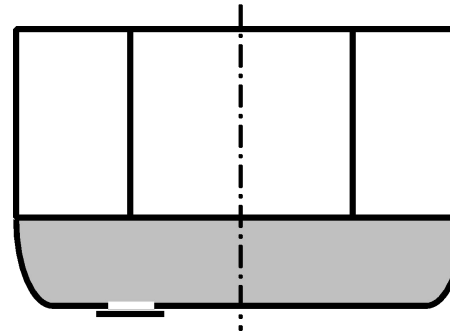


# Аварийная остойчивость. Спрявление судна

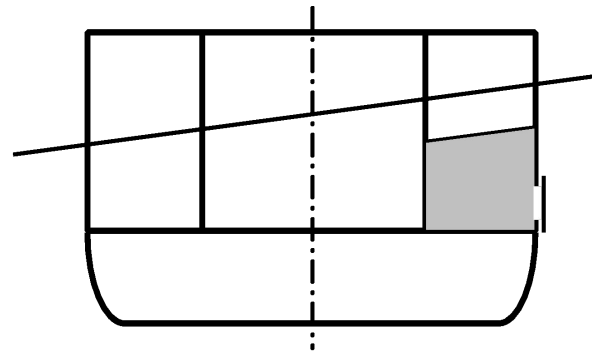


# Категории затапливаемых отсеков

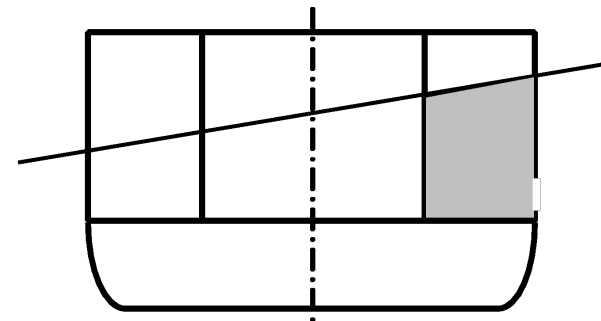
Отсек 1 категории-  
Полностью затопленный



Отсек 2 категории –  
Частично затопленный,  
не сообщающийся с  
забортной водой



Отсек 3 категории –  
Сообщающийся с  
забортной водой



# Коэффициенты проницаемости

- Коэффициент проницаемости – это отношение фактически влившегося объёма воды к теоретическому объёму или фактической площади свободной поверхности к теоретической.
- При расчётах обычно принимают коэффициенты проницаемости, рекомендованные Регистром.
- Например, для цистерн и междудонных пространств  $\mu = 0.98$ , для машинных отделений  $\mu = 0.85$ , для загруженных трюмов  $\mu = 0.60$  и т.д.

# Методы расчёта непотопляемости

- **Метод приёма груза**

(метод переменного  
водоизмещения)

- **Метод исключения**

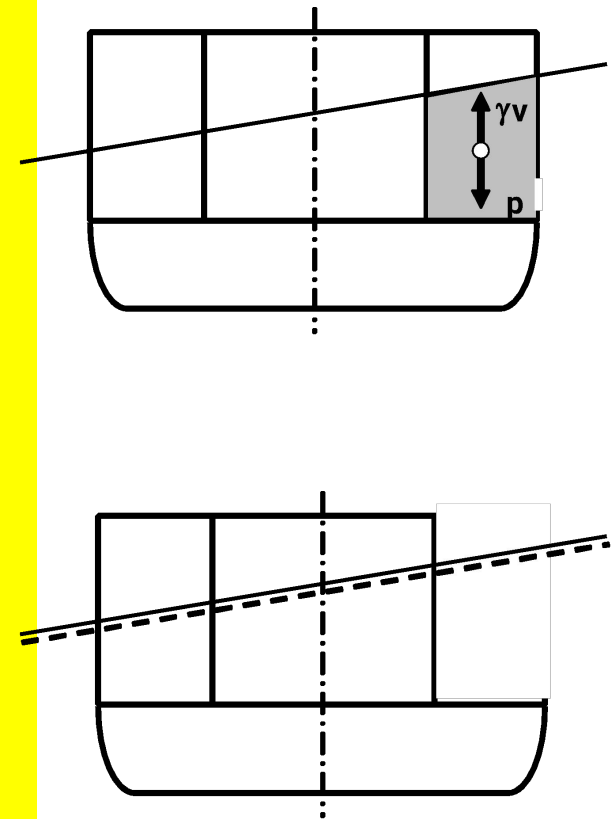
(метод постоянного  
водоизмещения)

# Метод приёма груза

- Воду, влившуюся в повреждённый отсек, можно рассматривать как груз, принятый на судно. Этот груз можно считать твёрдым, если это отсек 1-й категории, и необходимо считать жидким (т.е. учитывать влияние свободной поверхности), если это отсек 2-й или 3-й категории. Тогда изменение посадки и остойчивости можно считать по формулам раздела «Влияние приёма груза на остойчивость»

# Метод исключения

- К объёму жидкости  $V$  в повреждённом отсеке приложены сила тяжести  $P$  и равная ей, но противоположно направленная, сила поддержания  $\gamma V$ .
- Они проходят через центр тяжести затопленного отсека и взаимно уравниваются. Следовательно, они могут быть исключены из рассмотрения, как и объём затопленного отсека может быть исключён из объёма погруженной части судна.



# Метод исключения

- Мы пренебрегаем также силой тяжести обшивки в пределах затопленного отсека. Объёмное водоизмещение судна, его вес, масса, координаты центра тяжести (центра масс) останутся постоянными, но форма погруженной части, координаты центра величины – изменятся.

# Методы расчёта непотопляемости

- Расчёт непотопляемости независимо от типа отсека можно производить любым способом.
- Однако :
- способ приёма груза **удобнее** использовать для отсеков 1-й и 2-й категории,
- а способ постоянного водоизмещения - для отсеков 3-й категории.



# Методы расчёта непотопляемости

- Если сравнить результаты расчёта непотопляемости двумя этими методами, то окажется, что значения реальных физических величин, определяющих положение судна после затопления отсека (таких, как средняя осадка, углы крена и дифферента, восстанавливающие моменты и коэффициенты остойчивости), не зависят от способа расчёта.
- Что касается «придуманной» величины - метацентрической высоты (как Вы помните, это расстояние между двумя вымышленными точками - центром тяжести и метацентром), то её значения, найденные двумя разными способами, различны. Также будут различны и плечи ДСО.

# Методы расчёта непотопляемости

- Из равенства коэффициентов устойчивости, вычисленных двумя различными способами
- следует, что метацентрическая высота  $h_1$ , найденная методом приёма груза (методом переменного водоизмещения), равна
- а методом постоянного водоизмещения (методом исключения) равна

$$h_1 = \frac{D}{D + p} \cdot h_2.$$

$$h_2 = \frac{D + p}{D} \cdot h_1$$



**В качестве критерия, характеризующего возможную гибель судна, когда необходимо спасти людей, не заботясь о спасении судна, принято одно из следующих состояний:**

*безусловное затопление одного из опасных отверстий, через которое вода может распространяться по судну за пределами района повреждения и привести к потере запаса плавучести и (или) остойчивости;*

*протяженность положительной части диаграммы статической остойчивости аварийного судна менее 7 градусов;*

*наибольшее плечо диаграммы остойчивости менее 0,05 м;*

*площадь диаграммы менее 0,18 м·градус;*

*угол крена больше 40 градусов  
(исходя из невозможности работы аварийной партии).*

# Поведение аварийного судна в штормовом море

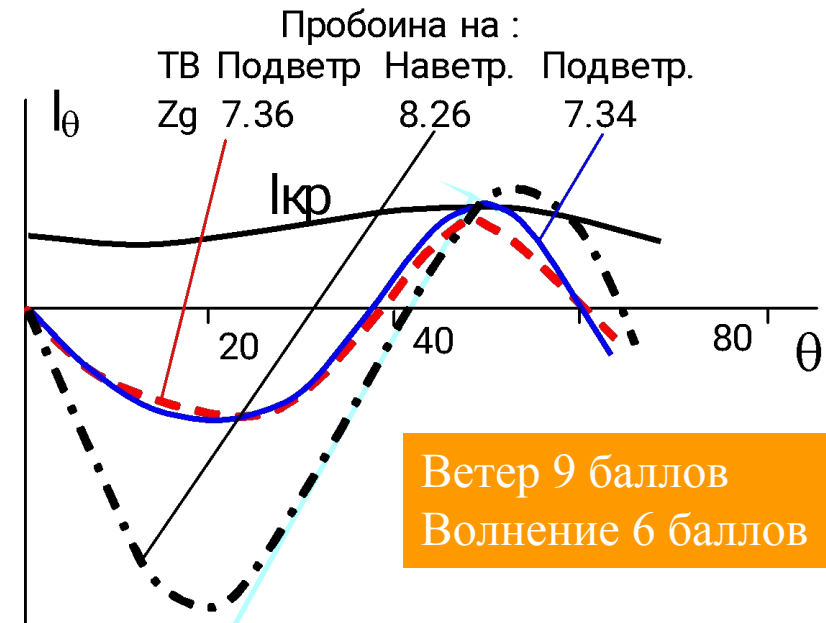
- Наблюдение за поведением моделей повреждённых судов и процессом их опрокидывания позволило сделать ряд важных выводов :
- Вода, влившаяся в аварийный отсек, очень сильно демпфирует бортовые колебания судна. Ранний вход в воду палубы и фальшборта (из-за уменьшенной высоты надводного борта аварийного судна) ещё более усиливает это демпфирование. Бортовая качка судна весьма незначительна и мало зависит от интенсивности волнения.

# Поведение аварийного судна в штормовом море

- Начальная метацентрическая высота не играет существенной роли при опрокидывании судна. Однако отрицательная метацентрическая высота и вызванный ею угол крена могут существенно осложнить ведение борьбы за спасание судна!

# Поведение аварийного судна в штормовом море

- Диаграммы статической устойчивости при критическом возвышении центра тяжести (это центр тяжести, при котором опрокидывалась модель в заданных условиях) существенно отличались друг от друга по всем параметрам
- (начальная метацентрическая высота, начальный угол крена из-за отрицательной начальной устойчивости, протяженность диаграммы с положительными плечами),.



- *кроме максимального плеча диаграммы статической устойчивости*

# Поведение аварийного судна в штормовом море

- Именно *максимальное плечо ДСО* является наиболее важной практической характеристикой остойчивости аварийного судна



# Поведение аварийного судна в штормовом море

- Опрокинуть судно через неповреждённый борт гораздо труднее, чем через борт с пробойной. Это объясняется тем, что при крене на повреждённый борт входит в воду разрушенная палуба переборок, по ней начинает растекаться вода и значительно уменьшаются плечи статической остойчивости.
- Так что «подставляй волнам разрушенный борт»!

# Поведение аварийного судна в штормовом море

- Опрокидывает судно, в основном, ветер, а не волнение.
- Опрокидывание всегда происходит по ветру и волнению.
- Порывы ветра не оказывают существенного влияния на динамику накренения судна. Более существенно влияет ветер постоянной силы.
- Крен судна нарастает постепенно по мере развития дрейфа. Судно совершает небольшие колебания около некоторого «псевдостатического» угла крена (постепенно нарастающего), дрейфует и опрокидывается практически «в статике» при угле крена равном углу максимума диаграммы статической устойчивости  $\theta_m$ .

# Спрявление судна

- **Почему у судна бывает крен?**
- 1. Потому что его кто-то кренит.
- 2. Потому что оно не может стоять прямо (это значит, что прямое положение равновесия у него неустойчивое).
- **Спрявление судна в первом и во втором случаях производится совершенно по-разному.**

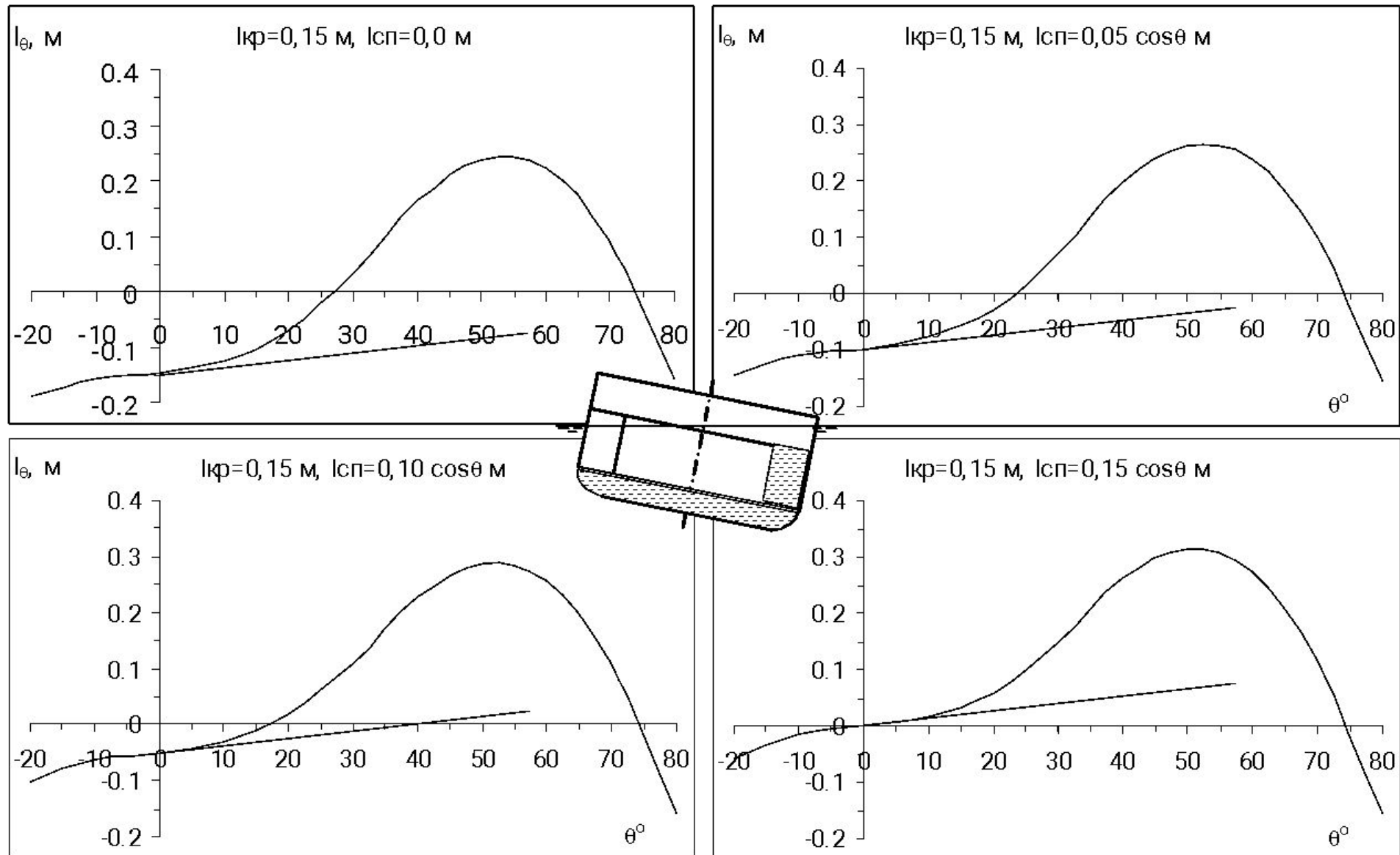
# Спрявление судна

- Поэтому, прежде чем спрямлять судно, надо выяснить, почему у него образовался крен.
- Рассмотрим несколько типичных видов диаграммы статической остойчивости судна, сидящего с креном.

# Спрявление судна

- Рассмотрим 1-й случай, когда крен образовался из-за действия кренящего момента. Как образовался этот момент совершенно неважно: то ли из-за сместившегося груза, то ли из-за несимметричного затопления, то ли еще из-за чего-нибудь. Чтобы спрямить судно, надо к нему приложить такой же по величине кренящий момент, но действующий в противоположную сторону (спрямляющий момент).

# Спрямление судна



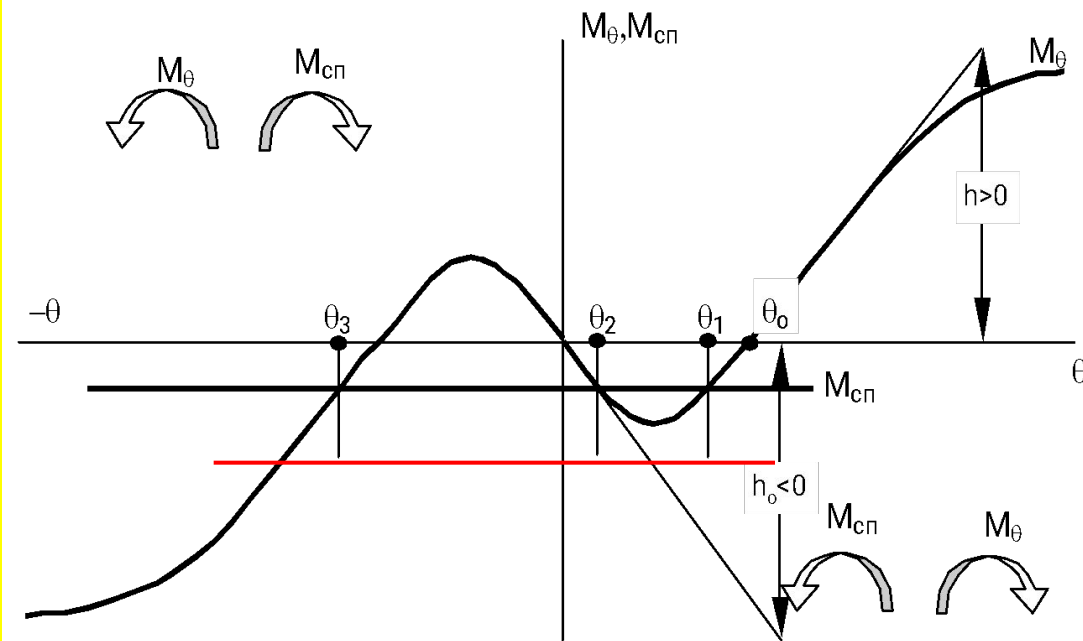
# Спрявление судна

- Рассмотрим 2-й случай, когда

**затопление симметричное,  
но начальная  
метацентрическая высота  
меньше нуля**

# Спрявление судна

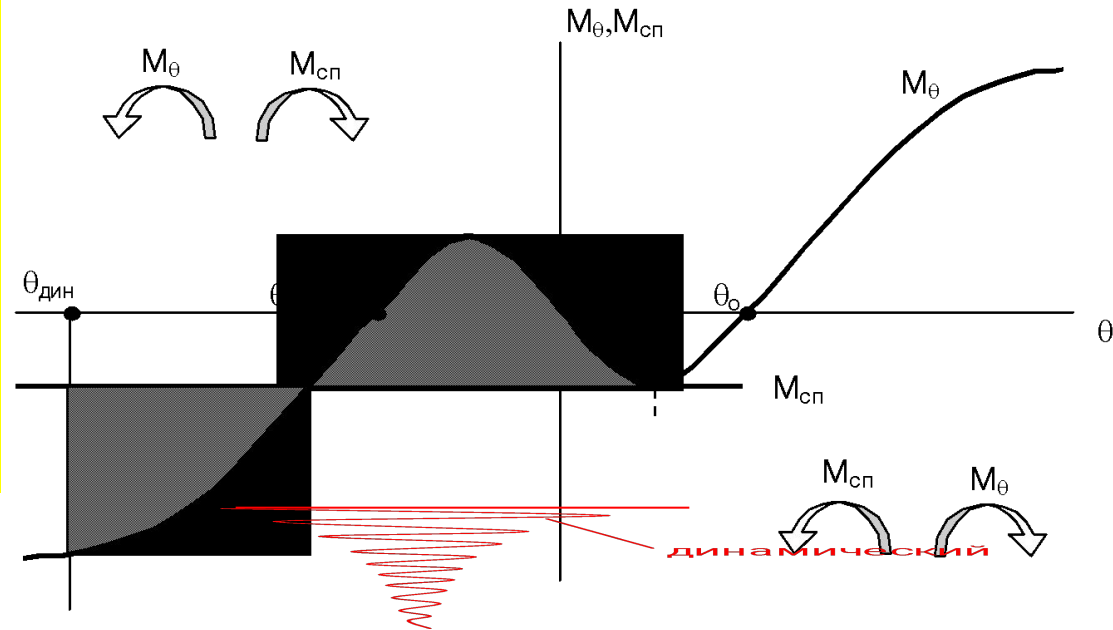
- Если к судну приложить некоторый спрямляющий момент  $M_{сп}$ , то угол крена уменьшится с  $\theta_0$  до  $\theta_1$ .
- При дальнейшем увеличении спрямляющего момента наступит такое положение, когда этот момент станет равен минимальному восстанавливающему моменту или чуть-чуть превысит его.





# Спрявление судна

- Это произойдёт при угле крена примерно  $\theta_0/2$ . В этот момент начнётся переваливание судна на противоположный борт.
- Таким образом, приложением спрямляющего момента крен допускается уменьшать примерно до угла  $\theta_0/2$ .

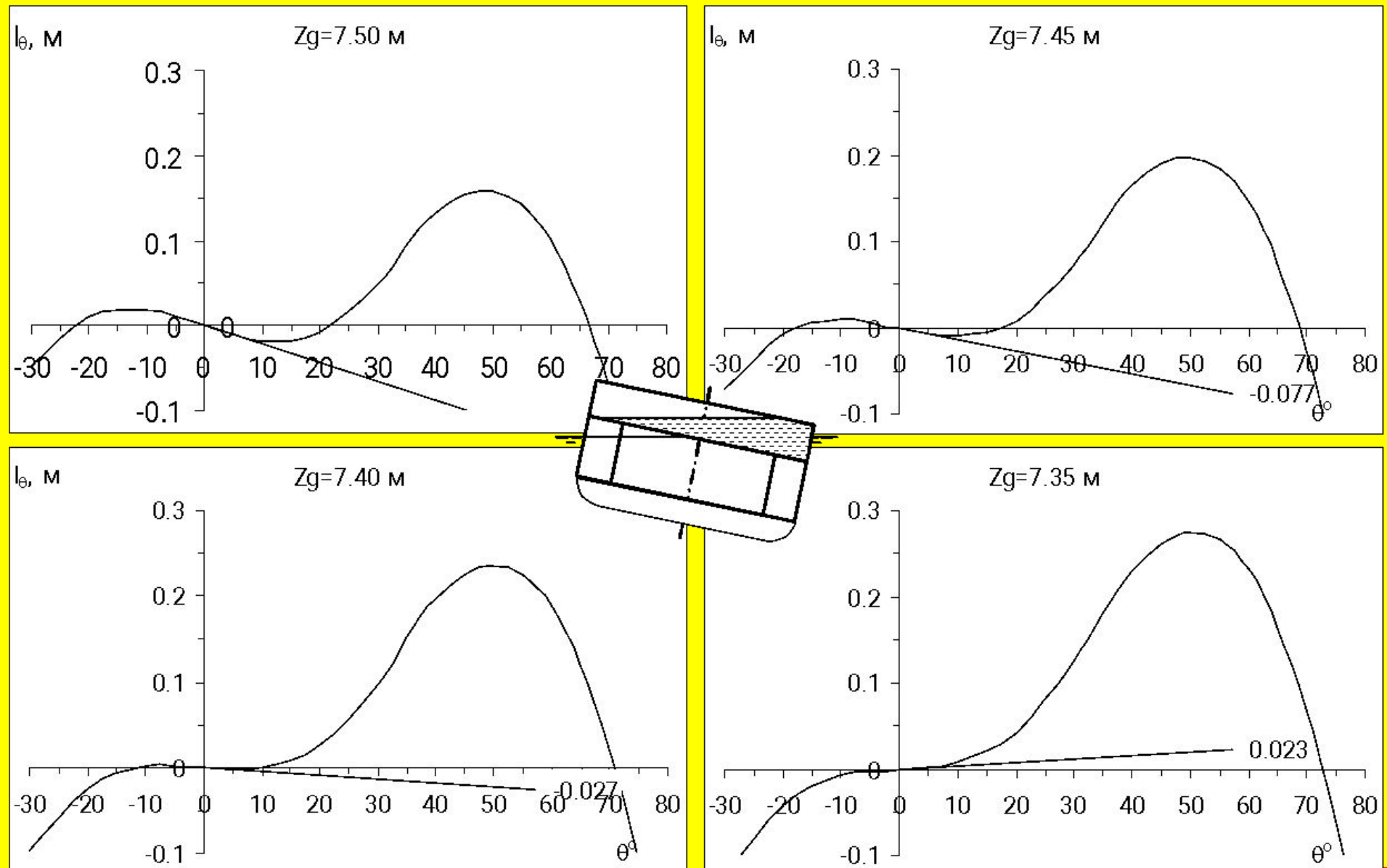


□ Переваливание будет происходить с ускорением, судно наберёт некоторую инерцию и не остановится в положении статического равновесия на левом борту  $\theta_{ст}$ , а будет крениться до угла крена  $\theta_{дин}$ , пока не погасится вся инерция (на рисунке этот угол соответствует равенству затенённых площадей), затем судно начнёт совершать затухающие колебания и в конце концов станет плавать с углом крена  $\theta_{ст}$ , если до этого не опрокинется в первом размахе.

# Спрявление судна

- *Таким образом, крен, вызванный отрицательной начальной остойчивостью нельзя спрямить приложением к судну спрямляющего момента!*
- **Спрямить судно в этом случае можно только увеличением его остойчивости (понижением центра тяжести).**

# Спрямление судна



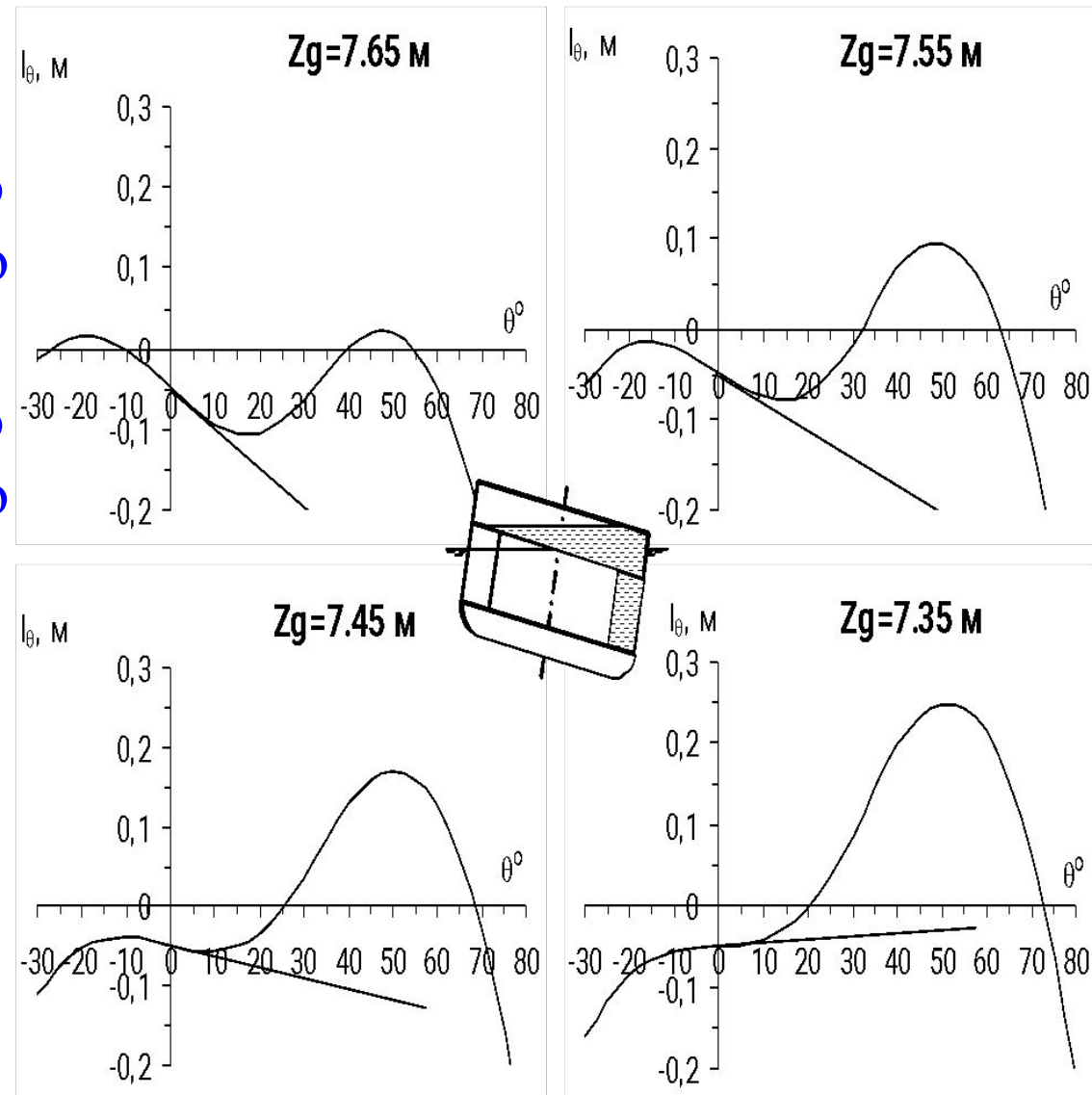
# Спрявление судна

- Третий случай может рассматриваться как комбинация двух первых.

**Судно имеет несимметричное  
затопление и отрицательную  
начальную остойчивость**

# Спрямление судна

- В нём можно ещё выделить варианты:
- как при  $Zg=7.55$  м; судно стоит с креном примерно  $27^\circ$  на левый борт;
- как при  $Zg=7.65$  м; судно стоит с креном примерно  $38^\circ$  на правый борт;
- как при  $Zg=7.55$  м; возможно только одно положение равновесия с креном примерно  $32^\circ$  на правый борт



# Спрявление судна

- Во всех этих случаях вначале надо сделать начальную остойчивость положительной.
- В нашем примере необходимо центр тяжести судна понизить примерно до  $Z_g=7.35$  м. При этом ДСО станет как в первом типовом случае, и теперь крен может быть ликвидирован приложением спрямляющего момента (в данном случае  $l_{сп} = 0,05 \text{ Cos}\theta$ ).

# Благодарю за внимание!

- Конец



E-mail: