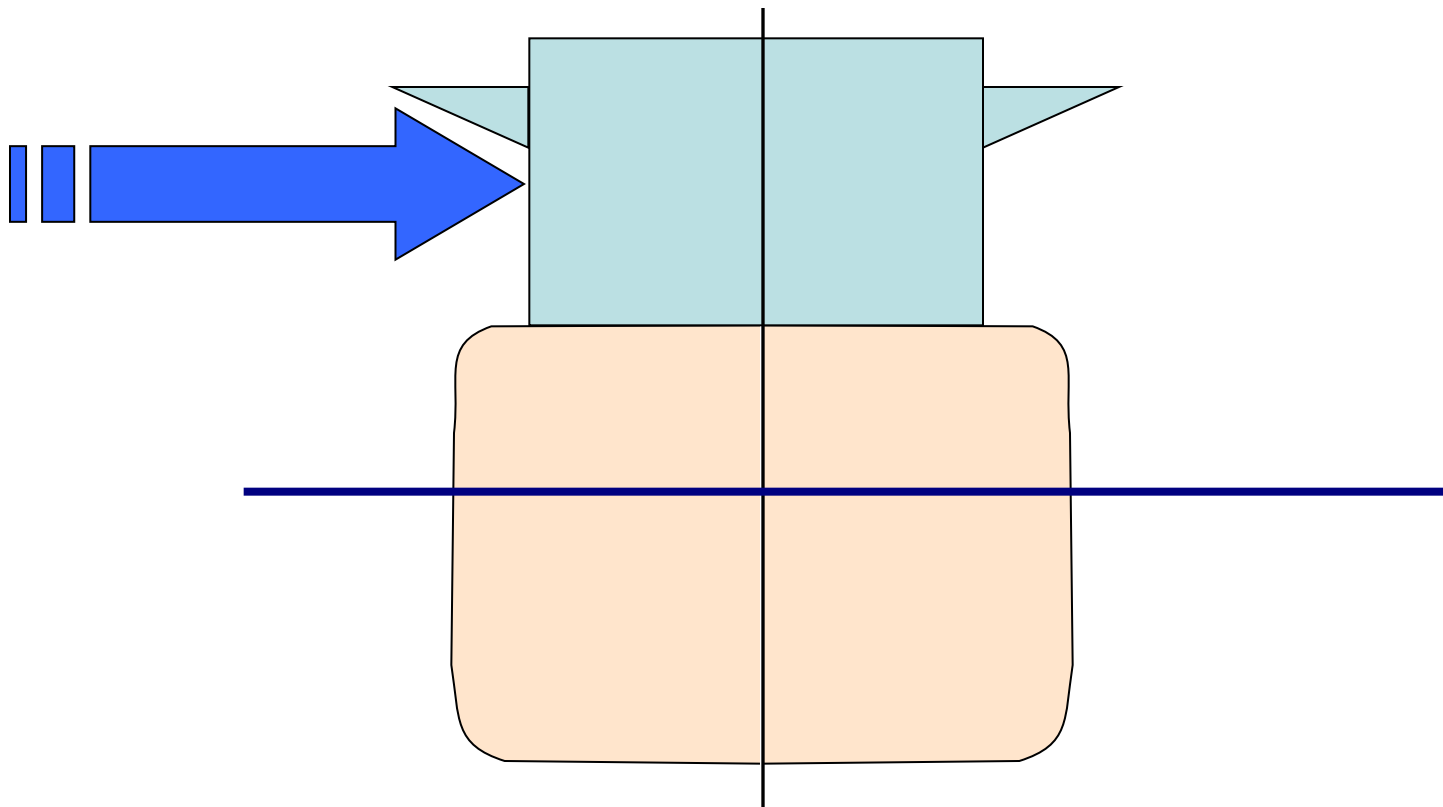
Статическое (медленное) воздействие



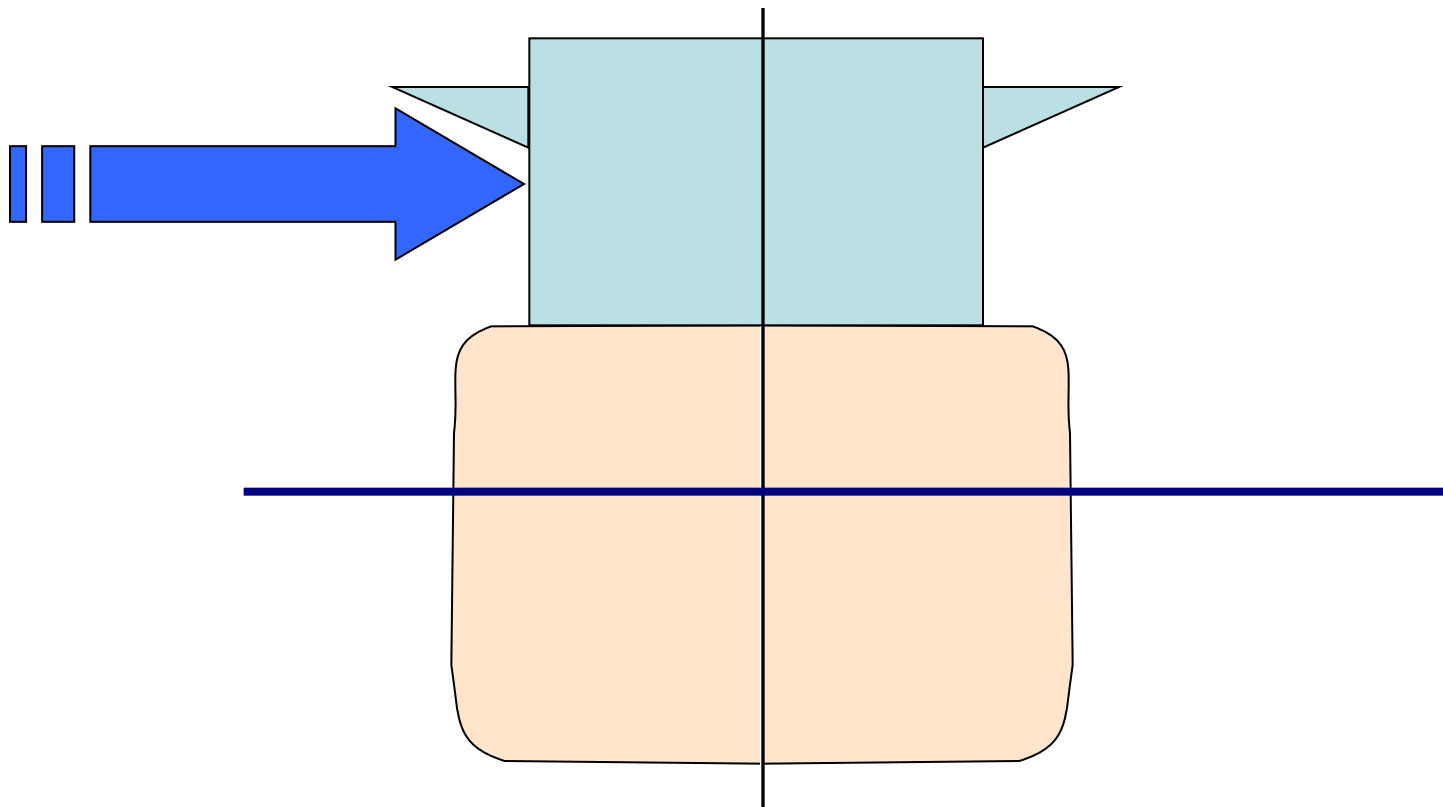
Динамическое (мгновенное) воздействие

- Динамическое наклонение – это наклонение, происходящее с заметной угловой скоростью, которой нельзя пренебречь
- Примеры динамических наклонений:
 - Порыв шквального ветра;
 - Рывок буксирного троса;
 - Воздействие на судно одиночной волны

- Динамический кренящий момент $m_{кр \partial}$ — это внешний момент, действующий кратковременно
- Динамический угол крена θ_{∂} — это наибольший угол крена, которого достигнет судно при воздействии $m_{кр \partial}$
- Динамическая остойчивость — это способность судна выдерживать, не опрокидываясь, динамическое воздействие



Статический (равновесный) угол крена θ_p



Динамический (неравновесный) угол крена θ_{δ}

- В процессе динамического наклона на судно действуют:
 - кренящий момента $m_{крд}$
 - восстанавливающий момент m_{θ}
- Угловая скорость судна сначала увеличивается, затем уменьшается
- При достижении креном величины θ_{δ} судно останавливается: угловая скорость равна нулю

- Судно приобретает кинетическую энергию (КЭ) за счет работы моментов $m_{крд}$ и m_{θ}
- При достижении креном величины θ_d кинетическая энергия судна равна нулю (движение прекратилось):
- При $\theta = \theta_d$ КЭ = 0

- A_θ и U_θ - это работы $m_{кр}$ и m_θ :

$$A_\theta = \int_0^\theta m_{кр}(\varphi) d\varphi, \quad U_\theta = \int_0^\theta m_\theta(\varphi) d\varphi$$

- φ - текущее значение угла крена θ
- Кинетическая энергия равна разности работ моментов:

$$КЭ = A_\theta - U_\theta$$

- Кинетическая энергия:

$$A_{\theta} - U_{\theta} = \int_0^{\theta} (m_{\text{кр}} - m_{\theta}) d\varphi;$$

при $\theta = \theta_{\text{д}}$: $A_{\theta} - U_{\theta} = 0$

или:

$$A_{\theta} = U_{\theta}$$

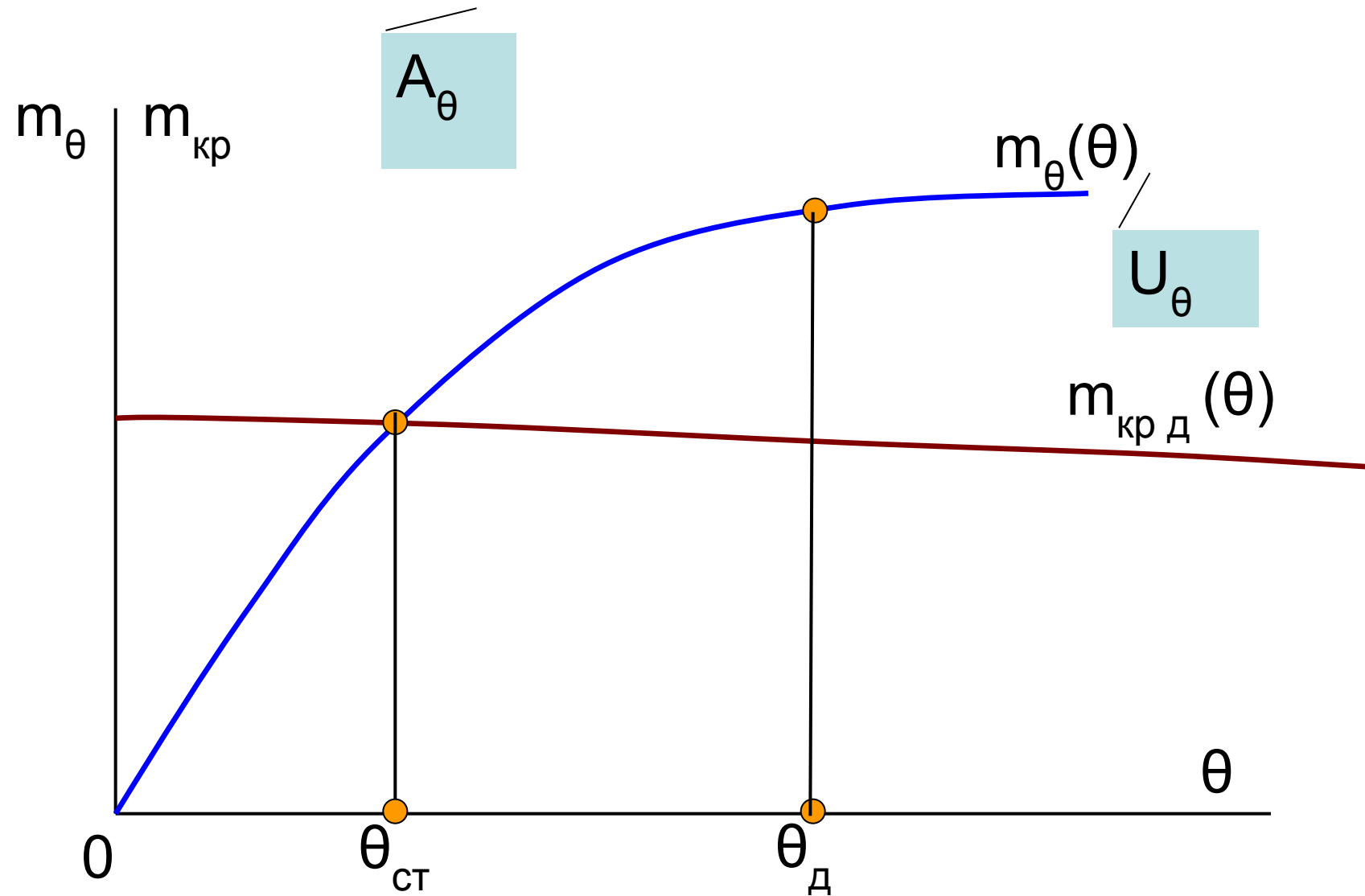
Условие для определения динамического угла крена

- При достижении судном угла θ_0 работа кренящего момента, совершенная над судном, становится равной работе восстанавливающего момента

- Иначе это условие можно записать в виде:
- при $\theta = \theta_{\text{д}}$:

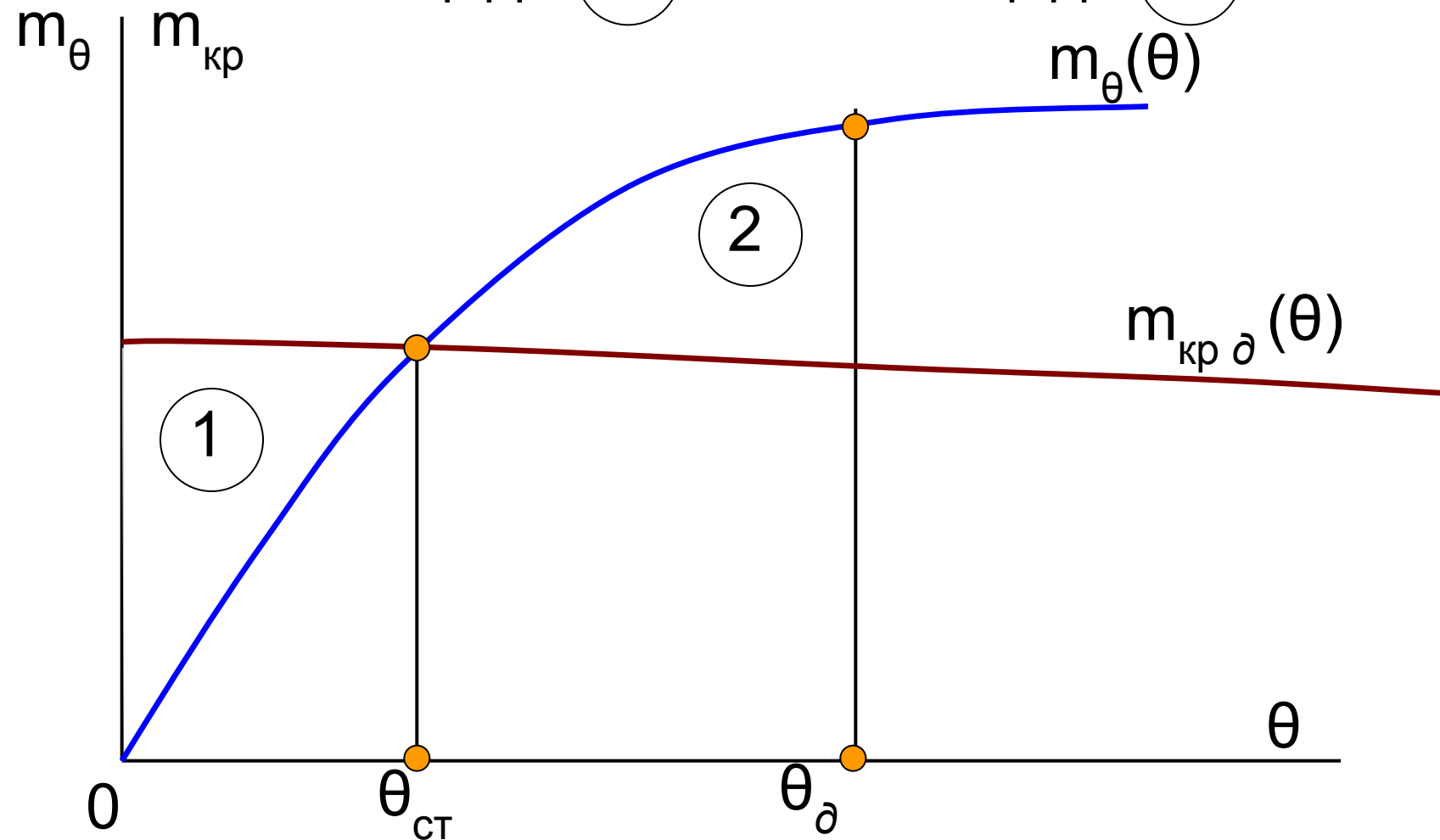
$$\int_0^{\theta_{\text{д}}} m_{\text{кр}}(\varphi) d\varphi = \int_0^{\theta_{\text{д}}} m_{\theta}(\varphi) d\varphi$$

$$A_{\theta} = U_{\theta}$$



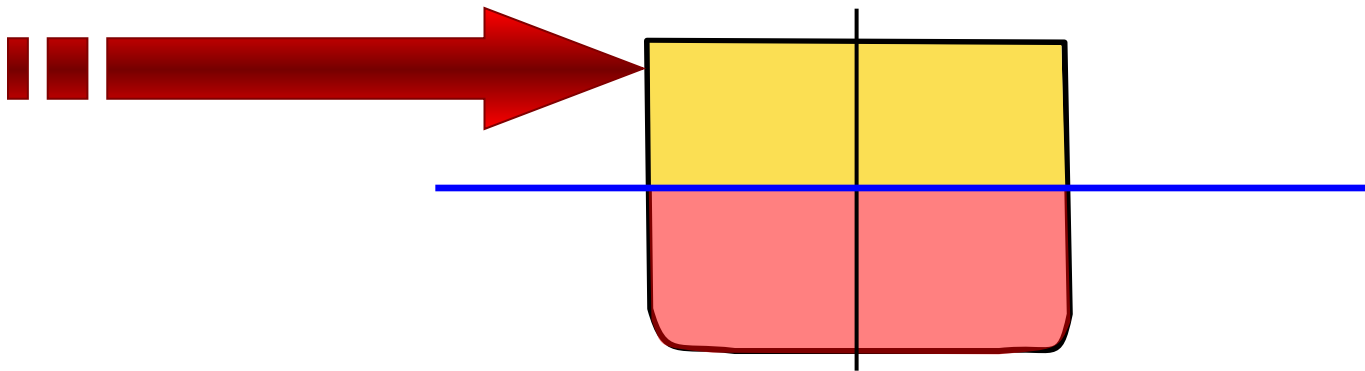
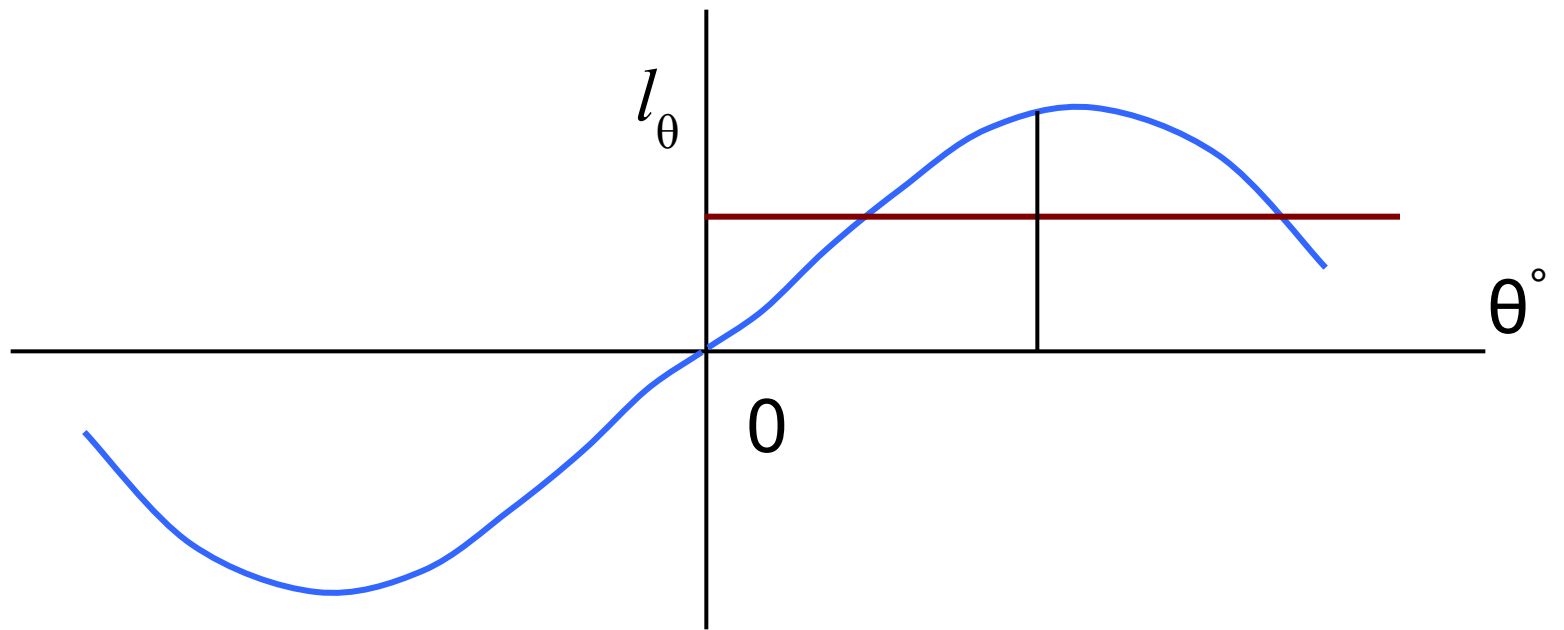
Определение величины $\theta_{\text{д}}$

Площадь (1) = Площади (2)



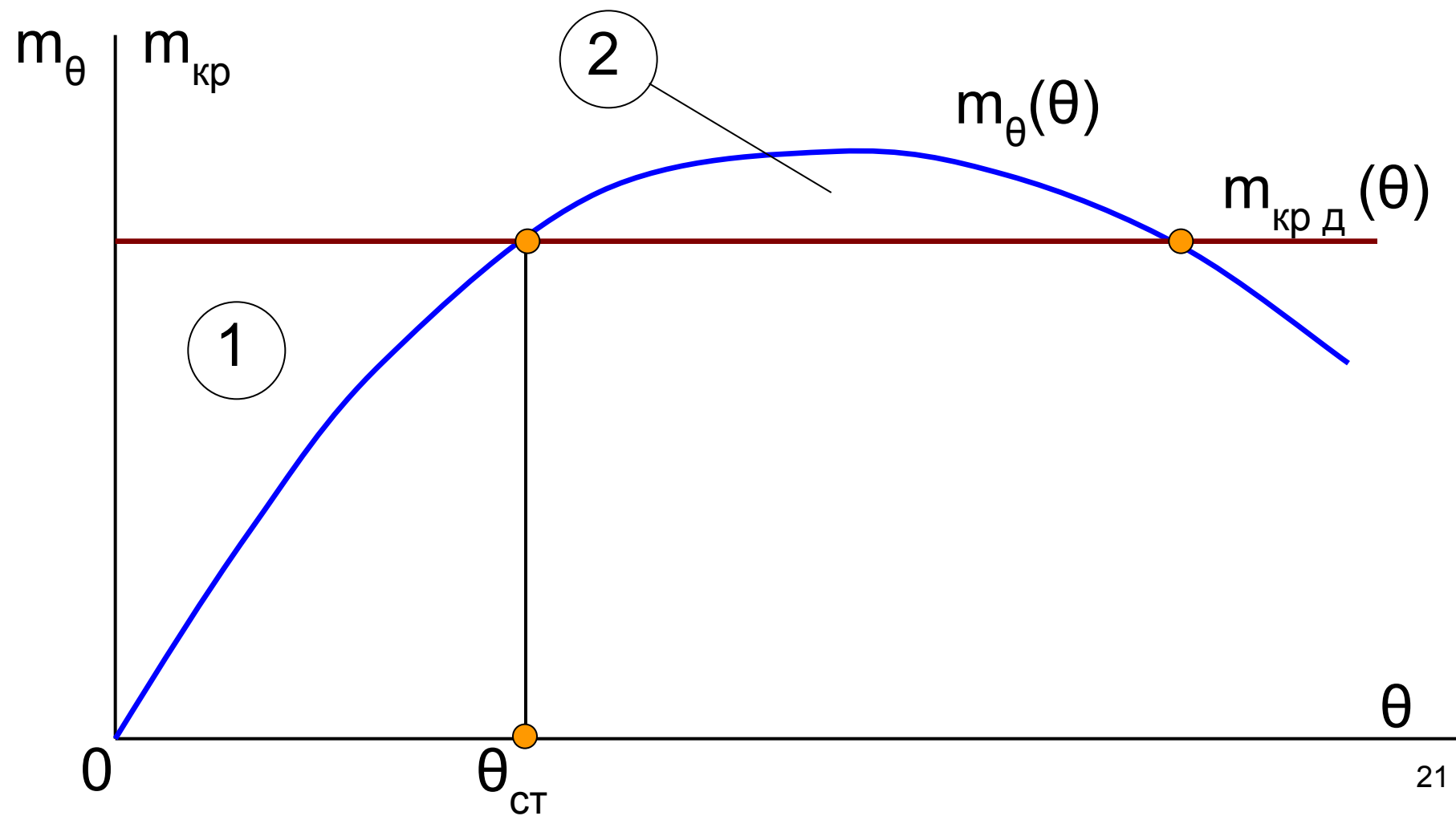
- При использовании ДСО в масштабе плеч, на нее наносится график плеча динамического кренящего момента $l_{\theta\partial}(\theta)$:

$$l_{\text{кр } \partial}(\theta) = \frac{m_{\text{кр } \partial}(\theta)}{g \Delta}$$



$$\textcircled{1} > \textcircled{2}$$

Судно опрокинется

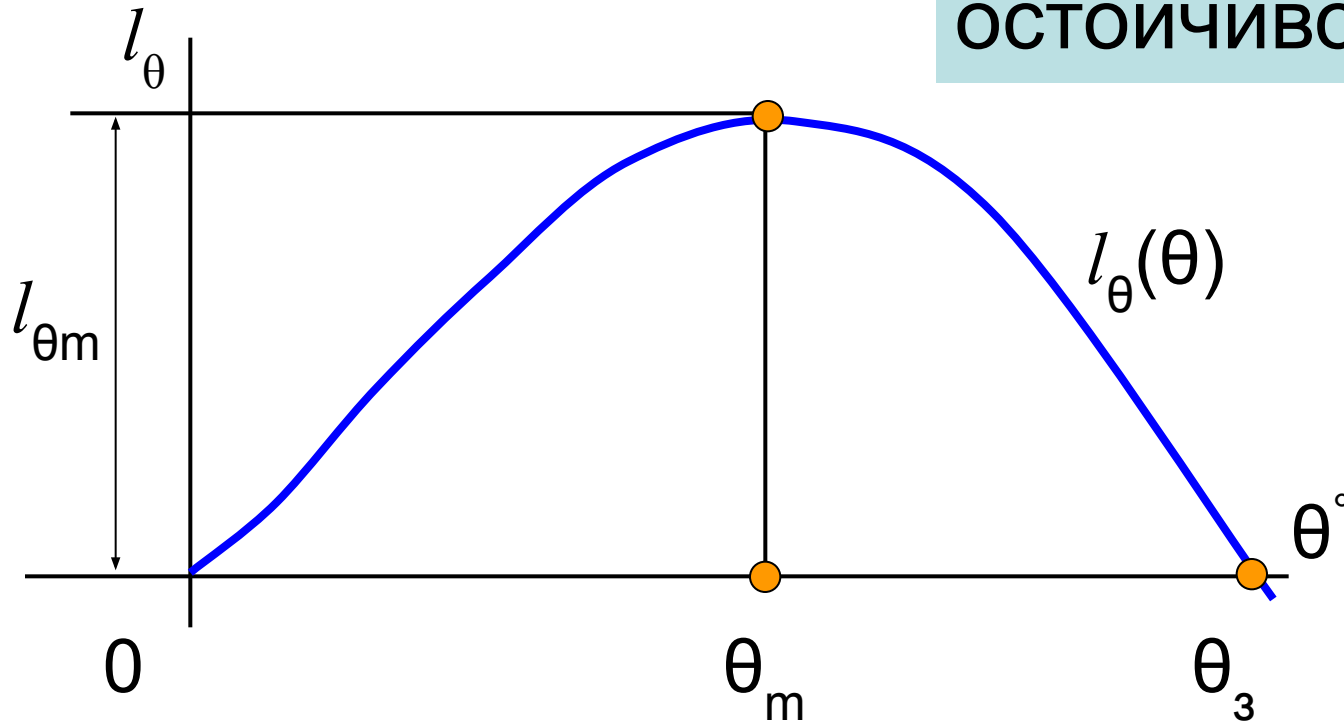


1. Динамические наклонения всегда опаснее статических: $\theta_{\partial} > \theta_{\text{ст}}$
2. Как правило, $\theta_{\partial} > 2 \theta_{\text{ст}}$. В упрощенных оценках часто полагают $\theta_{\partial} = 2 \theta_{\text{ст}}$
3. Площадь, ограниченная ДСО и осью углов, характеризует способность судна выдерживать динамические наклонения

Запас динамической ОСТОЙЧИВОСТИ

Запас динамической
ОСТОЙЧИВОСТИ судна – это вся
площадь, ограниченная ДСО и
осью углов в пределах от $\theta=0$ до
 $\theta = \theta_3$

Запас динамической остойчивости

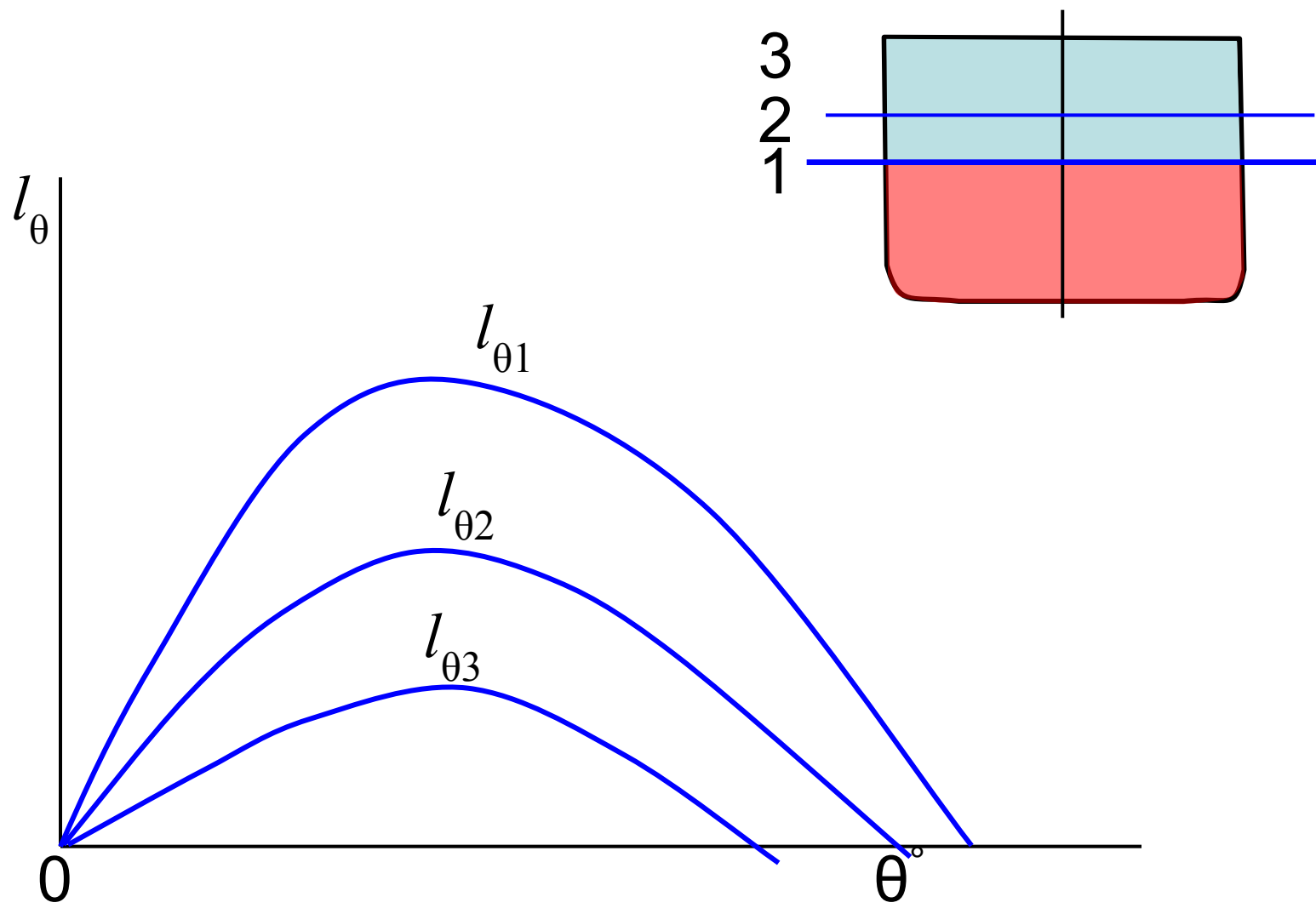


Запас динамической устойчивости зависит от:

- величин θ_m и $l_{\theta m}$
- формы ДСО

Роль высоты надводного борта

- Угол максимума ДСО θ_m и плечо максимального восстанавливающего момента l_{θ_m} зависят от высоты надводного борта судна
- Увеличение высоты надводного непроницаемого борта ведет к увеличению запаса динамической устойчивости



Сохранение высоты надводного
непроницаемого борта ведет к
сохранению запасов
плавучести, статической и
динамической остойчивости

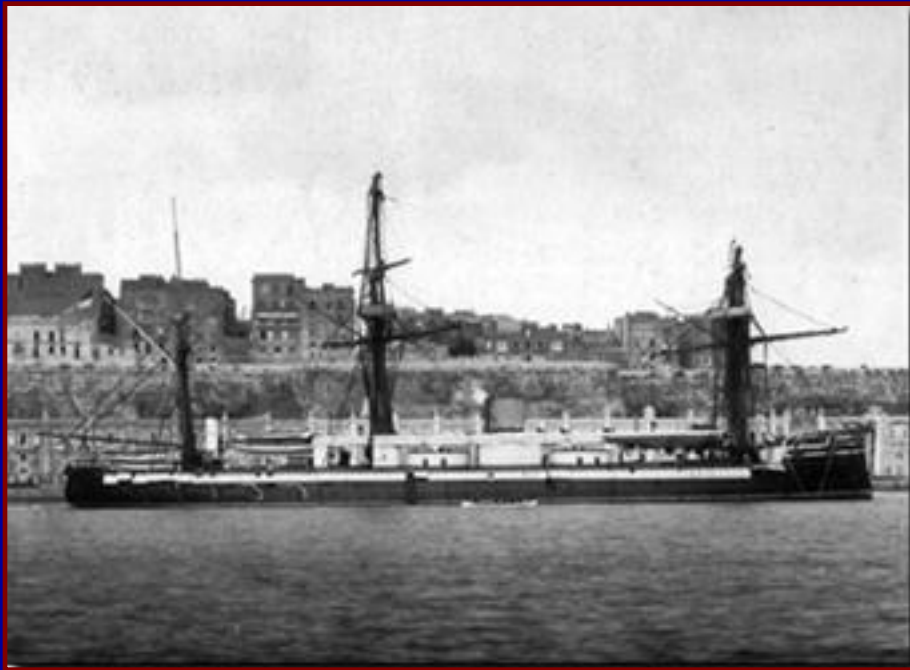
“Captain” и “Monarch”



Edward James Reed



Capt. Cowper Coles



HMS “Monarch”



HMS “Captain”

Высота надводного борта “Monarch”
более, чем в два раза превосходила
высоту надводного борта “Captain”

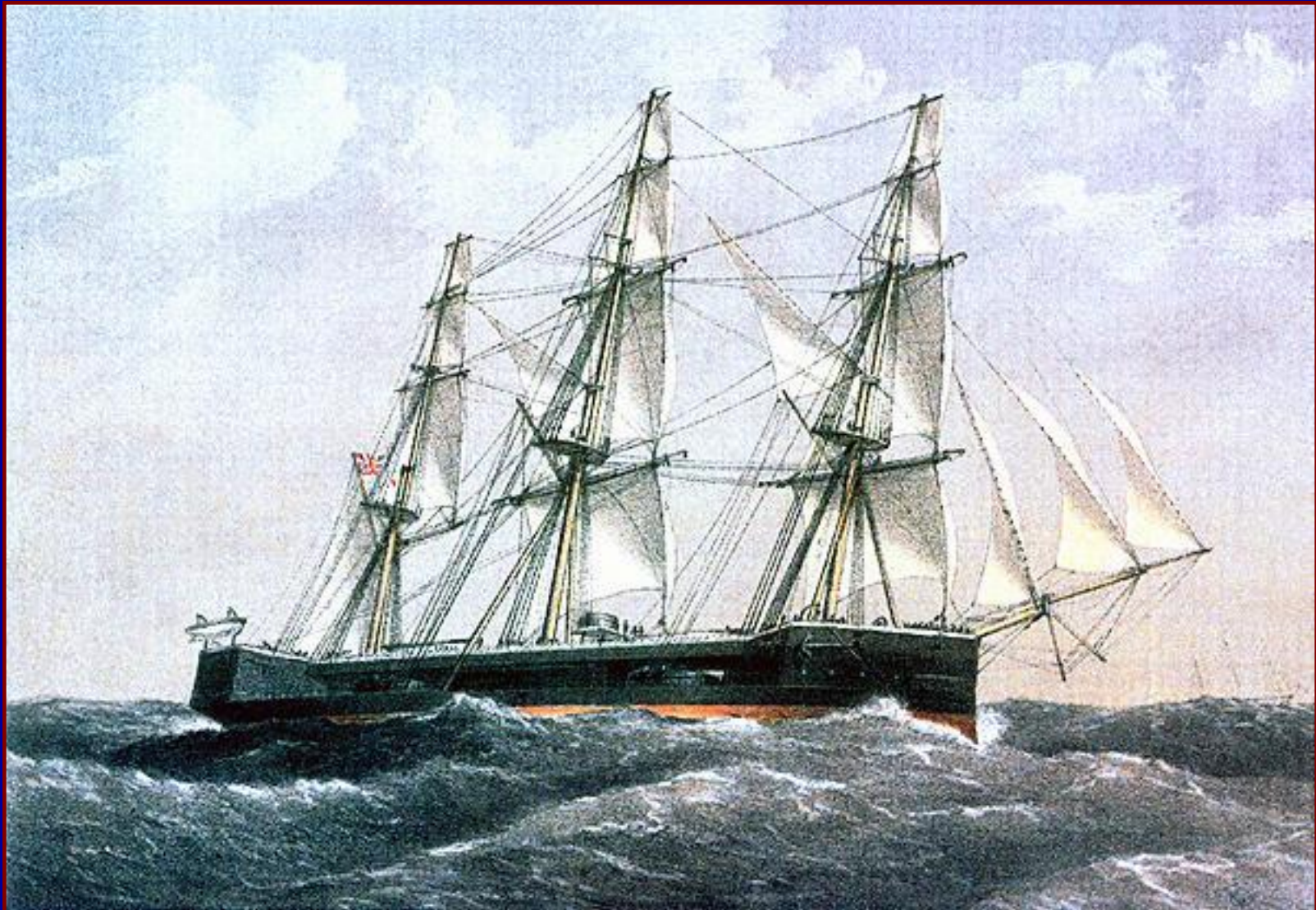
Модель «Captain»



7 сентября 1870г

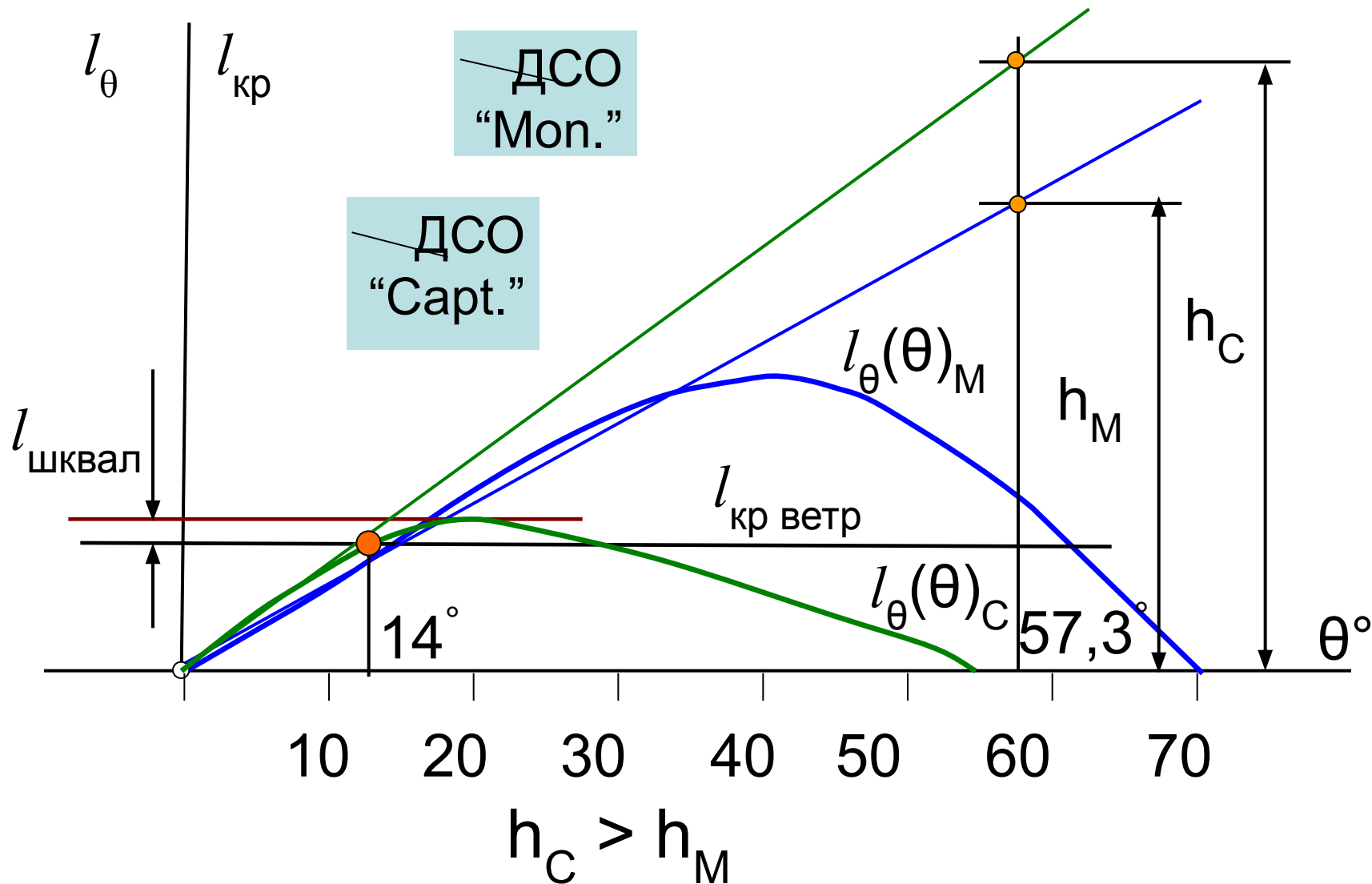
- Во время парусной гонки, устроенной командующим эскадрой, «Кэптен» погиб, опрокинувшись под воздействием порыва шквального ветра
- Погибли 480 членов экипажа, включая капитана Кольза и проектировщика. Спаслись 17 человек на кормовом баркасе.

6 сентября 1870г



7 сентября 1870г





Запас дин. остойч. "Mon." значительно больше запаса дин. остойч. "Capt."

2. Диаграмма динамической ОСТОЙЧИВОСТИ

- Работа восстанавливающего момента на рассматриваемом наклонении U_{θ} - это мера динамической устойчивости
- В морской практике в качестве меры используется плечо динамической устойчивости:

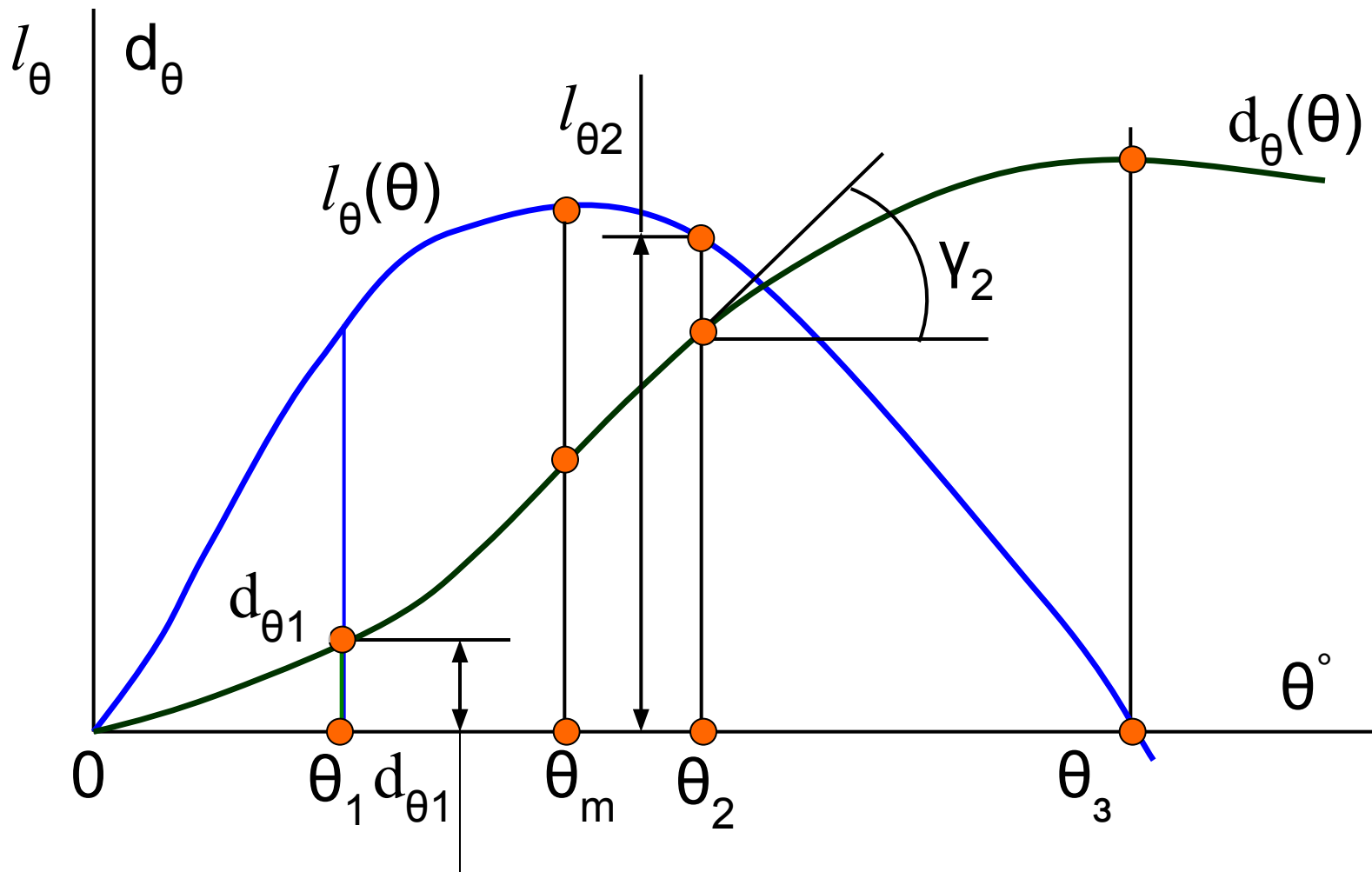
$$d_{\theta} = \frac{U_{\theta}}{g\Delta} = \int_0^{\theta} l_{\theta}(\varphi) d\varphi$$

Диаграмма динамической остойчивости (ДДО)

- Диаграмма динамической устойчивости – это зависимость плеча динамической устойчивости от угла крена при постоянной нагрузке судна:

$$d_{\theta}(\theta) \quad \text{при } \Delta, z_g = \text{const}$$

Связь ДДО и ДСО



Свойства диаграммы динамической устойчивости:

1. Ордината ДДО равна площади, ограниченной ДСО, осью углов и пределами, в которых совершается наклонение
2. Точка перегиба ДДО соответствует максимуму ДСО
3. Максимум ДДО соответствует углу заката ДСО

Свойства диаграммы динамической устойчивости:

4. ДДО положительна для наклонений на оба борта
5. Тангенс угла наклона касательной к ДДО равен соответствующей ординате ДСО

Задание на самостоятельную работу

- Теория судна. Статика. ГМА, 2009
- Стр. 77 – 85.

Конец