



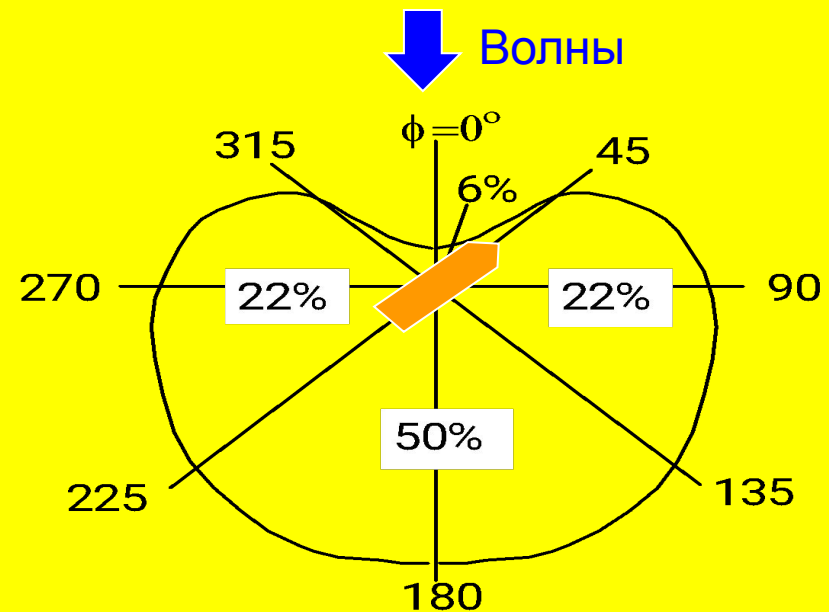
# НОРМИРОВАНИЕ ОСТОЙЧИВОСТИ И НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ

# Почему понадобились какие-то Нормы устойчивости?

- Потому что суда гибнут прежде всего от потери устойчивости. **Опрокидывание происходит быстро, затопление – медленно!!!**
- Когда суда гибнут чаще всего? В каких ситуациях надо обеспечить достаточную устойчивость прежде всего?

# Вероятность гибели судна

- Опрокидывание судна – случайное событие
- Зависит ли вероятность гибели судна из-за потери устойчивости от того, каким курсом по отношению к волнам и ветру судно идёт?
- Да.
- Вот что показывает аварийная статистика
- Следовательно, обеспечивать устойчивость надо прежде всего в положении **лагом** к волнению и на **попутном** волнении

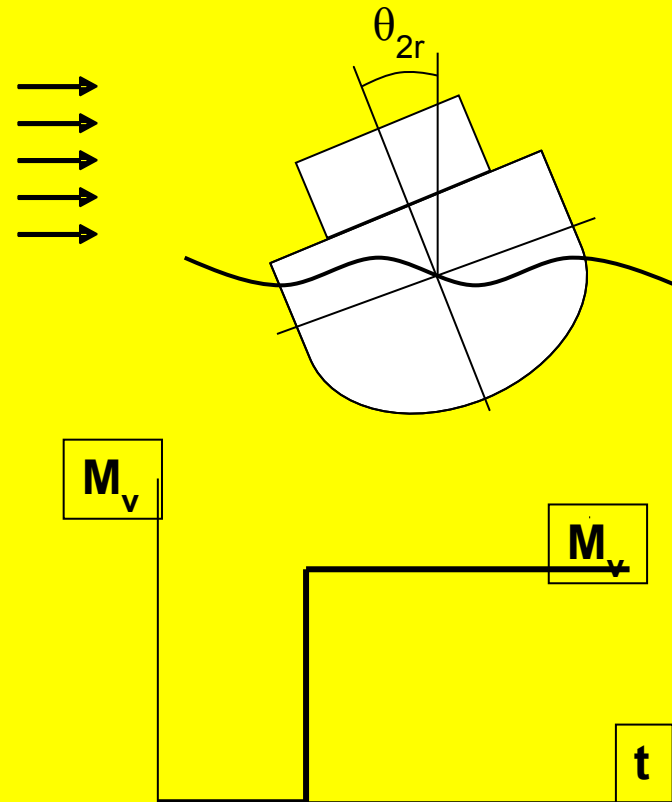


## Расчётная ситуация «Критерий погоды» в Требованиях Российского Морского Регистра судоходства («старых»)

- Судно стоит лагом к волнению и ветру и должно, не опрокидываясь, противостоять одновременному действию динамически приложенного давления ветра и бортовой качки
- Волны качают судно с амплитудой  $\theta_{2r}$

# Критерий погоды

- В тот момент, когда судно качнулось на один борт,
- со стороны этого борта налетает шквал
- Он создаёт постоянный кренящий момент  $M_v$



# Критерий погоды

- Критерий погоды – это отношение опрокидывающего момента  $M_c$  к кренящему  $M_v$ :

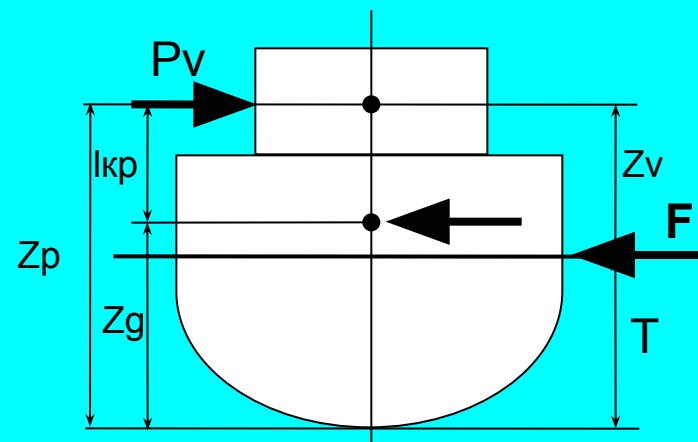
$$K = M_c / M_v$$

- Кренящий момент  $M_v$  создаётся силой давления ветра  $\dot{P}_v$
- и силой инерции судна  $\dot{F}$

$$M_v = P_v l_{kp}$$

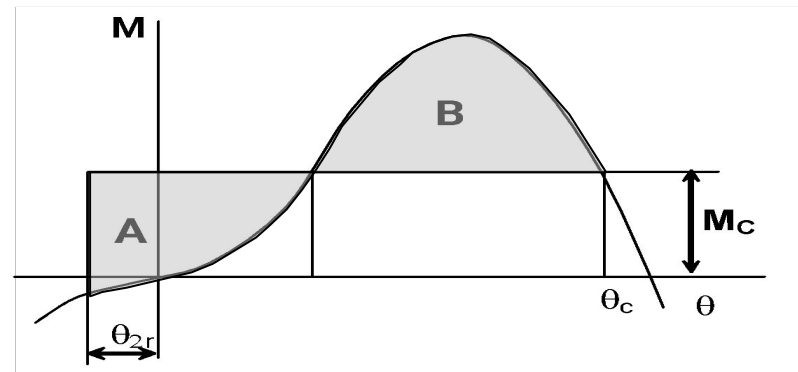
- Однако с некоторой ошибкой в безопасную сторону Регистр рекомендует эту силу прикладывать не на уровне ЦТ, а на уровне ватерлинии. Тогда

$$M_v = P_v Z_v$$

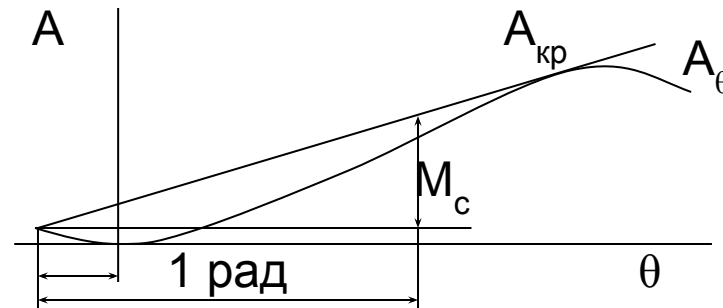


# Определение опрокидывающего момента

- Опрокидывающий момент  $M_c$  определяется графически по ДСО (при  $A=B$ )



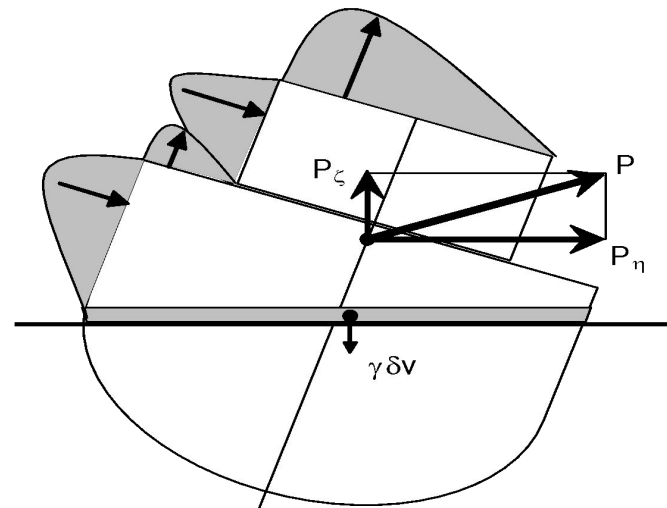
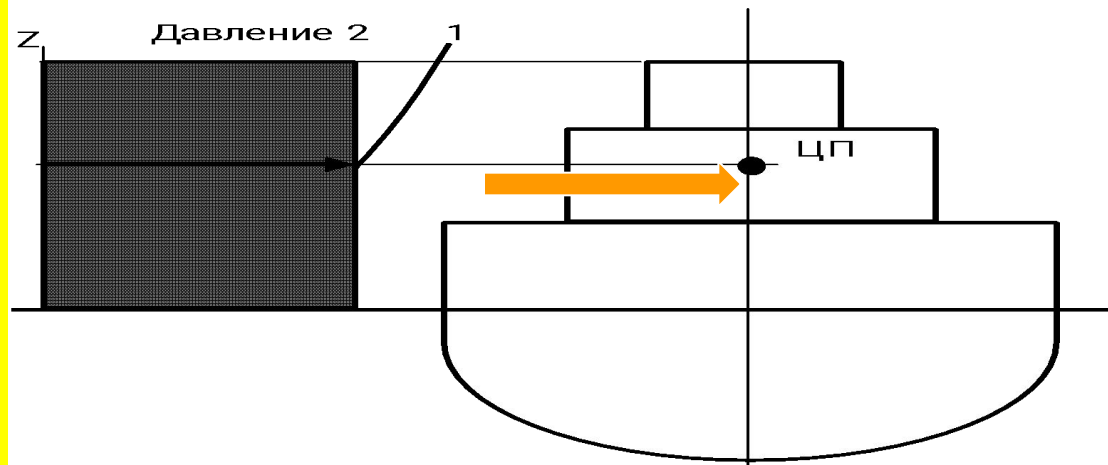
- или по ДДО





# Допущения :

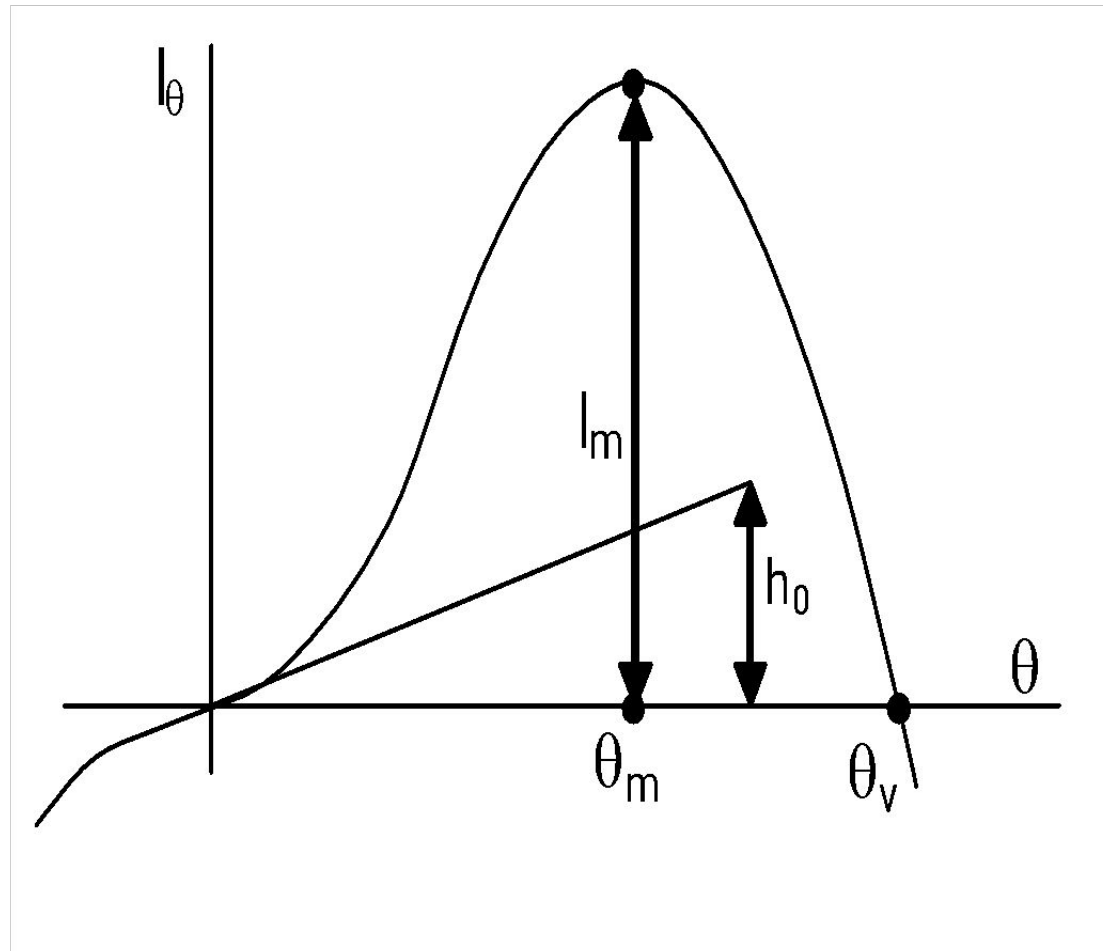
- Давление **постоянное** по высоте и такое, как на высоте ЦП
- Равнодействующая силы давления строго горизонтальна и проходит через ЦП
- ДСО – как на **тихой воде** без учёта профиля волны
- При действии шквала судно опрокидывается в **первом размахе**





# Требования Российского Морского Регистра судоходства («старые»)

- Требования к ДСО – в зависимости от типа судна
- $h_0 > 0$  м
- $l_m \geq 0.20 - 0.25$  м
- $\theta_m \geq 30^\circ$
- $\theta_v \geq 60^\circ$



# Статистика выживаемости рыболовных судов

Страна	Из каждых 10000 списочного состава судов гибнет от потери остойчивости ежегодно (в среднем), единиц	Процент гибнущих судов, %	Вероятность выжить за 20 лет
СССР	1,0	0,2	0,998
Анлия	8,5	1,7	0,983
ФРГ	10,6	2,1	0,979
США	13,1	2,6	0,974
Япния	29,8	5,8	0,942

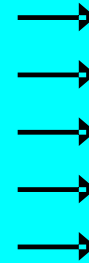
- Не нарушать нормы остойчивости выгодно!**

# Требования ИМО

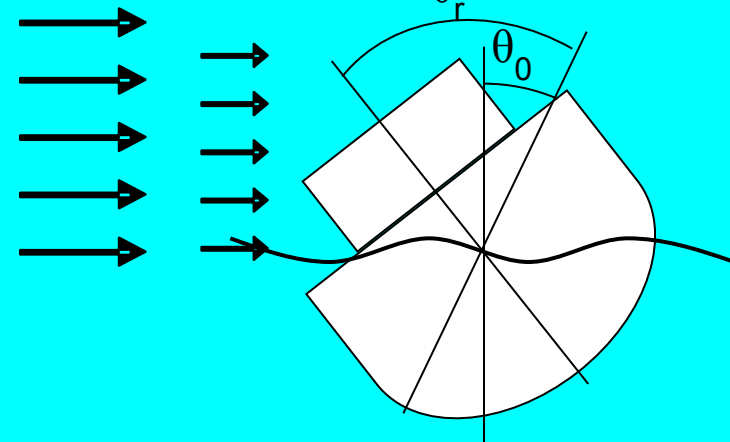
## («новые» требования Российского Морского Регистра судоходства)

- Критерий погоды
- Судно находится под действием постоянного ветра, направленного перпендикулярно ДП, которому соответствует плечо  $l_{w1}$
- От угла крена  $\theta_0$ , вызванного постоянным ветром,
- судно под воздействием волн кренится на наветренный борт на угол, равный амплитуде  $\theta_r$
- На накрённое судно действует порыв ветра, которому соответствует плечо  $l_{w2} = 1,5 l_{w1}$

Постоянный



Порыв



# Критерий погоды

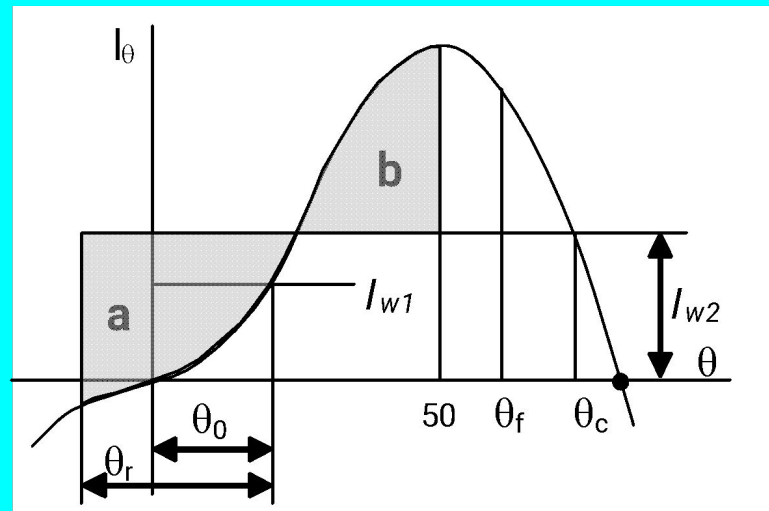
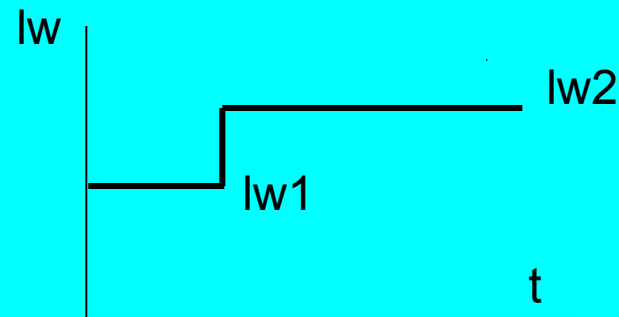
Схема действия кренящего момента

- Сравниваются площади «а» и «b»

Площадь b ограничена углом  $50^\circ$  или углом заливания  $\theta_f$  или углом  $\theta_c$  (что меньше)

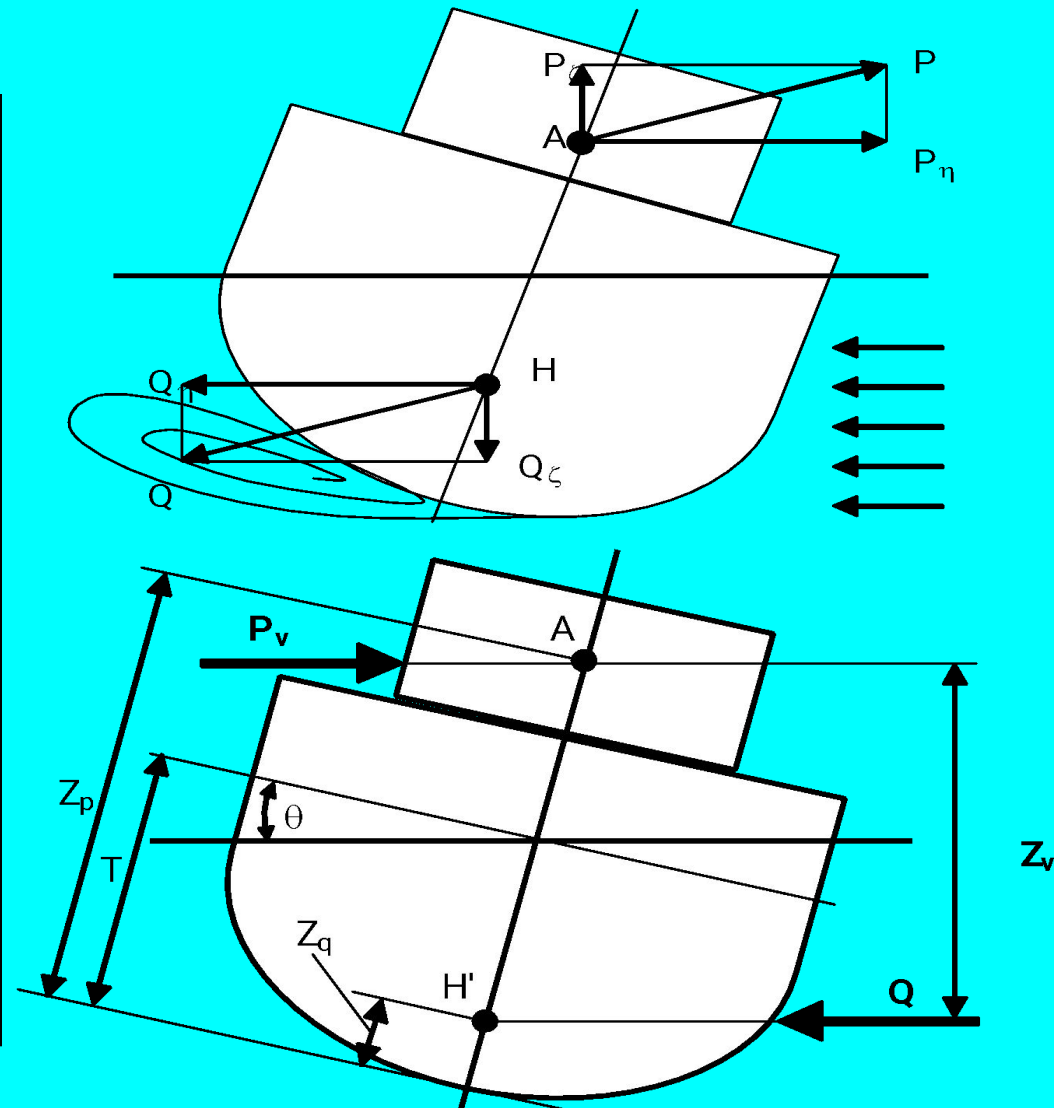
$\theta_o < 16^\circ$  или  $0.8 \theta_d$  (угол входа в воду открытой палубы)

- **$K=b/a$**



# Допущения:

- Сила сопротивления воды и сила давления ветра – горизонтальны
- Равнодействующая силы сопротивления  $Q$  проходит примерно на середине осадки
- При действии шквала судно опрокидывается в первом размахе



# Требования ИМО («новые» требования Российского Морского Регистра судоходства )

## • Требования к ДСО

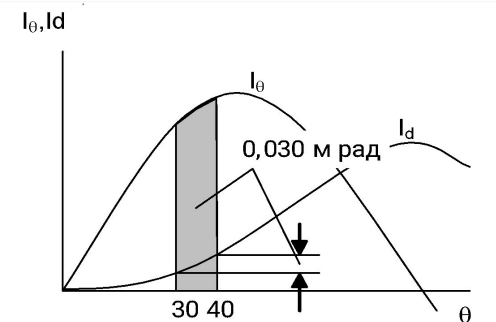
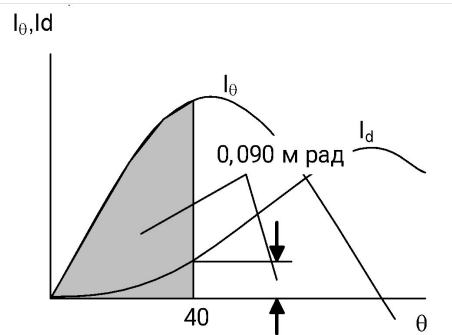
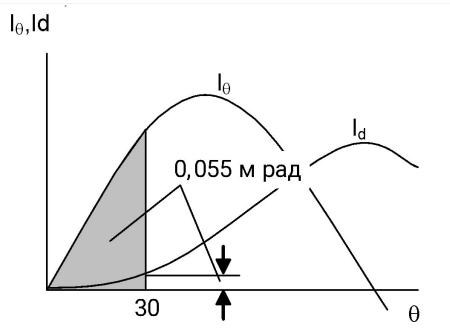
$h_0 \geq 0.15$  ( 0.35 для однопалубных рыболовных) м

$l_m \geq 0.2 - 0.25$  м     $\theta_m \geq 30^\circ$      $\theta_v \geq 60^\circ$

$l_{d30} \geq 0.055$  м рад

$l_{d40} \geq 0.090$  м рад

$l_{d40} - l_{d30} \geq 0.030$  м рад



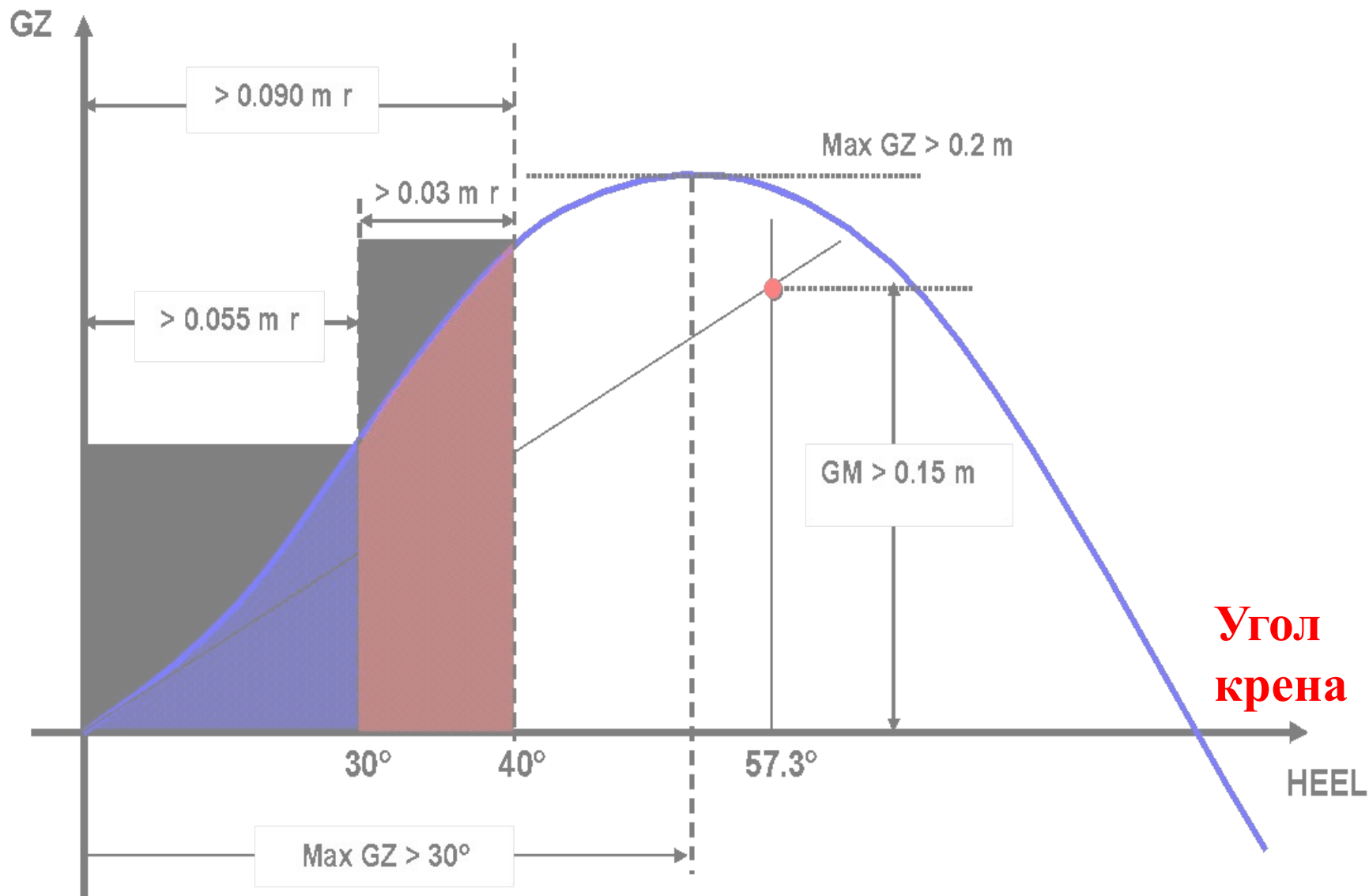
# Сравнение различных требований

Параметры стойчивости	Пассажирские и грузовые суда неограниченного района плавания		
	Регистр "старый"	ИМО	Регистр "новый"
$h_0$ , м	0	0.15	0.15
$l_m=f(L)$ , м	0.20-0,25	0.20	0,20-0,25
$\theta_m$ , град	30	30	30
$\theta_v$ , град	60	60	60
$l_{d30}$ , м·рад	-	0.055	0.055
$l_{d40}$ , м·рад	-	0.090	0.090
$\delta l_d$ , м·рад	-	0.030	0.030
$z_v$ , м	$z$	$z+T/2$	$z+T/2$
$p_{vc}$ , Па	-	504	504
$p_{vd}$ , Па	706-1216	756	756
$\theta_0^\circ$ , град	-	$16^\circ/0.8\theta_d$	$16^\circ/0.8\theta_d$
$\theta_1$ , формула	(6.17)	(6.23)	(6.23)
$K \geq 1$	$M_c/M_v$	$b/a$	$b/a$
Огранич. пл. "b"	-	$50^\circ, \theta_b, \theta_c$	$50^\circ, \theta_b, \theta_c$



# Требования ИМО к остойчивости транспортных судов

## STABILITY REQUIREMENTS UNDER IMO LOAD LINE RULES



# Нормирование непотопляемости в Правилах РМРС

Требования к непотопляемости распространяются на:

- *Пассажирские суда*
  - *Нефтеналивные суда*
  - *Рыболовные суда длиной >100 м*
  - *Грузовые суда длиной >80 м*
  - *Сухогрузные суда длиной < 80 м \**
  - *Буксиры длиной >40 м*
  - *Ледоколы длиной > 50 м*
- и ряд других типов судов*

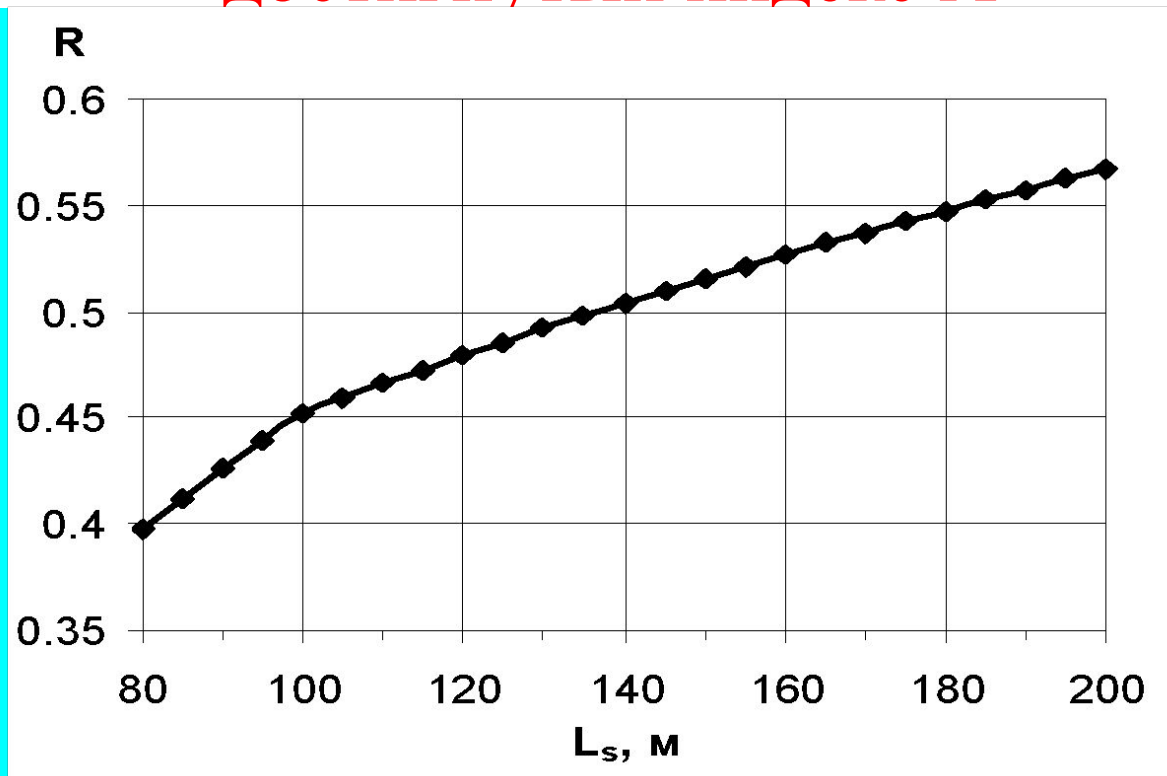
\*Эти суда должны иметь Информацию о непотопляемости, но не обязаны удовлетворять всем требованиям

# Нормирование непотопляемости в Правилах РМРС

Правила деления на отсеки содержат два основных требования:

- Чтобы фактическая вероятность того, что плавучесть судна после затопления рассматриваемого отсека (или группы из двух и более смежных отсеков) была достаточной; для этого **достигнутый вероятностный индекс** деления судна на отсеки  $A$  должен быть не меньше **требуемого  $R$**  (для их расчёта есть формулы).
- Обычно эти расчёты делаются при проектировании судна

# Требуемый вероятностный индекс деления на отсеки грузовых судов $R$ и достигнутый индекс $A$

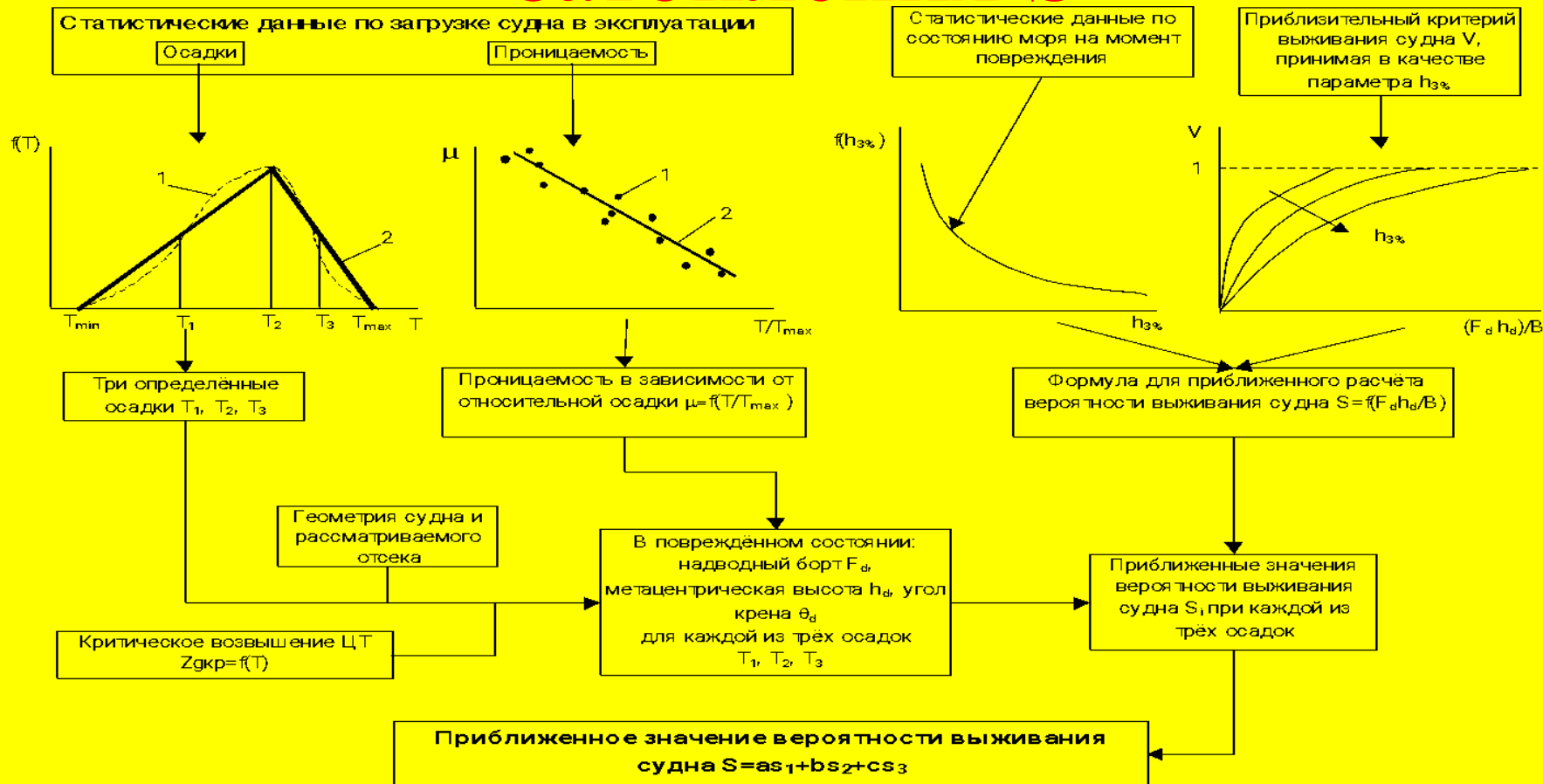


$$A = \sum_w$$
$$S$$

# Вероятность затопления отсека $w$



# Вероятность выживания судна после затопления S



$$A = \sum w$$

S

# Нормирование непотопляемости в Правилах РМРС

- Чтобы обеспечивалась удовлетворительная аварийная посадка и остойчивость при затоплении заданного числа отсеков (одного, двух или трёх – в зависимости от судна) при получении расчётной пробоины.



# Требования к посадке и остойчивости повреждённого судна

## Размеры расчётного повреждения:

- Длина пробоины –  $1/3L_1^{2/3}$  или 14,5 м  
(что меньше)
- Глубина пробоины –  $1/5 B$
- Протяженность по вертикали – от основной плоскости неограниченно вверх

# Требования к посадке и остойчивости повреждённого судна

## Требования к посадке повреждённого судна:

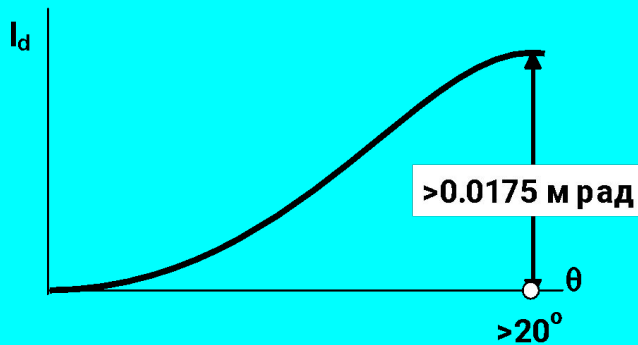
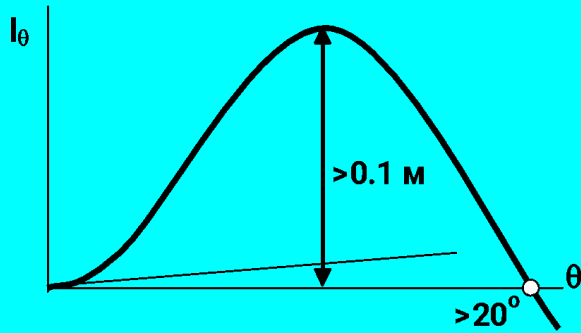
- Аварийная ватерлиния до, в процессе и после спрямления должна проходить, по крайней мере на **0,3 м** ниже отверстий в переборках, палубах и бортах, через которые возможно дальнейшее распространение воды по судну

# Требования к посадке и остойчивости повреждённого судна

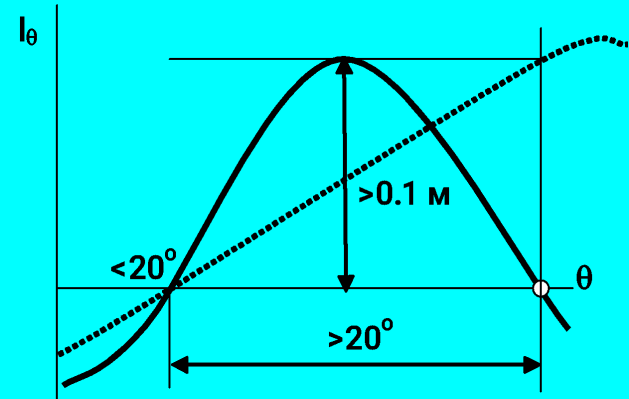
- Требования к начальной остойчивости повреждённого судна для ненакренённого положения:
- $h_0$  не менее **0,05 м**
- Для непассажирских судов по согласованию с Регистром может быть допущена меньшая положительная метацентрическая высота

# Требования к аварийной ДСО

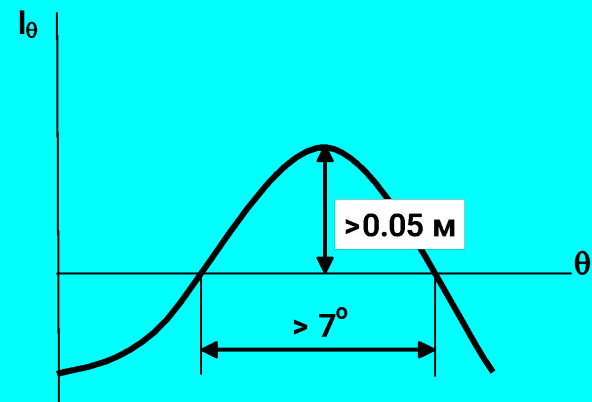
## Конечная стадия симметричного затопления



## Конечная стадия несимметричного затопления



## Промежуточные стадии затопления



# Критические возвышения ЦТ

$$Zg_{кр}$$

- Тогда и было введено понятие критического возвышения центра тяжести судна (критической метацентрической высоты, критического статического момента и т.п.).
- Чаще используется понятие  $Zg_{кр}$

# Критические возвышения ЦТ $Zg_{кр}$

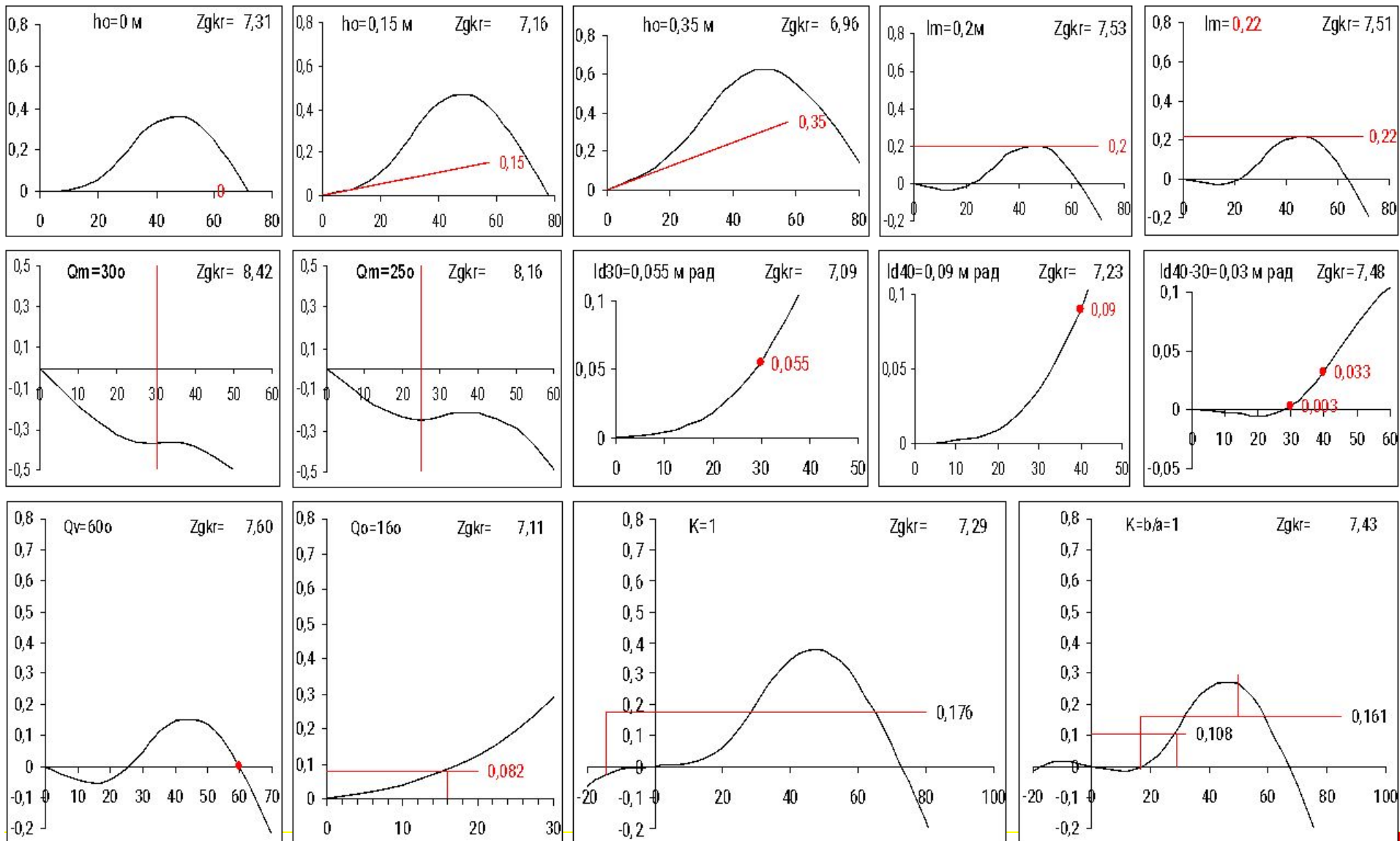
- **Критическим** называется такое возвышение центра тяжести судна, при котором **один** из нормируемых параметров в точности соответствует норме, а все остальные имеют избыточные значения

# Частные $Zg_{кр}$

- Можно говорить о «частных»  $Zg_{кр}$  по каждому из нормируемых параметров
- Тогда различают  $Zg_{кр}^{ho}$ ,  $Zg_{кр}^{lm}$ ,  $Zg_{кр}^{\theta v}$  и т.д. При этом рассматриваемый критерий в точности удовлетворяет норме, а остальные могут как удовлетворять, так и не удовлетворять
- **Минимальный** из них и будет  $Zg_{кр}$ , который должен приводиться в Информации об остойчивости



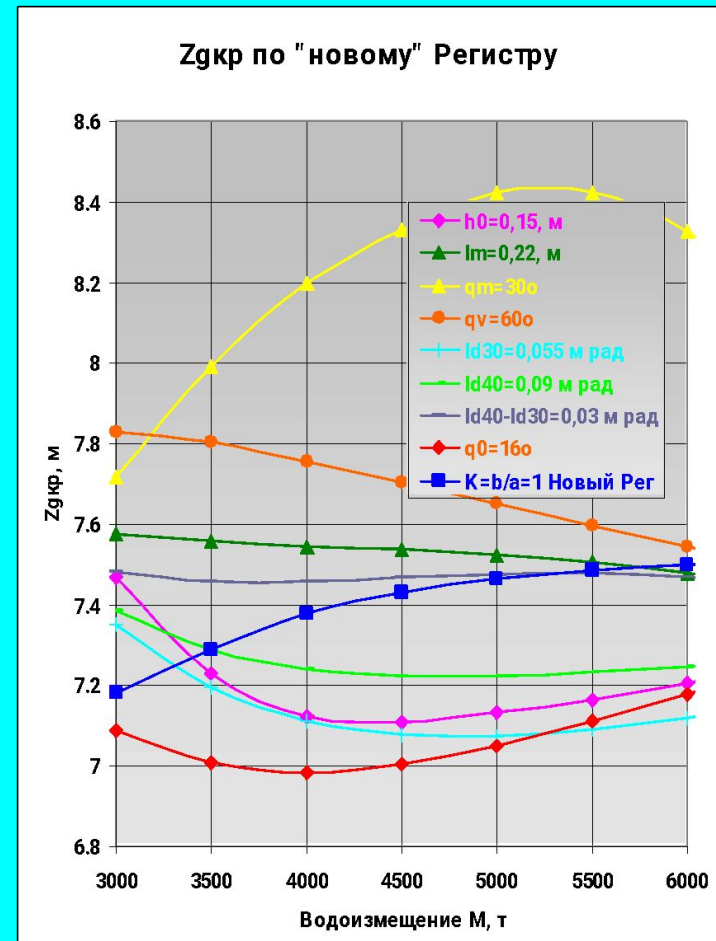
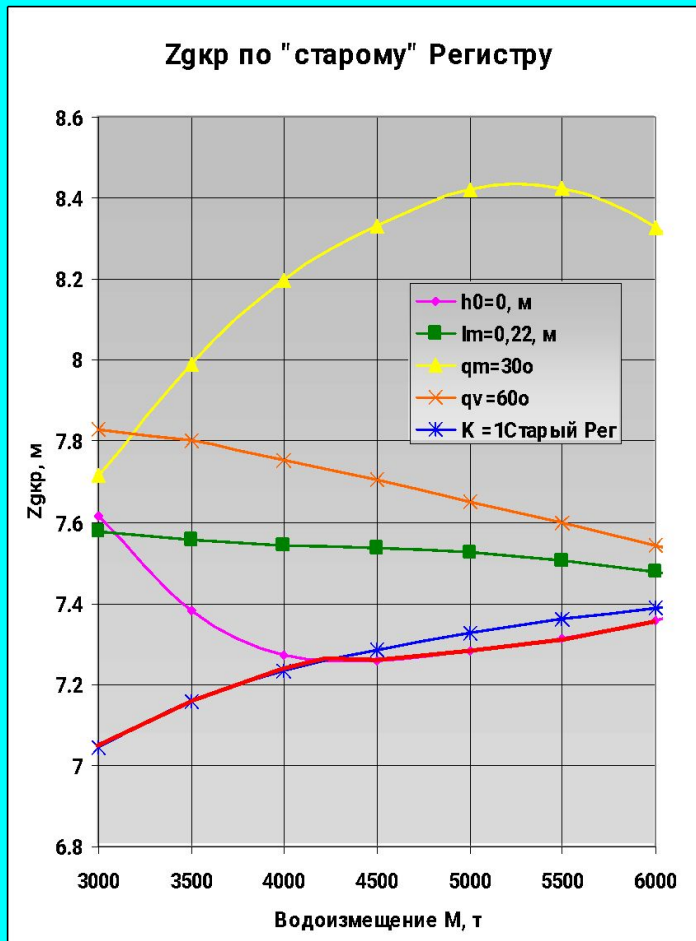
# Частные $Zg_{кр}$ при $M=5500$ т для БАТМ типа «Пулковский меридиан»



# Критические возвышения ЦТ $Zg_{кр}$

- На следующем рисунке приведен образец кривых критических возвышений центра тяжести для БАТМ по каждому из нормируемых параметров
- По «старому» Регистру
- По «новому» Регистру (ИМО)

# Критические возвышения центра тяжести (без учёта дифферента)



# Учёт влияния дифферента

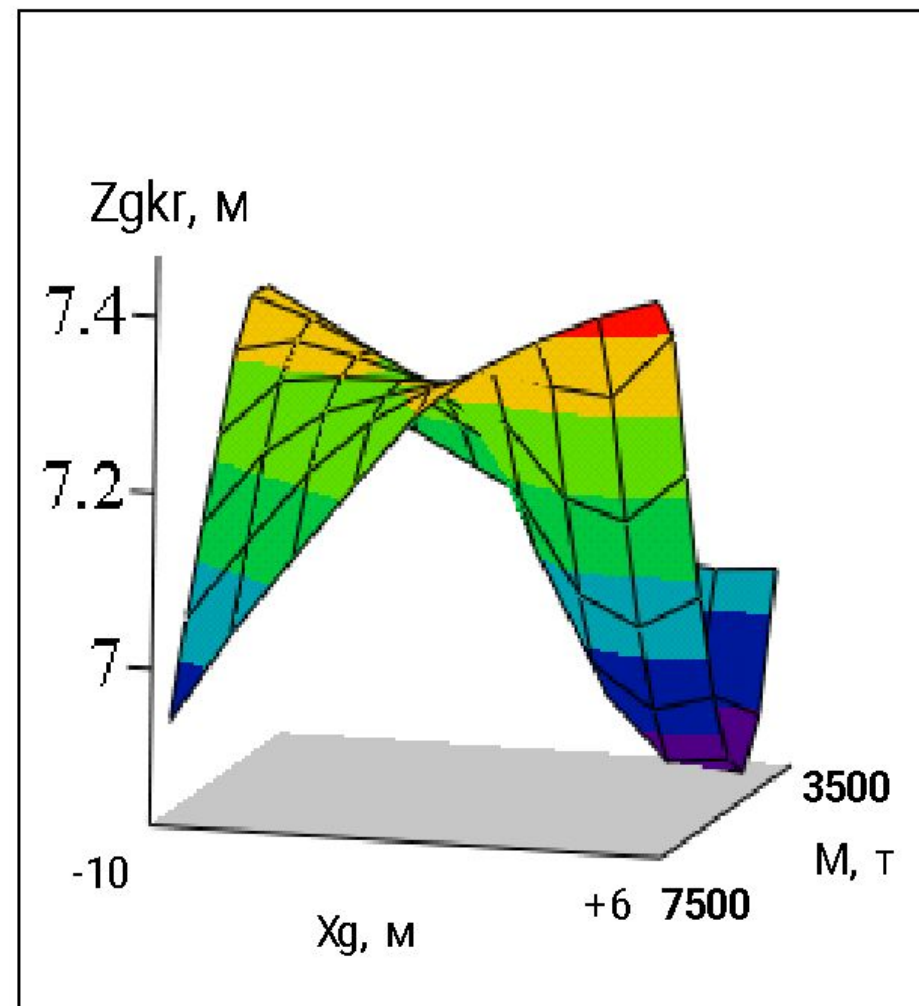
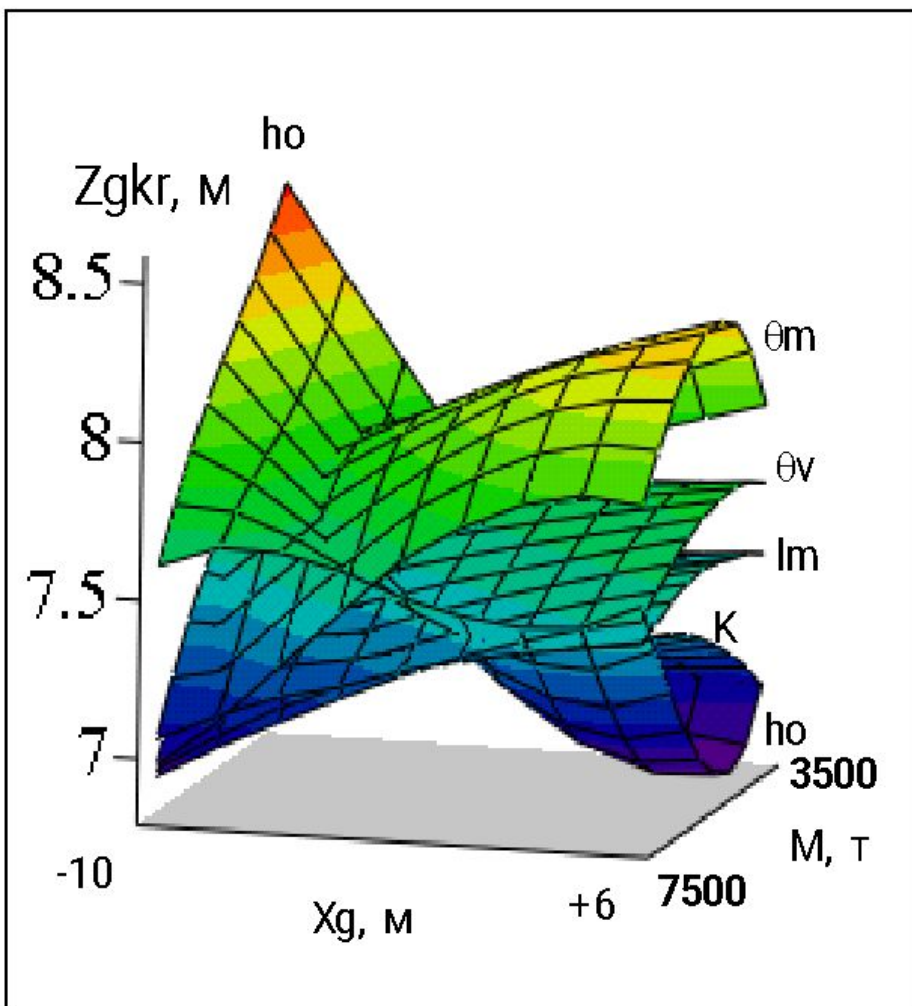
- Так как остойчивость зависит не только от водоизмещения  $M$  (осадки  $T$ ), но и от дифферента ( $Xg$ ), то при учёте влияния дифферента каждая из

кривых частных  $Zg_{кр} = f(M)$

превратится в

поверхность  $Zg_{кр} = f(M, Xg)$

# Поверхности $Z_{g_{кр}}$ для неповреждённого судна



$H_0, L_M, Q_M, Q_V, K$

MIN

# Учёт аварийной остойчивости

- Однако, в Правилах Регистра записано, что, если на судно распространяются требования Части V «Деление на отсеки», то: остойчивость **неповреждённого** судна во всех эксплуатационных случаях нагрузки, соответствующих назначению судна, должна быть достаточной для того, чтобы были выполнены требования к остойчивости **повреждённого** судна.

# Учёт аварийной остойчивости

- Другими словами: критические возвышения центра тяжести должны быть подсчитаны с учётом аварийной остойчивости при затоплении наиболее опасного отсека



# Благодарю за внимание

- **Конец**

