

ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова

Кафедра МиУС

Теория судна

Лекция 9

**Общие представления
о морском волнении**

К.т.н., доц. Коротков Б.П.





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

1. Влияние ветра и течения на управление
судном

Учебные вопросы:

1. Общие представления о морском ветровом волнении
2. Характеристики плоского прогрессивного волнения

1. Общие представления о морском ветровом волнении

Плавание в штормовом море:

- Качка
- Воздействие волн на судно:
 - Забрызгивание и заливание
 - Удары о борта и днище
 - Увеличение сопротивления
 - Ухудшение управляемости
 - Снижение остойчивости и др.

Возможные последствия воздействия волн:

1. Разрушение палубных конструкций
2. Нарушение непроницаемости закрытий грузовых помещений, - поступление воды внутрь корпуса
3. Потеря общей продольной прочности судном – неизбежная гибель
4. Снижение ходовых и маневренных характеристик судна

Возможные последствия качки:

1. Снижение работоспособности экипажа, ухудшение состояния пассажиров
2. Смещение грузов в трюмах, вследствие этого – крен, разрушение бортов и переборок
3. Смещение и потеря палубного груза
4. Опрокидывание судна

Виды морского волнения:

- Ветровое волнение
- Зыбь
- Смешанное волнение (зыбь и ветровое)
- Волны цунами
- Сейши
- Приливно-отливные волны
- Нестандартные волны

Наибольшую угрозу судам несут:

- Ветровое волнение
- Волны зыби
- Смешанное волнение
- Нестандартные волны и разрушающееся волнение

Механизм возникновения морского ветрового волнения

- Ветровое волнение - результат передачи энергии ветра водным массам
- Взаимодействие ветрового потока с поверхностью воды происходит в слое воздуха не более 50м от поверхности
- Ветер воздействует также на надводную часть судна, вызывая крен и дифферент и ухудшая управляемость

Шкала интенсивности ветра

- Характеристики ветра выражают в виде шкалы, которая называется «Шкала Бофорта»
- Скорость и удельное давление установившегося и порывистого (шквального) ветра разделены на 12 диапазонов – баллов (от «0» до «12»)

Адмирал Фрэнсис Бофорт (1774-1857)



Англ. военный гидрограф
и картограф

В 1829-55 руководил
гидрографической
службой

Великобритании

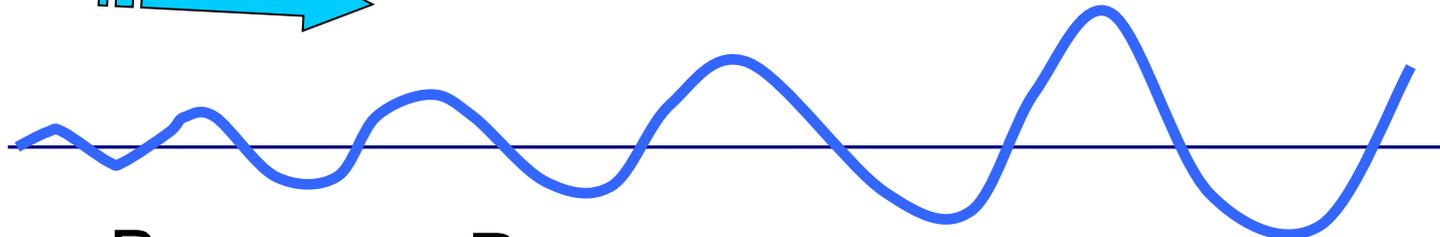
В 1806 году предложил
шкалу для оценки силы
ветра по его действию
на наземные предметы
и по волнению моря

Стадии ветрового волнения (на рисунках – волновой профиль)

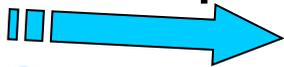
Ветер



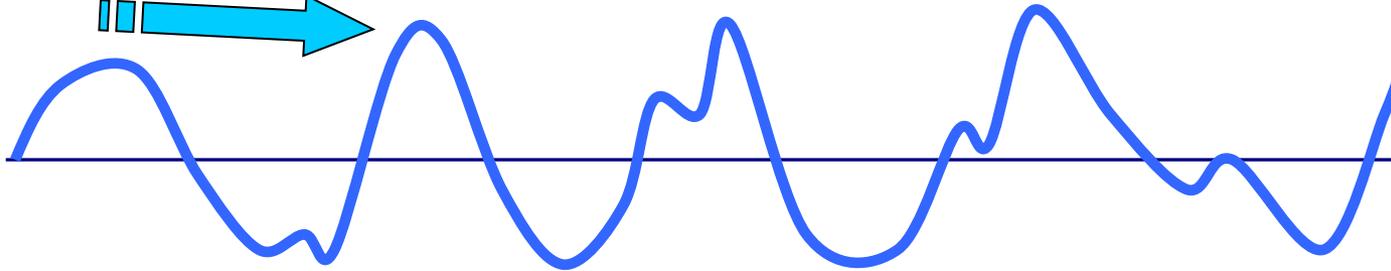
Развивающееся волнение



Ветер

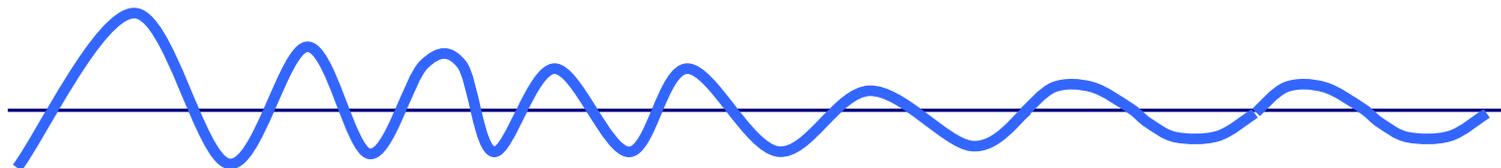


Развитое волнение



Затухающее волнение

Зыбь



Развивающееся и развитое волнение

- Развивающееся и развитое волнение представляет собой короткие валы и несимметричные холмы
- Чаще всего это - пространственное (трехмерное) нерегулярное волнение
- Основные характеристики такого волнения подчиняются законам математической статистики

Зыбь и смешанное волнение

- Зыбь - цилиндрические гребни, распространяющиеся в общем направлении
- Приход зыби в новый штормовой район - возникновение смешанного волнения
- Смешанное волнение - несколько волновых систем, каждая имеет собственное направление

Интерференция морских волн

- При наложении двух одинаковых по типу волновых систем, пришедших из разных направлений возникает перекрестное волнение
- Интерференция (сложение) нескольких волновых систем может стать причиной сложной формы волнения

Особенности волнения в различных районах

- Особенности волнения связаны с рельефом дна, очертаниями берега, преимущественными направлениями ветра, течениями и т.п.
- Такие особенности изучаются и описываются, поскольку они могут нести значительную опасность для мореплавания

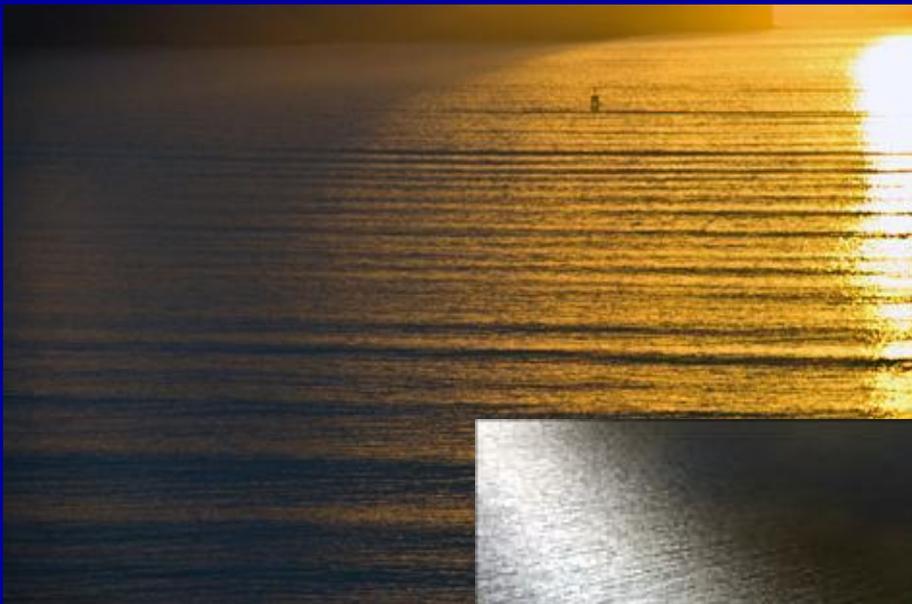
Сулой – взброс воды на поверхности моря:

- При резком уменьшении скорости течения (особенно приливного)
- При столкновении разнонаправленных потоков
- При выходе течения из узкости
- При сильном ветре против течения
- Поверхность моря напоминает кипящую воду, высота волн - до 3-4 метров

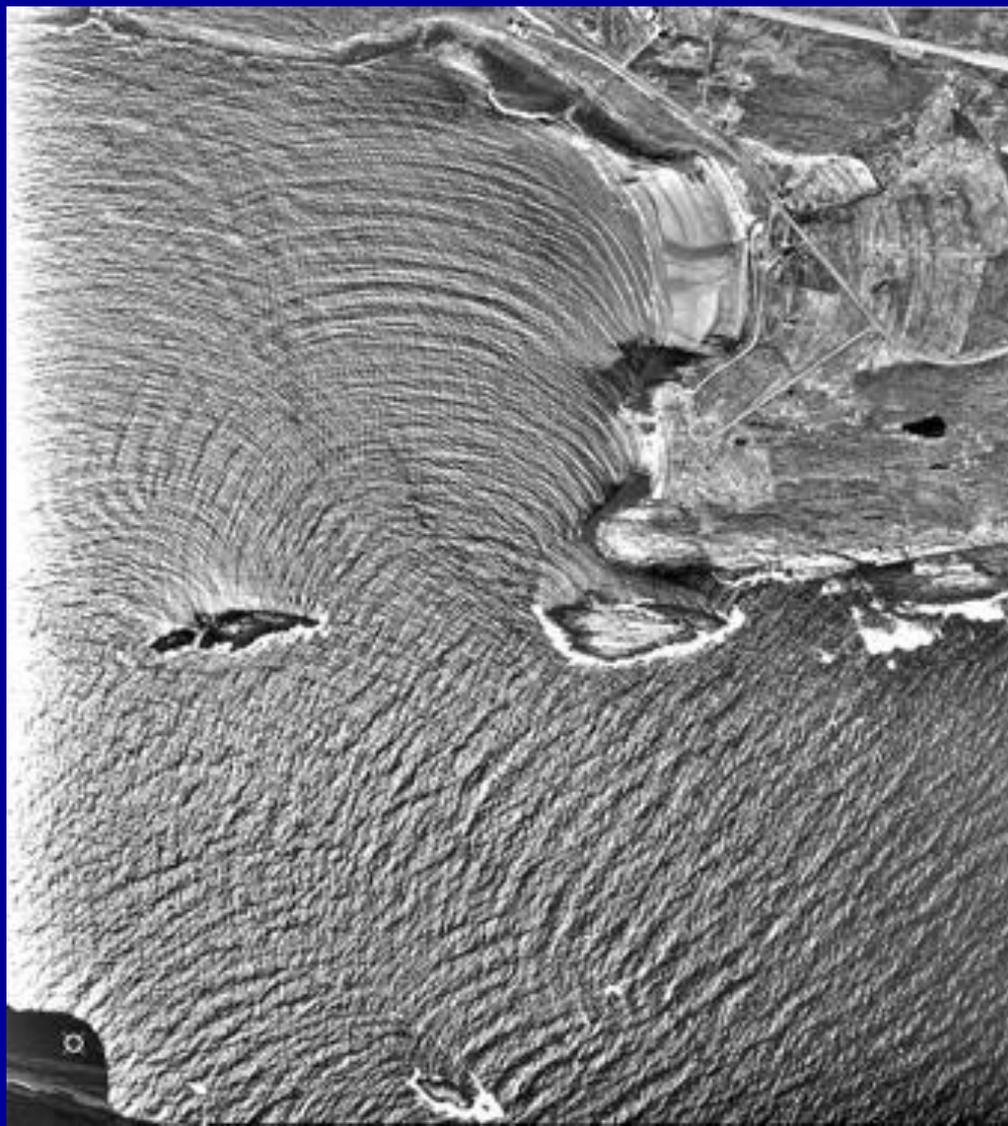
Волнение в закрытых водоемах и на мелководье

- На крупных озерах волнение может иметь существенные особенности, представляя опасность даже для крупных судов
- При выходе на мелководье волнение приобретает разрушающийся характер и также несет значительные опасности для судна

Волны зыби



Интерференция волновых систем

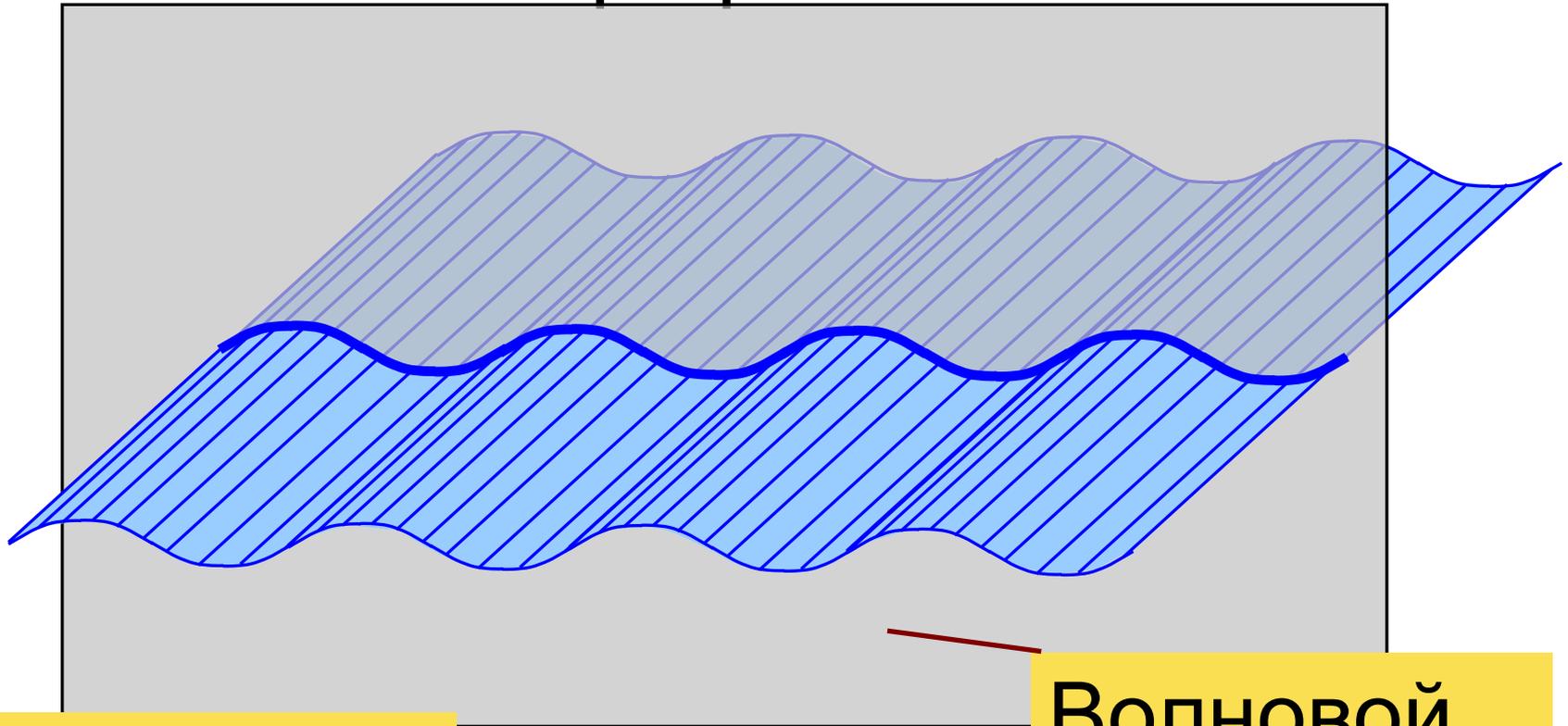


2. Характеристики плоского прогрессивного волнения

Плоское прогрессивное волнение

- Регулярное волнение образуется одинаковыми цилиндрическими волнами с постоянными характеристиками
- Такое волнение называют плоским прогрессивным волнением
- Сечение волны вертикальной плоскостью, перпендикулярной ее гребню образует профиль волны

Волновая поверхность и волновой профиль



Волновая
поверхность

Волновой
профиль

Плоское прогрессивное волнение

Профиль волн малой амплитуды
близок к синусоиде:

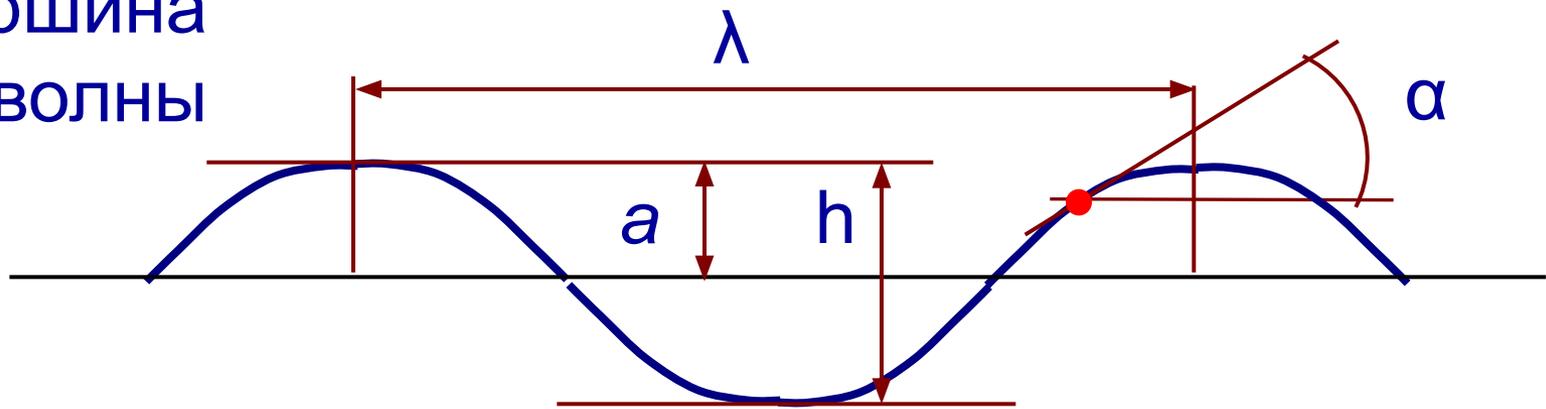


Профиль регулярной волны большой
амплитуды близок к трохоиде:



Характеристики волнового профиля

Вершина
волны



Подошва
волны

λ - длина волны;

a - амплитуда волны;

$h = 2a$ - высота волны; α - угол волнового склона;

$\frac{h}{\lambda}$ - относительная крутизна волны

Крутизна волн различного характера:

Волны зыби и близкие к ним ветровые

волны:

$$\frac{h}{\lambda} \leq \frac{1}{30}$$

Нестандартные волны:

$$\frac{h}{\lambda} > \frac{1}{20}$$

Разрушающееся волнение
характеризуется большей крутизной

Волновое число и частота волнения

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ — волновое число, (1/м)}$$

k – это частота изменения формы волны, приходящаяся на единицу ее длины

Частота волнения σ (1/с):

$$\sigma^2 = gk = g \frac{2\pi}{\lambda},$$

Скорость распространения волн:

При неограниченной глубине:

$$C = \frac{\lambda}{2\pi} \sqrt{g \frac{2\pi}{\lambda}} = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} \quad ,(\text{м/с})$$

Учтя, что $g=9,81 \text{ м/с}^2$ и $\pi = 3,14$:

$$C = 1,25\sqrt{\lambda} \quad (\text{м/с})$$

Распространение морских волн

- Скорость распространения волн увеличивается с длиной волны
- Из зоны шторма в отдаленный район одновременно придут волны одинаковой длины и частоты
- Поэтому реальная зыбь близка по форме к регулярному волнению

Период регулярной волны

- Период волны – это время, за которое в данной точке проходят два последовательных гребня волны:

$$\tau = \frac{2\pi}{\sigma} = \frac{2\pi}{\sqrt{gk}} = \sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}} \approx 0,8\sqrt{\lambda} \quad , (c)$$

Период и скорость волн при
ограниченной глубине:

$$\sigma^2 = gk \operatorname{th}(kH),$$

$$C = \frac{1}{k} \sqrt{gk \operatorname{th}(kH)}$$

- H – глубина водоема, м

Задание на самостоятельную подготовку

- Теория и устройство судов. Под ред. Ф. М. Кацмана. 1991
Стр. 112 - 115