

# ТСС

## Часть 2

6 семестр СВФ  
Комплект слайдов  
Маринич А.Н., Устинов Ю.М.  
2021

**Технические и  
эксплуатационные  
характеристики РЛС**

# Технические характеристики РЛС

- Передатчик:
  - импульсная мощность;
  - длина волны излучения;
  - длительность зондирующего импульса
  - период повторения импульсов.
- Приемник:
  - чувствительность;
  - полоса пропускания;
  - динамический диапазон;
  - избирательность.
- Антенное устройство:
  - ширина диаграммы направленности;
  - коэффициент усиления;
  - скорость вращения антенны.
- Индикаторное устройство:
  - диаметр радиолокационного изображения;
  - диаметр рисующего пятна и др.





# Технические характеристики РЛС

## Передатчик



- *Импульсная мощность* Peak power output

Мощность, излучаемая РЛС в эфир.

Составляет от 1...100 кВт. Иногда вместо импульсной используется средняя мощность - пересчитывается через длительность и период повторения импульсов.

Большая мощность - большая дальность действия.

Излучаемая мощность определяется мощностью магнетрона, длиной антенно-волноводного тракта, типом антенного устройства.

# Технические характеристики РЛС

## Передатчик

- *Длина волны* - описывает применяемый диапазон радиоволны. Transmitting frequency



РЛС работает на своей частоте данного диапазона.

Применяемые длины волн:

- 3 см (X band), частота около 9000 МГц;
- 10 см (S band), частота около 3000 МГц;
- 8 мм (K band), частота около 37500 МГц.

Трехсантиметровый диапазон - большая точность, большее затухание в гидрометеорах.

Десяти сантиметровый диапазон - меньшая точность, большая помехоустойчивость.

Миллиметровый диапазон еще большая точность, еще меньшая помехоустойчивость.



# Технические характеристики РЛС

## Передатчик

*Длительность излучаемых импульсов* - время, которое РЛС работает на излучение. **Transmission pulse length**

Зависит от выбранной шкалы дальности, влияет на разрешающую способность по дальности.

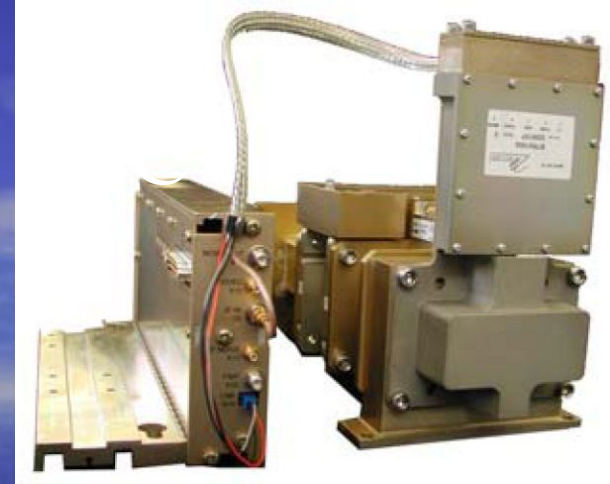
Используется переключение длительности импульсов - режимов (SP - "короткий" импульс, MP - "средний" импульс, LP - "длинный" импульс).

"Короткие" импульсы используются на малых шкалах дальности,

"Длинные" - на больших шкалах.

Используются длительности от десятков наносекунд, до единиц микросекунд.

# Технические характеристики Передатчик



*Период следования (повторения) излучаемых импульсов* - период, через который РЛС излучает мощность в пространство. **Transmission pulse width**

Выбирается из соображения дальности действия станции (выбранной шкалы дальности).

Составляет от сотен Гц до единиц кГц.



# Технические характеристики РЛО

## Приемник



*Чувствительность **sensitivity*** – возможность принимать малые сигналы. Составляет около 10 в – 13 степени Вт. Влияет на дальность обнаружения.

*Избирательность **selectivity*** – способность выделять сигнал.

*Динамический диапазон **Dynamic Range***– возможность принимать сигналы, которые отличаются по амплитуде.

*Полоса пропускания **bandwidth*** –зависит от длительности зондирующего сигнала, переключается в зависимости от выбранной шкалы.

*Характеристики усиления* – логарифмическая, линейно-логарифмическая

# Технические характеристики РЛС

## Антенное устройство

*Ширина диаграммы направленности* (влияет на точность и разрешающую способность)

Beam width horizontal and vertical

В горизонтальной плоскости

- для 3 см 0,1 – 0,5 градусов;
- для 10 см 1,2 - 2 градуса (конструктивные размеры антенны).

В вертикальной плоскости

- для 3 см и 10 см судовой РЛС 20 - 28 градусов (качка), для береговых РЛС 5 -7 градусов

*Коэффициент усиления антенн* –

коэффициент фокусировки мощности

*Скорость вращения антенны* –

скорость обновления информации.





# Технические характеристики РЛС

## Антенное устройство

- *Интенсивность подавления боковых лепестков (Side lobes)* - по технической документации должна составлять не менее 20 - 30 дБ от уровня основного лепестка.



# Технические характеристики РЛС Индикаторное устройство

Монохромные, цветные

Аналоговые, цифровые

Радиально-круговые, растровые

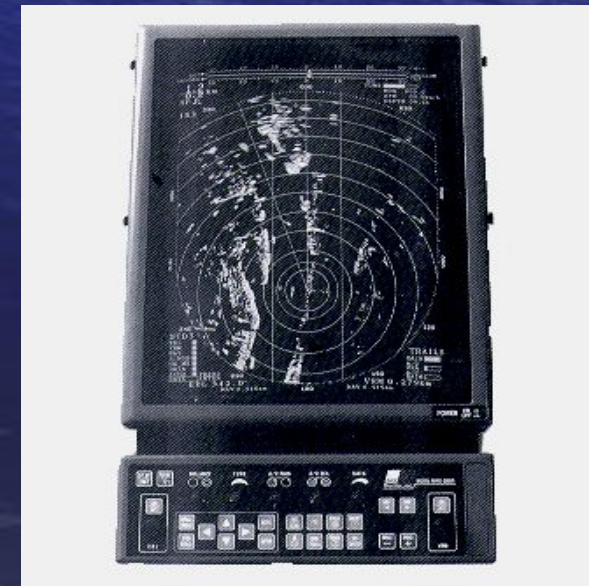
Горизонтальные (3:4), (9:16), Вертикальные

ЭЛТ (CRT – Cathode Ray Tube)

ЖК (LCD – Liquid Crystal Display)

Плазменные дисплеи

Проекционные системы

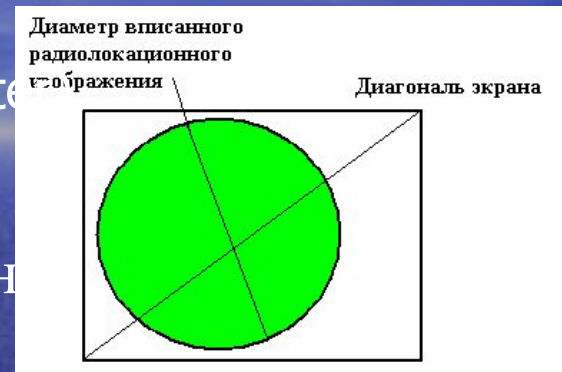




# Технические характеристики РЛС

## Индикаторное устройство

*Диаметр и рабочий диаметр экрана - Size (diameter)*  
PPI Diameter - характеристика, описывающая диаметр радиолокационного изображения, выводимого на экран. Зависит от тоннажа судна (180, 250, 320 мм.) На береговых индикаторах может применяться прямоугольное изображение. Свободная часть экрана может использоваться для служебной информации.



*Диаметр рисующего пятна resolution* - для монохромных индикаторов составляет 0,1 мм, для дисплеев характеризуется разрешением пикселя XGA, SVGA и др. Dot Pitch – межпиксельное расстояние. Диаметр рисующего пятна зависит от яркости, фокусировки, расстояния от центра экрана.

При настройке аналоговых индикаторов особое внимание настройке регулировок, яркость, фокусировка, контрастность и др.

# Эксплуатационные характеристики РЛС

- Точность измерения дистанции
- Точность измерения направления
- Максимальная дальность обнаружения объектов
- Минимальная дальность обнаружения объектов
- Разрешающая способность по дальности
- Разрешающая способность по направлению



# Эксплуатационные характеристики РЛС

## Максимальная дальность

- Максимальная дальность действия - ограничивается периодом повторения импульсов (составляет 27 миль на шкале 1 миля РЛС НАЯДА-5), зависит от мощности, чувствительности, коэф-та усиления антенны, КПД передающего и приемного тракта, длины волны, ЭПР объекта и др.

$$D_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{изл.}} G_a^2 \bar{S}_a \lambda^2 \eta_1 \eta_2}{P_{\text{пр.}}(\min) (4\pi)^3}}$$

Излучаемая мощность

Кoeffициент направленности антенны

ЭПР

Длина волны

КПД перед. тракта

КПД приемн. тракта

Чувствительность

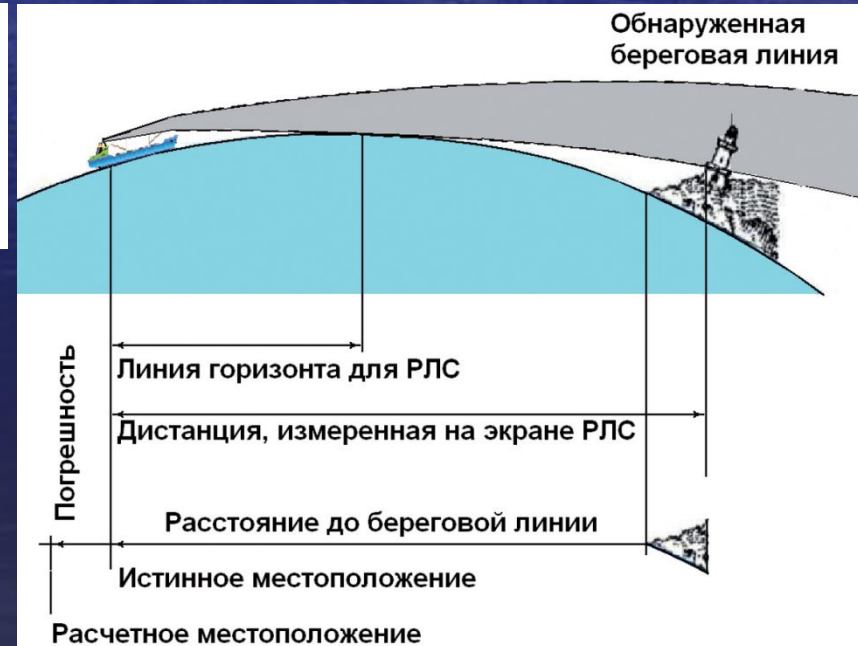
- М высоты установки антенны, рефракции атмосферы, характеристик облучаемого объекта, длины антенно-волноводного тракта, настройки РЛС. Вероятностная характеристика.

# Эксплуатационные характеристики РЛС

## Максимальная дальность

*Изгиб земной поверхности* ограничивает дальность радиолокационного обнаружения объектов и зависит от высоты объекта и высоты установки антенны. Дальность в километрах или морских милях можно рассчитать по формулам:

$$D_{\max(KM)} = 4,12(\sqrt{h_1(м)} + \sqrt{h_2(м)}),$$
$$D_{\max(MM)} = 2,22(\sqrt{h_1(м)} + \sqrt{h_2(м)}).$$



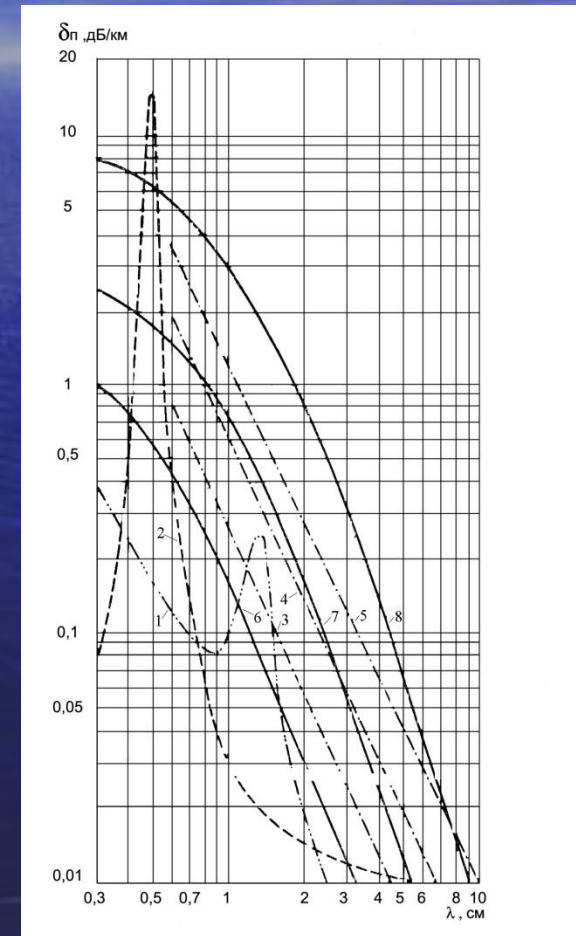


# Эксплуатационные характеристики РЛС

## Максимальная дальность

*Затухание сигналов в атмосфере Земли – зависит от температуры атмосферы, паров воды, тумана, дождя, снега и др.*

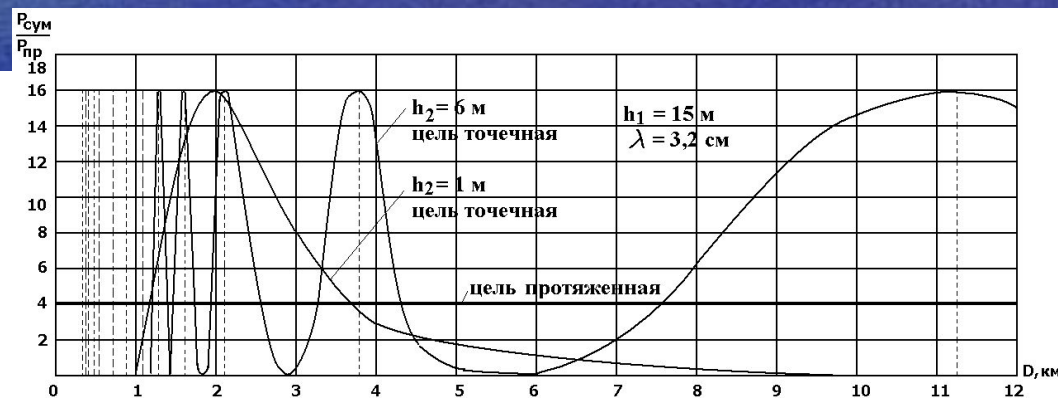
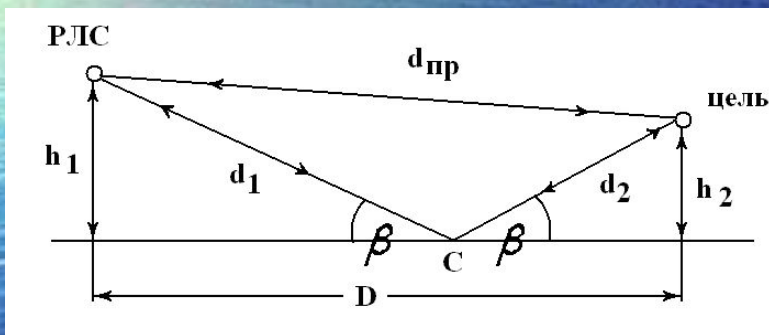
D <sub>max</sub> , км	S-радар (λ = 10 см)			X-радар (λ = 3 см)			K-радар (λ = 0,9 см)		
	D <sub>max</sub> , атм, км			D <sub>max</sub> , атм, км			D <sub>max</sub> , атм, км		
	Слабый дождь δ = 0 (дБ/км)	Средний дождь δ = 0 (дБ/км)	Сильный дождь δ = 0,007 (дБ/км)	Слабый дождь δ = 0,012 (дБ/км)	Средний дождь δ = 0,05 (дБ/км)	Сильный дождь δ = 0,3 (дБ/км)	Слабый дождь δ = 0,25 (дБ/км)	Средний дождь δ = 0,9 (дБ/км)	Сильный дождь δ = 4 (дБ/км)
1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0,5
2	2	2	2	2	2	2	2	1,8	1
3	3	3	3	3	3	3	3	2,5	1,5
10	10	10	10	10	10	8	9	6	3
20	20	20	20	20	20	13	14	8	4
40	40	40	40	40	38	20	21	12	5



# Эксплуатационные характеристики РЛС

## Максимальная дальность

Влияние отражений зондирующих сигналов от морской поверхности - суммирование «прямого» и «переотраженного» сигнала и влияние на дальность



Функция имеет сложный характер, объясняется многолепестковой диаграммой направленности антенны в вертикальной плоскости. На некоторых дистанциях до цели коэффициент усиления мощности изменяется от 0 до 16 и более раз.



# Эксплуатационные характеристики РЛС

## Минимальная дальность

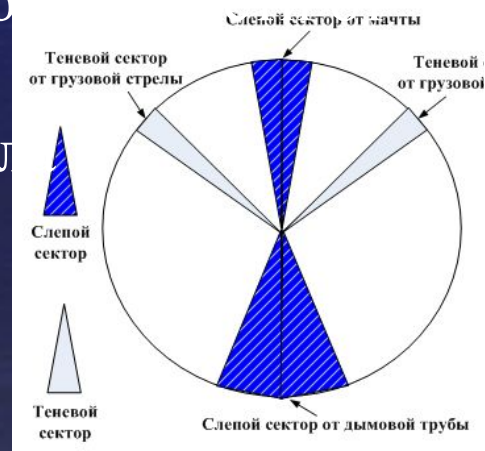
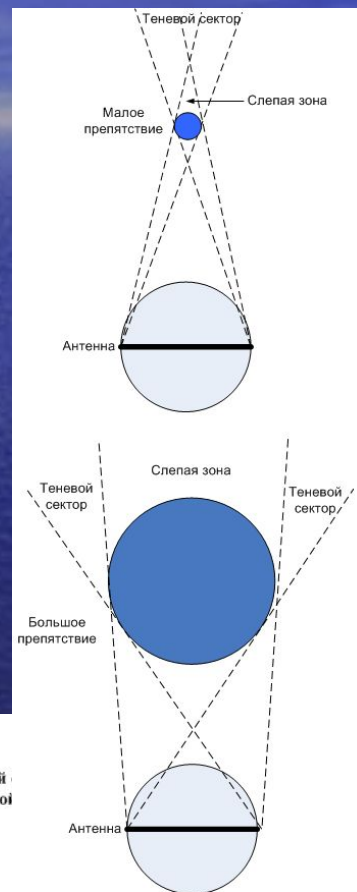
- Минимальная дальность действия - определяется длительностью зондирующего импульса (150 м для длительности 1 мкс, 15 м - для 0,1 мкс).
- Минимальная дальность обнаружения - характеристика, учитывающая длительность зондирующего импульса и время восстановления чувствительности, зависит от шкалы дальности (длительности импульса).
- Мертвая зона - зона определяемая высотой установки антенны и шириной диаграммы направленности



# Эксплуатационные характеристики РЛС

## Минимальная дальность

- Теневые секторы в горизонтальной и вертикальной плоскости - секторы радиолокационного наблюдения, которые имеют зоны радиотени от мачт, труб, надстроек.
- График теневых секторов в горизонтальной плоскости:
  - высчитывается экспериментально (двумя способами);
  - размещается в непосредственной близости от индикатора;
  - кол-во графиков зависит от числа р/локационных антенн.
- График радиодевиации РЛС.





# Эксплуатационные характеристики РЛС

## Погрешности измерения дальности

Точность определения дальности до цели зависит от выбранной шкалы дальности, настройки РЛС, длительности импульса и составляет около одного процента от шкалы.

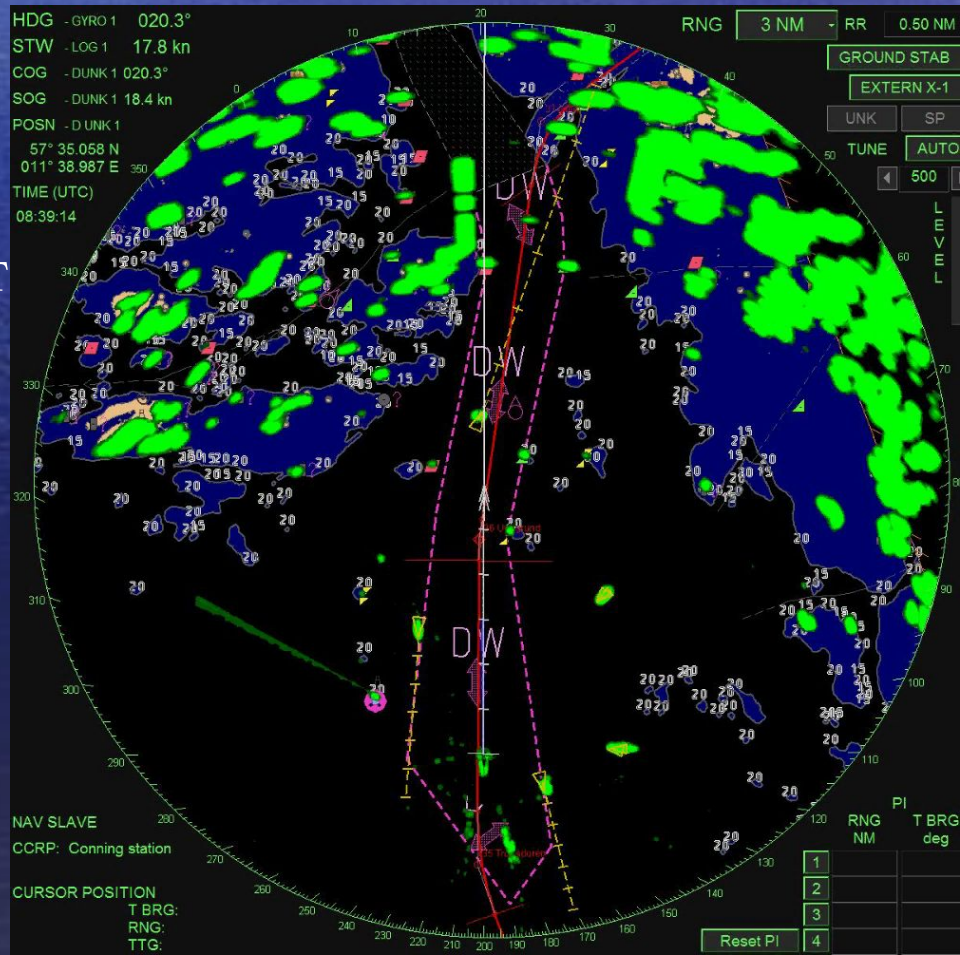




# Эксплуатационные характеристики РЛС

## Точность измерения направления

Точность определения угла на цель зависит от размеров антенного устройства, периода повторения импульсов, не зависит от шкалы дальности и составляет около 0,5 градусов для трехсантиметрового диапазона и около 1,5 градусов для десятисантиметрового диапазона.

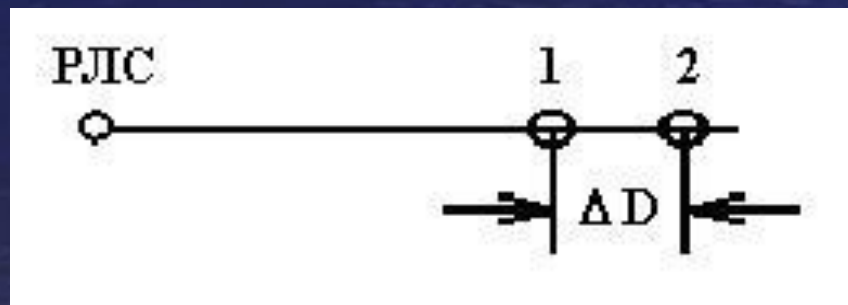




# Эксплуатационные характеристики РЛС

## Разрешающая способность по дальности

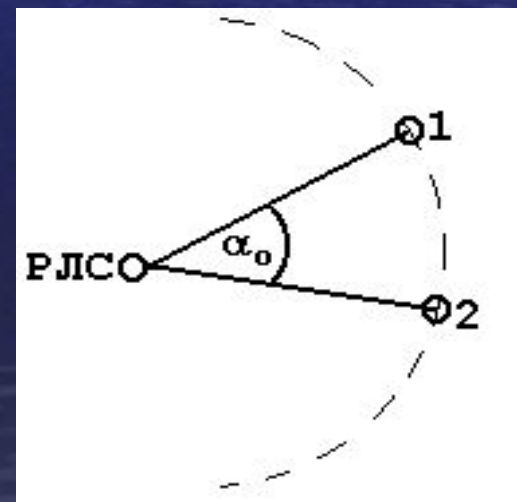
- Разрешающая способность по дальности равна минимальному расстоянию  $\Delta D$  между двумя отдельно наблюдаемыми на экране РЛС точечными целями, расположенными на одном азимуте
- Зависит от длительности импульса, диаметра рисующего пятна, расстояния до цели
- Составляет для длительности 0,1 мкс - 15 м и для длительности 1,2 мкс – 180 м (крупные шкалы).



# Эксплуатационные характеристики РЛС

## Разрешающая способность по азимуту

Разрешающая способность по азимуту оценивается минимальной величиной угла  $\alpha_0$  (град) между двумя равноудаленными точечными целями, при котором отраженные сигналы от целей на экране РЛС принимаются раздельно. Разрешающая способность по азимуту численно равна ширине диаграммы направленности антенны РЛС в горизонтальной плоскости.





# Требования ИМО к РЛС

- *Дальности обнаружения* (При нормальных условиях распространения радиоволн, высоте установки РЛС 15 м над уровнем моря и при отсутствии помех РЛС)
  - Береговой черты
    - при высоте берега 60 м – на расстоянии 20 морских миль;
    - при высоте берега 6 м – на расстоянии 7 морских миль;
  - Надводных объектов
    - судов валовой вместимостью 5000 – на расстоянии 7 морских миль независимо от ракурса;
    - небольшого судна длиной 10 м – на расстоянии 3 морских мили;
    - объектов, аналогичных навигационному бую, имеющих эффективную поверхность рассеяния приблизительно 10 м<sup>2</sup> – на расстоянии 2 морских мили.
- *Минимальная дальность обнаружения.* Надводные объекты начиная с минимального расстояния 50 м

# Требования ИМО к РЛС

- *Отображение информации*

В условиях дневного освещения без применения внешних увеличительных устройств индикатор должен обеспечивать отображение радиолокационной информации на экране с минимальным эффективным диаметром (в пределах азимутальной шкалы) не менее, чем:

- 180 мм для судов валовой вместимостью 150 и более, но менее 1000 ;
- 250 мм для судов валовой вместимостью 1000 и более, но менее 10000;
- 340 мм для судов валовой вместимостью 10000 и более.

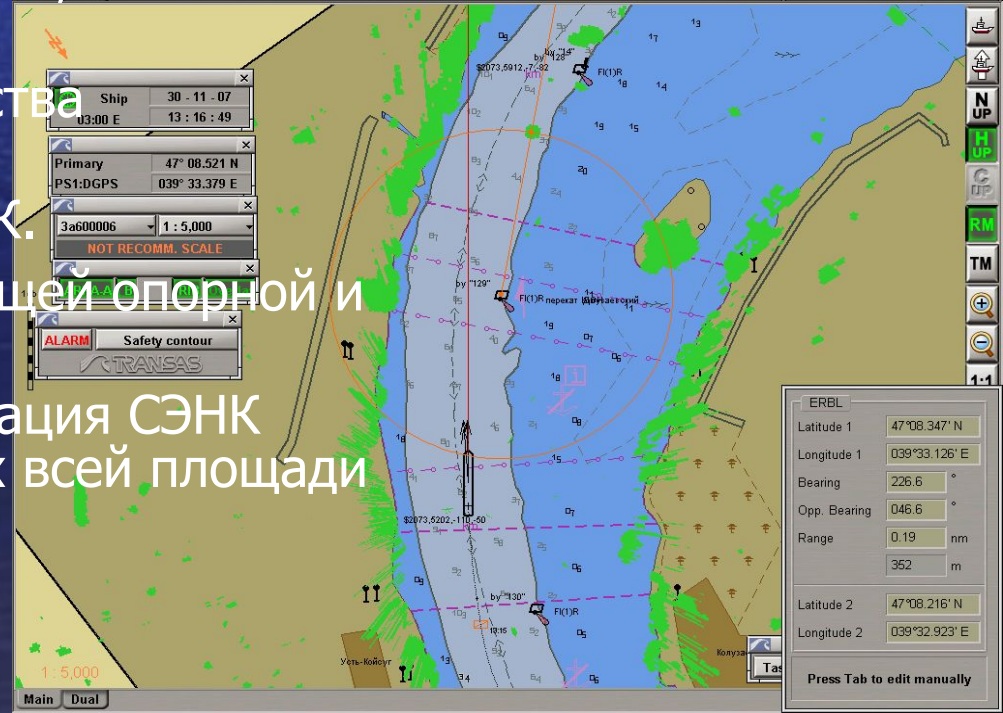


# Требования ИМО к РЛС

- *Набор шкал дальности индикатора - 0,25; 0,5; 0,75; 1,5; 3; 6; 12 и 24 мили и др.*
- *Индикация шкал дальности - четкая индикация и интервал между НКД.*
- *Вид информации, высвечиваемой на эффективной площади радиолокационного изображения - только связанная с изображением целей (идентификаторы, векторы).*
- *Воспроизведение шкалы дальности – линейными без задержки.*
- *Многоцветность изображения на экране - эхо-сигналы одного цвета, доп. информация - различными.*
- *Восприимчивость информации при изменении освещенности - изображение должно легко восприниматься при любой освещенности. При высокой освещенности может быть быстросъемный тубус.*

# Требования ИМО к РЛС

- Изображение системной электронной карты - части СЭНК должны обеспечить отсутствие маскировки, затенения и ухудшения радиолокационной информации.
- СЭНК выводит на экран:
  - береговую черту,
  - контур безопасности своего судна,
  - навигационные опасности,
  - стационарные и плавучие средства навигационного ограждения.
- Возможность выбора частей СЭНК.
- Представление информации в общей опорной и координатной системе.
- РЛС и картографическая информация СЭНК должна отображаться в пределах всей площади изображения.





# Требования ИМО к РЛС

- *Измерение дальности* - на шкалах 0,25; 0,5; 0,75 миль - два НКД, на других до шести. ПКД - в форме кольца с цифровым отсчетом.
- *Отметка курса* – непрерывная линия с погрешностью не более  $\pm 1^\circ$ .
- *Измерение направлений* - ЭВН с погрешностью  $\pm 1^\circ$ . ЭВН измеряет от ОК – курсовой угол, от истинного меридиана (СЕВЕР) – истинный пеленг.
- *Разрешающая способность по дальности* - не более 40 м.
- *Разрешающая способность по пеленгу* - не более  $2,5^\circ$

# Требования ИМО к РЛС

- *Влияние качки* - при качке (бортовой или килевой) до  $\pm 10^\circ$  эксплуатационные требования по дальности обнаружения удовлетворяли предшествующим пунктам.
- *Скорость вращения антенны* - не менее 20 об/мин.
- *Поляризация радиоволн* - горизонтальная.
- *Режимы работы* – ОД и ИД.
- *Интерфейс* - прием информации от гирокомпаса, измерителя скорости и пройденного расстояния и электронных систем местоопределения в соответствии с МЭК 1162.





# Требования ИМО к РЛС

- Обозначение органов управления

Включение и выключение	On/off-switch
Яркость изображения	Monitor brilliance
Подстройка частоты (РПЧ)	Tuning
Выбор шкалы дальности	Range selection
Ослабление помех от дождя	<u>Anticlutter rain</u>
Электронный визир направления	Electronic bearing line
Яркость панели управления	Dimmer for panel illumination
Усиление (приемника)	Gain
Режим отображения	Presentation mode
Ослабление помех от моря	<u>Anticlutter sea</u>
Подвижный маркер дальности	Variable range marker
Отметка курса	Marker (cursor)

# Требования ИМО к РЛС

- резолюции MSC.191.(79), 192(79), SN/Circ.243

Символы, применяемые в РЛС (Резолюция А.278 (VIII) принятая 20.11.1973)

Символ	Наименование	Перевод
	OFF	Включение
	RADAR ON	РЛС включена
	RADAR STAND-BY	РЛС в режиме подготовка
	AERIAL ROTATION	Включение вращения антенны
	NORTH UP PRESENTATION	Ориентация изображения по Северу
	SHIP'S HEAD UP PRESENTATION	Ориентация изображения по курсу судна
	HEADING MARKER ALIGNMENT	Управление измерителем направления
	RANGE SELECTOR	Выбор шкалы дальности
	SHORT PULSE	Выбор "короткого" импульса при излучении
	LONG PULSE	Выбор "длинного" импульса при излучении
	TUNING	Настройка (подстройка АПЧ)
	GAIN	Усиление
	ANTI-CLUTTER RAIN MINIMUM	Положение регулятора подавления помех от дождя на минимальном значении (МПВ)
	ANTI-CLUTTER RAIN MAXIMUM	Положение регулятора подавления помех от дождя на максимальном значении (МПВ)
	ANTI-CLUTTER SEA MINIMUM	Положение регулятора подавления помех от волн (помехи в ближней зоне) на минимальном значении (ВАРУ)
	ANTI-CLUTTER SEA MAXIMUM	Положение регулятора подавления помех от волн (помехи в ближней зоне) на минимальном значении (ВАРУ)
	SCALE ILLUMINATION	Регулировка подсвета шкалы
	DISPLAY BRILLIANCE	Регулятор яркости экрана
	RANGE RINGS BRILLIANCE	Регулировка яркости неподвижных колец дальности
	VARIABLE RANGE MARKER	Регулировка подвижного кольца дальности
	BEARING MARKER	Управление визиром направления
	TRANSMITTED POWER MONITOR	Включение канала проверки наличия излучения
	TRANSMIT/RECEIVE MONITOR	Включение канала проверки работоспособности приемника и передатчика