

УМК Раздел ПМ 5. Использование радиолокатора и САРП для обеспечения безопасности плавания

МДК.01.02. Управление судном и технические средства судовождения

Автор: Щербатых В.В., заведующий ЗО
Колледжа ГУМРФ,
капитан дальнего плавания

2020

A stylized, low-poly silhouette of a mountain range in shades of brown and grey, positioned at the bottom of the slide against a blue gradient background.



Понятие о радиолокации

- Процесс обнаружения объектов в пространстве и определение их координат радиотехническими методами называется радиолокацией. Приборы, обеспечивающие радиолокацию объектов в пространстве, называются радиолокационными станциями (РЛС).
- Для радионавигации на море используется и совершенствуется лишь один вид – активная импульсная двухкоординатная РЛС.
- Морские навигационные РЛС измеряют два параметра в полярной системе координат: расстояние до объекта и направление на объект (курсовой угол или пеленг).
- Измерение расстояний производится амплитудным (импульсным) способом. Расстояние до объекта определяется измерением времени t_D от момента излучения «зондирующего» импульса до приема соответствующего отраженного импульса.
- Время t_D определяется как время прохождения импульса до объекта и обратно:
$$t_D = 2D/c \quad D = c \cdot t_D / 2$$

где D – расстояние до объекта;
 c – скорость распространения радиоволн.

Радиочастоты и частотные диапазоны

- Частота радиоволн f (гц) Скорость распространения радиоволн = 300 000 км/сек = 300 000 000 м/с
Длина волны f (гц) = $V_p/v : L$ (м)
- ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОЛНЫ- распространяются вблизи поверхности земного шара. Условия распространения этих волн стабильны.

- Р/волны ,которые распространяются под углом к поверхности Земли называются пространственными, из-за отражения от ионосферы слоя E(высота 70-80км)до точки приема проходят более длительный путь претерпевают значительные изменения течения суток и года. Отражение днем и летом ХУЖЕ чем НОЧЬЮ и ЗИМОЙ.

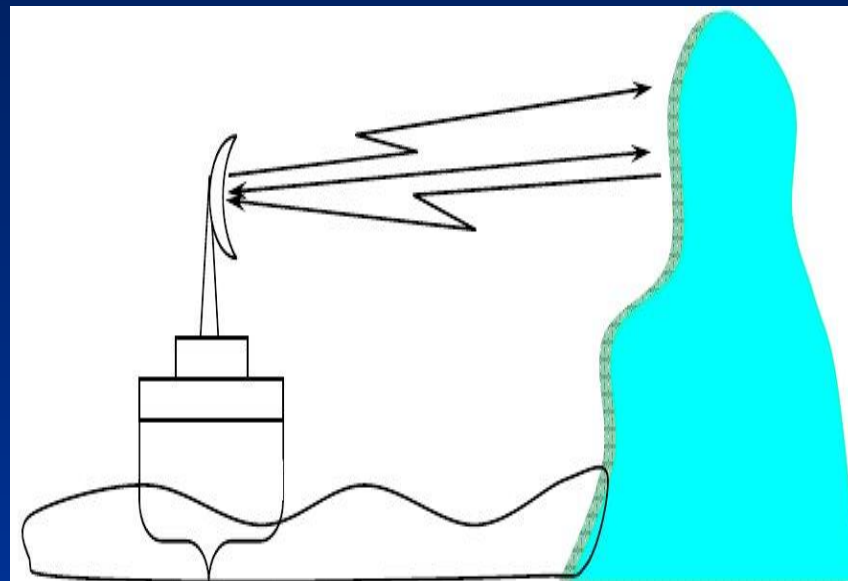
ДИАПАЗОНЫ ЧАСТОТ

1	СВ/ПВ	MF	405-526,5 кГц/ 1605-4000 кГц	Выделенные частоты для МПС
2	КВ	HF	4-27,5 МГц	Выделенные частоты для МПС
3	УКВ	VHF	156-174 МГц	Выделенные частоты для МПС
4	ОНЧ	VLf	3-30 кГц	МИРИАМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ
5	НЧ	LF	30-300 кГц	КИЛОМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ
6	СЧ	MF	300- 3000 кГц	ГЕКТОМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ
7	ВЧ	HF	3-30 МГц	ДЕКАМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ
8	ОВЧ	VHF	30-300 МГц	МЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ
9	УВЧ	UHF	300-3000 МГц	ДЕЦИМИТРОВЫЕ ВОЛНЫ
10	СВЧ	SHF	3-30 ГГц	САНТИМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ
11	КВЧ	EHF	30-300 ГГц	МИЛЛИМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ
12	ГВЧ		300-3000 ГГц	ДЕЦИМИЛЛИМЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ

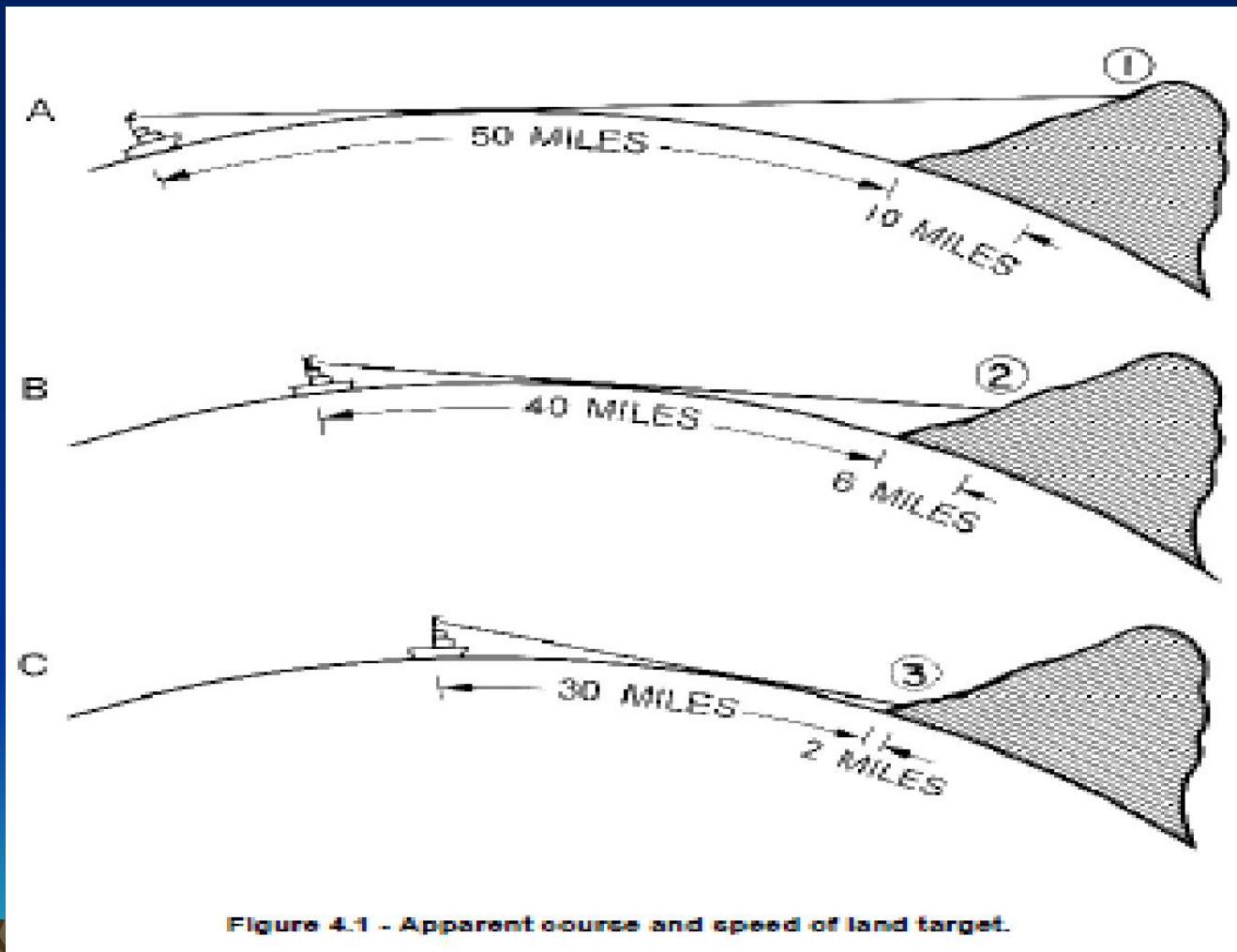


Принцип действия импульсной РЛС

- Для радионавигации на море используется и совершенствуется лишь один вид – активная импульсная двухкоординатная РЛС.
- Импульсный метод в радиолокации позволяет довольно просто одновременно наблюдать несколько объектов, расположенных в зоне действия РЛС, так как эхосигналы смещены во времени в зависимости от дальности до объекта.



Импульсный метод в радиолокации



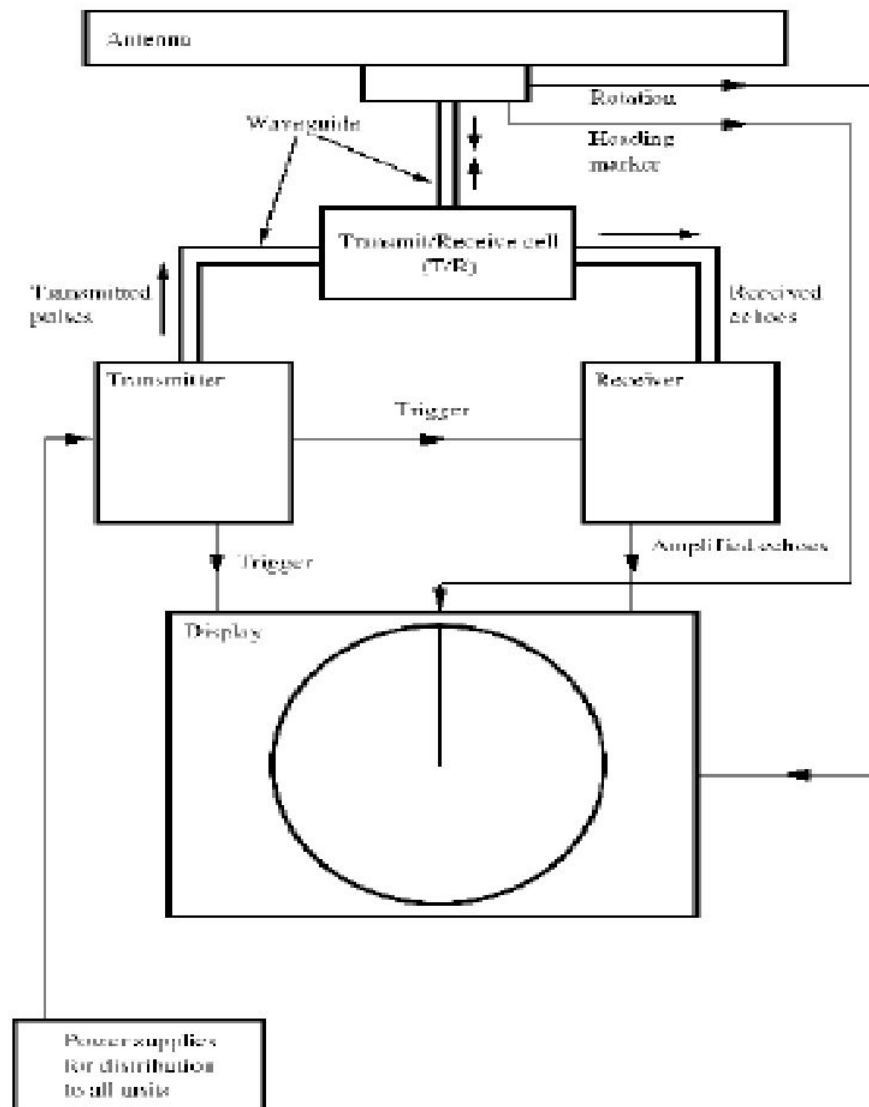


Figure 1.13 - Block diagram of a basic pulse-modulated radar system

Состав и размещение приборов импульсной радиолокационной станции

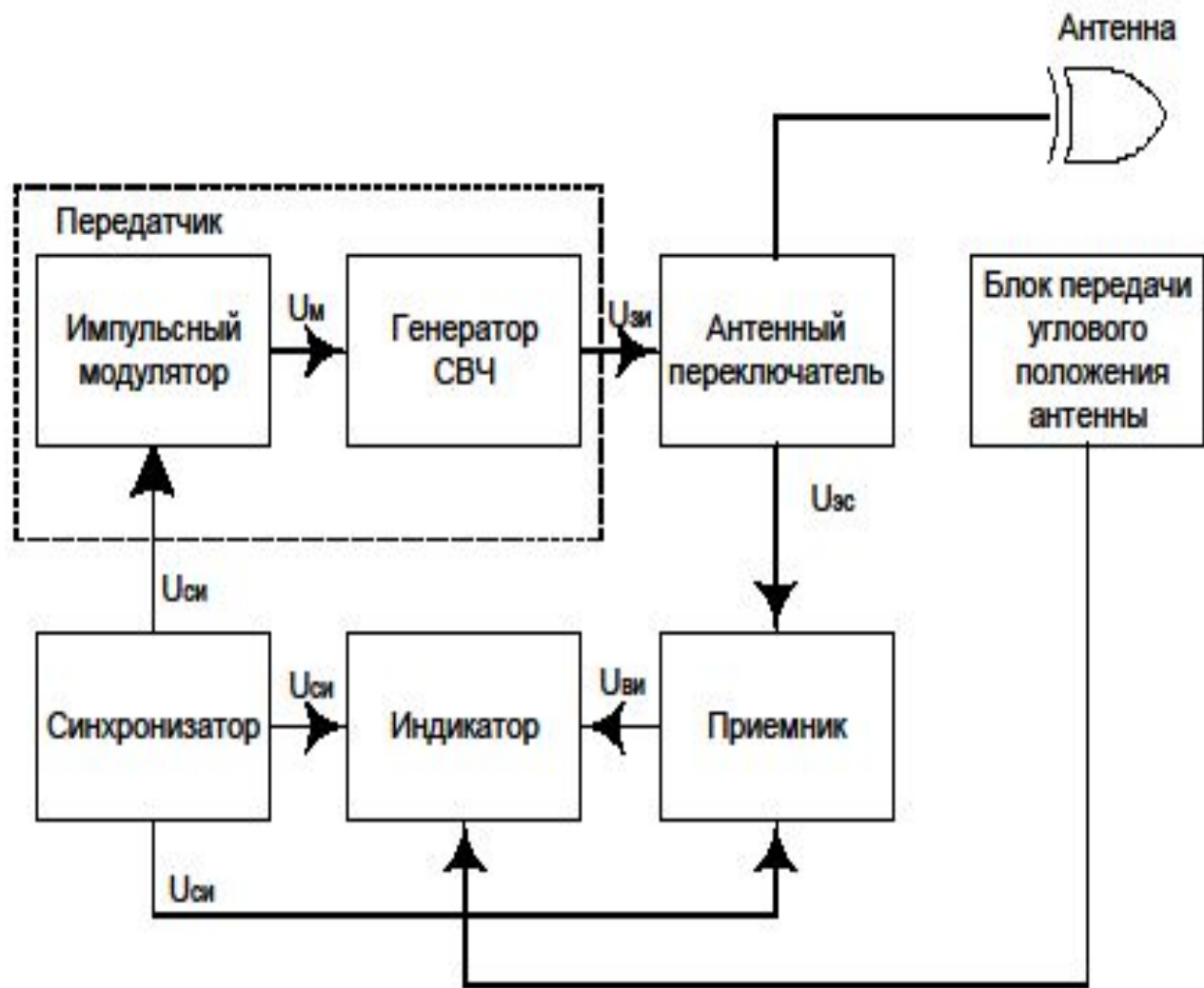
- Импульсная РЛС содержит следующие основные составные части:
- - синхронизатор, вырабатывающий последовательность запускающих синхроимпульсов, управляющих работой передатчика, индикатора и схемы
- временной автоматической регулировки усиления (ВАРУ=SEA) - приемника;
- - передатчик, состоящий из импульсного модулятора и генератора СВЧ=МАГНЕТРОН, который под действием синхроимпульсов генерирует мощные «зондирующие» импульсы СВЧ;(3,2 см, 10 см)
- - антенное устройство, имеющее пеленгационную характеристику с острым максимумом, вращающаяся часть которого сканирует пространство в пределах 360°;
- - антенный переключатель, коммутирующий антенну с передачи на прием и обратно, приемник, усиливающий принятые отраженные эхо-сигналы и преобразующий их в видеоимпульсы, которые поступают на индикатор;
- - блок передачи углового положения антенны на индикатор;
- - индикатор, отображающий навигационную обстановку и позволяющий определить координаты объектов.

РЛС «KELVIN HUGHES» NUCLEUS 5000R



- Комплекс РЛС «KELVIN HUGHES» состоит из 3-х приборов:
- Щелевой антенны совмещённой в одном блоке с приёмо-передатчиком установленной на крыше рубки на специальной мачте;
- Трансформаторной коробки;
- Дисплея с процессором в одном блоке.
- РЛС управляется тремя кнопками и трекболом. Для облегчения распознавания радиолокационной картинки используется многоцветный дисплей, цвета подобраны согласно требованиям ИМО.





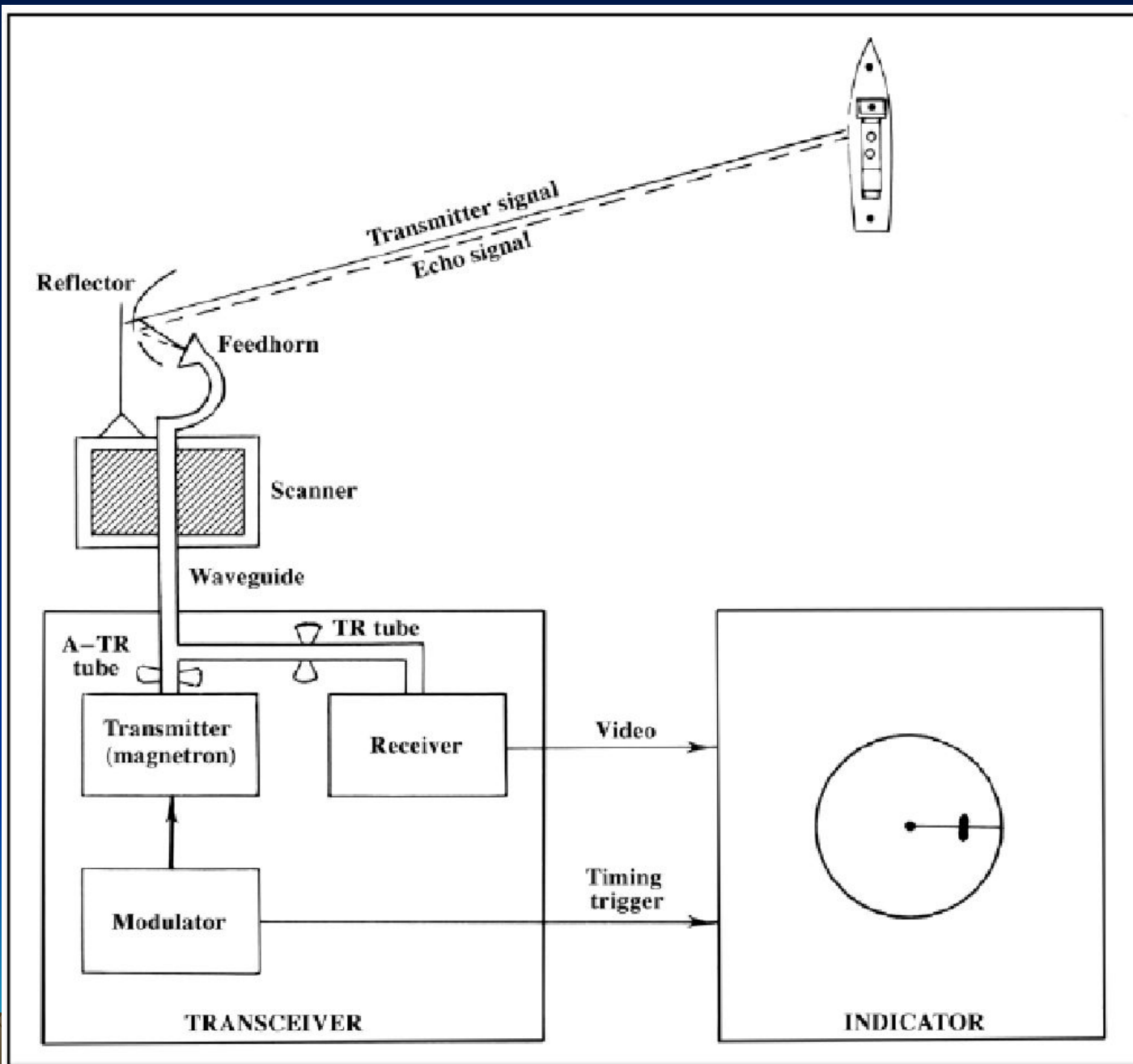


Figure 1.14 - A basic radar system.

Основные эксплуатационные характеристики РЛС

- Работа радиолокатора состоит из многих процессов, совокупность которых позволяет получить радиолокационное изображение в пригодном для визуального обзора виде. Все процессы строго согласованы во времени и образуют единый повторяющийся цикл.



Направленность излучения

- В судовых радиолокаторах применяются антенны самых различных конструкций, формирующие радиолокационный луч, узкий в горизонтальной плоскости и широкий в вертикальной
- Ширина диаграммы направленности определяет размеры отметки объекта по окружности, т.е. вдоль линии, перпендикулярной линии облучения.
- Чем острее характеристика направленности антенны, тем меньше будут растягиваться отметки объектов и тем больше соответствие между действительными размерами объекта на экране.



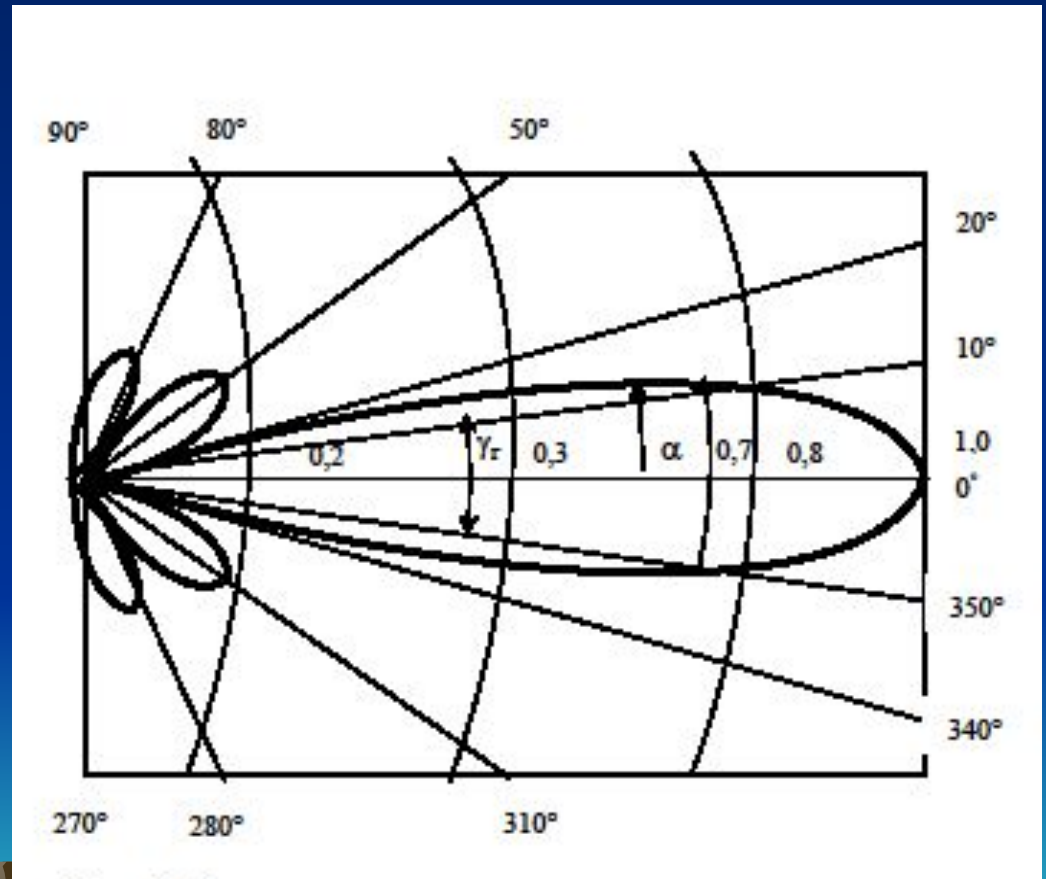
Длительность импульса

- Радиоимпульс имеет два фронта: передний обращенный в сторону распространения, и задний. Время, в течение которого происходит излучение колебаний, называют длительностью импульса, относя это понятие к видеоимпульсу.
- Длительность импульса определяет размер отметки объекта линии облучения.
- Для более точного воспроизведения объектов необходимо стремиться к уменьшению длительности зондирующих импульсов.



Ширина диаграммы направленности

- Ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости определяет разрешающую способность по направлению и точность определения направлений.



Мощность излучения и чувствительность приемника

- Чем мощнее излучение и выше чувствительность приемника, тем на больших расстояниях могут быть обнаружены объекты. Мощность в импульсе навигационных радиолокаторов зависит от их назначения (для судов океанского или прибрежного плавания)
- Уровень усиления принятых сигналов является переменной величиной, регулируемой оператором.



Частота следования импульсов и скорость вращения антенны

- чтобы получить достаточно устойчивую отметку на экране, необходимо каждый объект облучить не менее чем 5-10 импульсами
- частота следования импульсов тесно связана со скоростью вращения антенны, шириной диаграммы направленности и минимальным количеством импульсов облучения объекта.
- Как правило, навигационные радиолокаторы имеют две частоты следования импульсов в зависимости от диапазона дальности.



Параметры разверток и шкалы дальности

- Масштаб развертки пропорционален скорости развертки, чем больше скорость развертки, тем крупнее масштаб радио локационного изображения.
- Масштабы изображения называются шкалами дальности, они указывают дальность обзора (при начале развертки в центре экрана).



Параметры электроннолучевой трубки

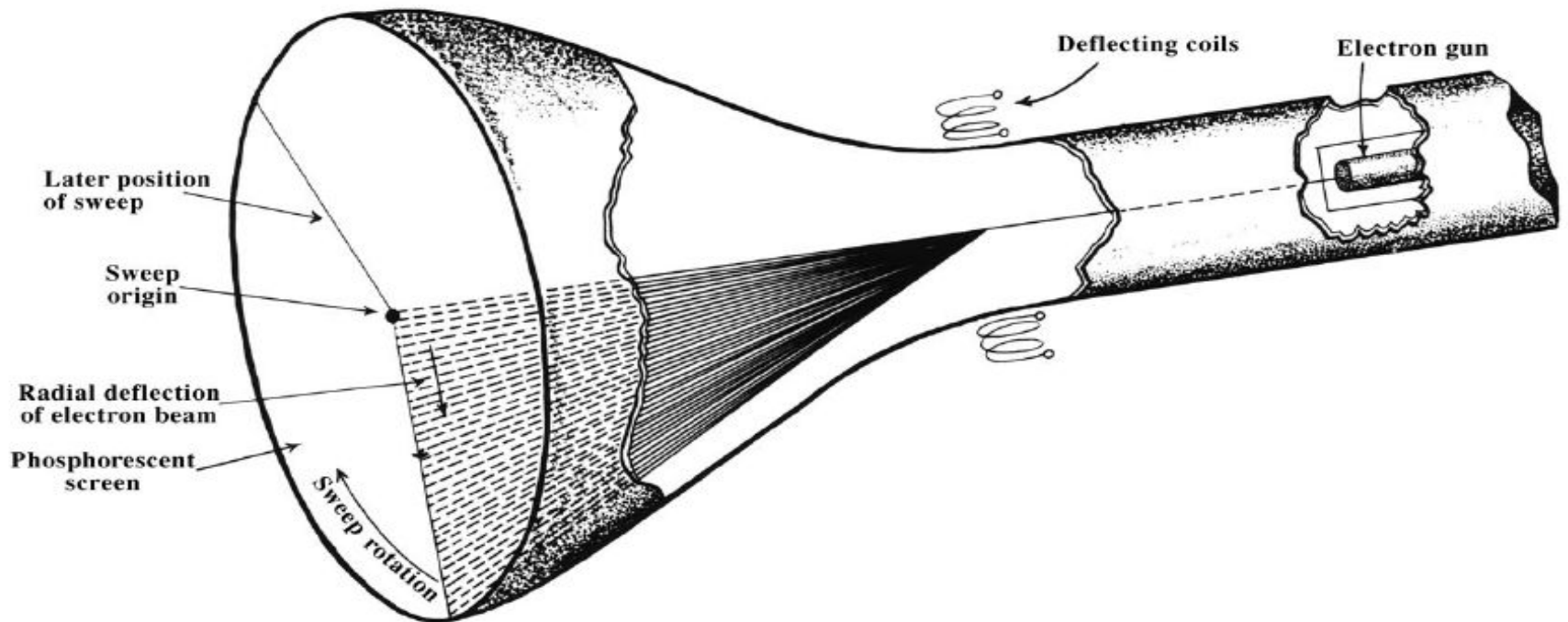


Figure 1.18 - The sweep on the plan position indicator.

Индикатор РЛС



Влияние отражающих свойств объектов

- Существенное влияние на эффективность отражения оказывает конфигурация отражающей поверхности. Чем больше участков, представляющих собой плоскости, перпендикулярные направлению распространения волны, имеет отражающая поверхность, тем эффективнее отражение, тем больше дальность обнаружения.
- Для увеличения отражающей способности мелких объектов на них могут быть установлены пассивные отражатели уголкового типа.
- Эффективная отражающая площадь уголкового отражателя при строгой перпендикулярности его плоскостей равна:
- При $a = 0,5$ м и $\lambda = 10$ см $S_{\text{Э}} = 25$ м²;
при $a = 0,5$ м и $\lambda = 3,2$ см $S_{\text{Э}} = 250$ м².

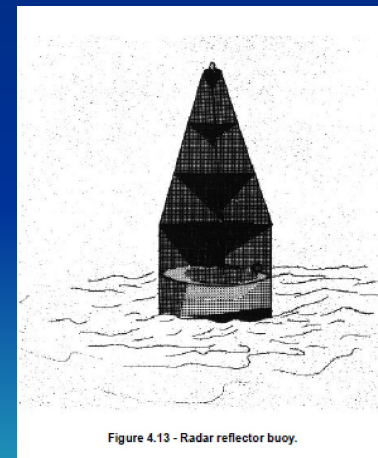
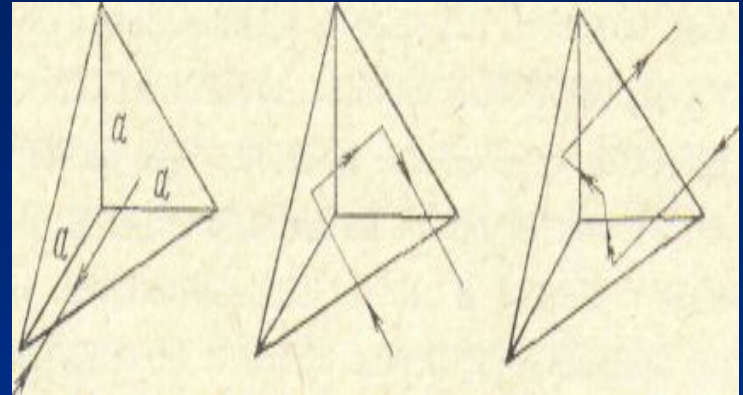
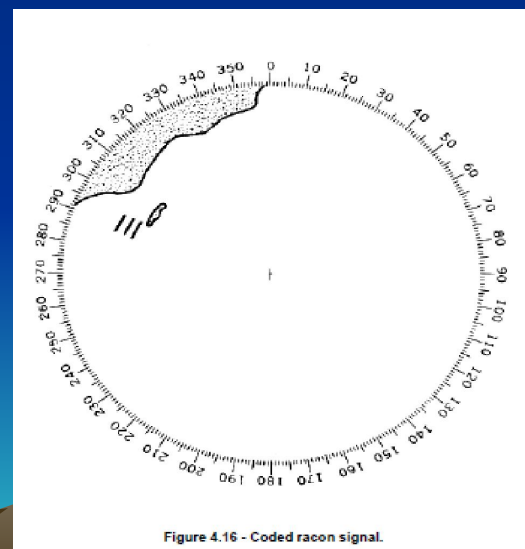


Figure 4.13 - Radar reflector buoy.

Радиолокационные маяки

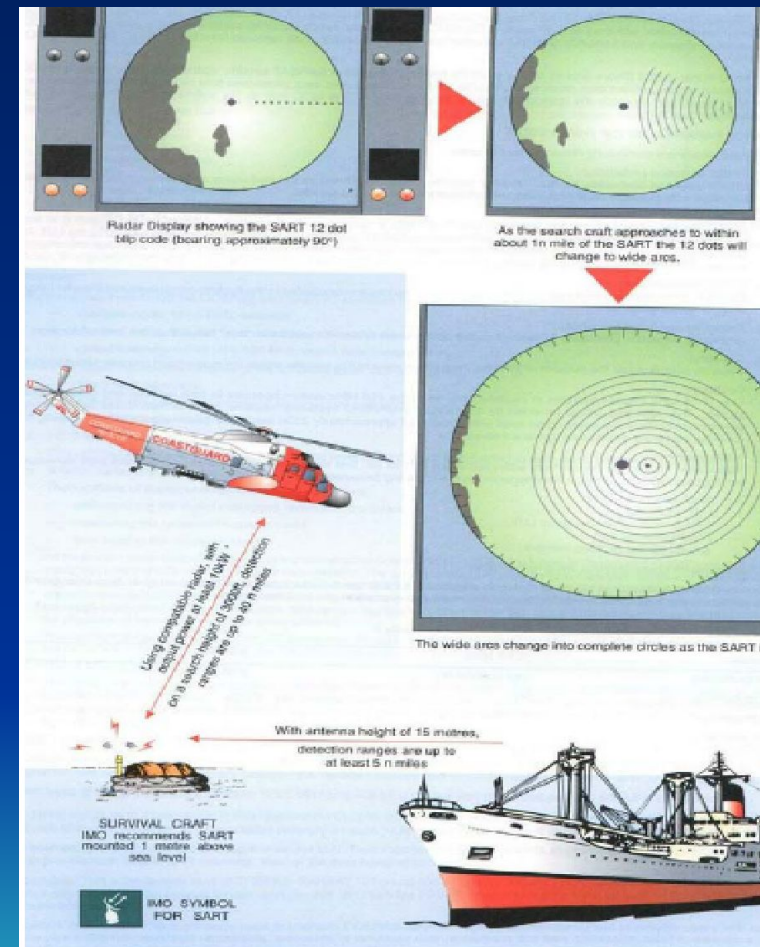
ОТВЕТЧИКИ

- **Радиолокационный маяк ответчик (РМО)** представляет собой устройство, при поступлении, на вход которого импульсов судовой РЛС излучаются ответные импульсы или их кодовое сочетание. Ответные сигналы воспроизводятся на экране РЛС, позволяя определить местоположение и принадлежность маяка.
- Период изменения частоты РМО составляет 1,5 - 2 мин. Поэтому сигналы РМО наблюдаются в течение 2 - 3 оборотов антенны каждые 1,2 - 2 мин.
- Дальность их обнаружения в зависимости от технических параметров 15 - 30 миль.
- При использовании РМО дистанция измеряется по началу отметки, затем учитывается задержка сигнала по характеристике маяка.



Радиолокационный маяк-ответчик (РЛМО)

- **(РЛМО)** обеспечивает определение местоположения судов, терпящих бедствие, посредством передачи сигналов, которые на экране радиолокационной станции представлены серией точек, расположенных на равном расстоянии друг от друга в радиальном направлении. РЛМО работает в диапазоне 9,2 — 9,5 ГГц.
- При этом он обеспечивает нормальную работу на расстоянии не менее 5 морских миль при запросе судового радара, антенна которого установлена на высоте 15 метров и не менее 30 морских миль при запросе авиационного радара с мощностью импульса не менее 10 кВт, установленного на борту летательного аппарата, находящегося на высоте 1000м.

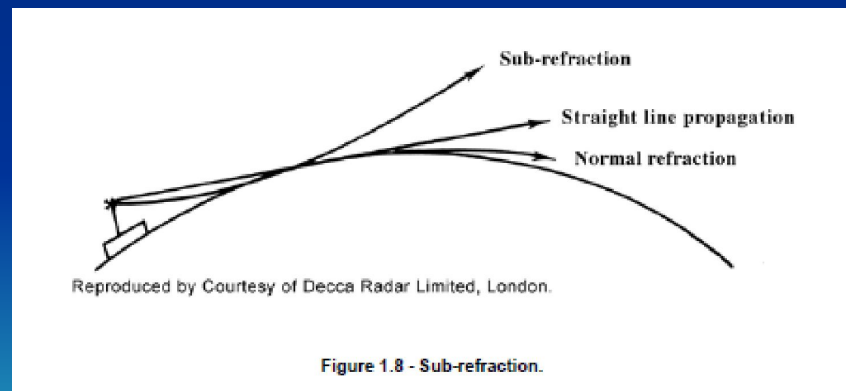
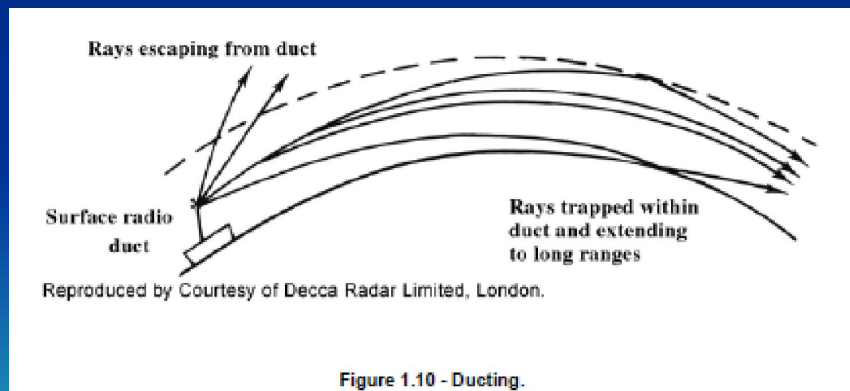
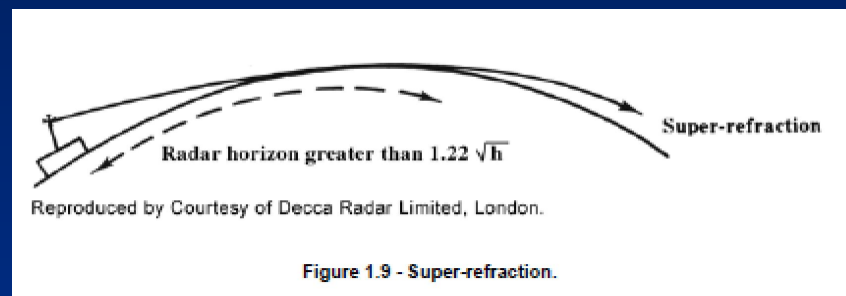
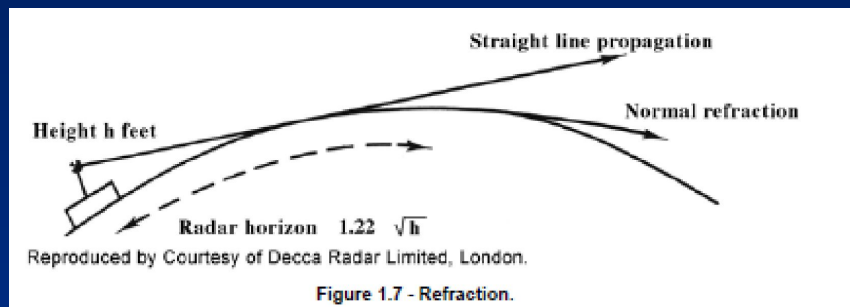


Влияние условий распространения радиоволн

- Радиоволны сантиметрового диапазона при наиболее часто встречающемся состоянии атмосферы распространяются, слегка огибая поверхность Земли. Это явление, называемое **рефракцией**. Вследствие явления рефракции радиолокационный горизонт на 5—7% больше, чем визуальный.
- явление, называемое **субрефракцией**, наблюдается в том случае, когда температура воды выше температуры воздуха. В этом случае объекты, расположенные над поверхностью моря, обнаруживаются на меньших расстояниях, чем при нормальных условиях.
- Вследствие явления **сверхрефракции** значительно увеличивается дальность действия РЛС; отдельные объекты могут быть обнаружены на расстоянии до нескольких сот миль и более. Это явление обычно наблюдается при движении теплого сухого воздуха над относительно холодной поверхностью моря, в прибрежных водах умеренного и тропического пояса.



При отклонении атмосферных условий от нормальных в ту или другую сторону изменяется степень огибания радиоволной земной поверхности.



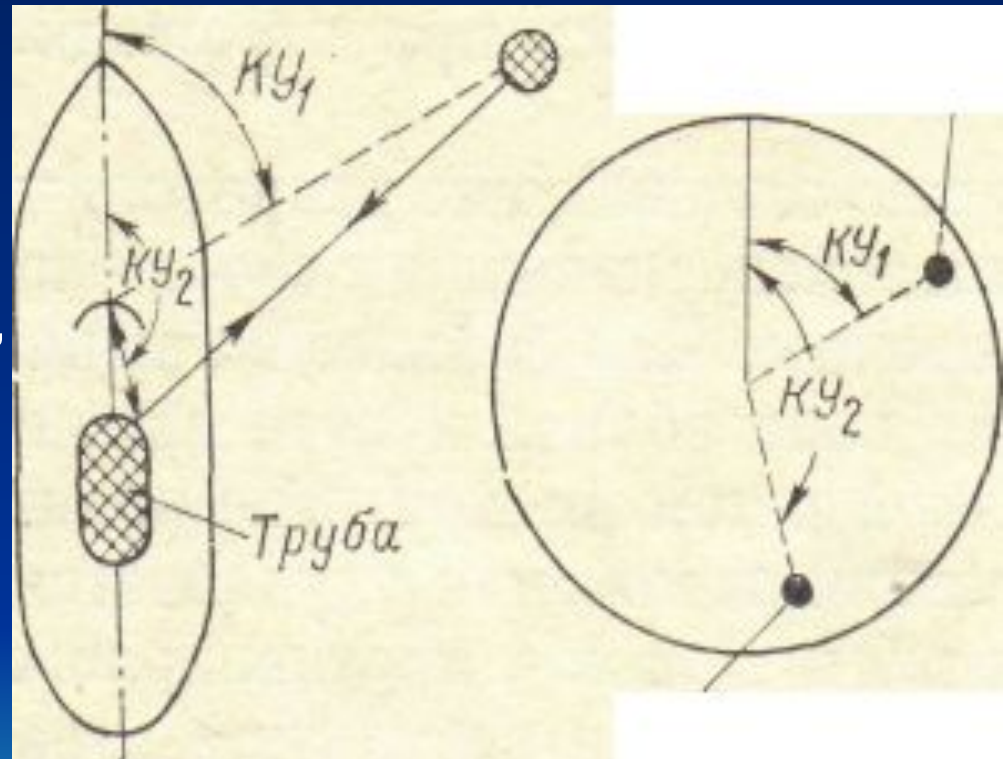
Помехи в работе РЛС

- Источники помех можно разделить на два вида: реально существующие мешающие объекты, отражающие радиоволны или преграждающие путь радиоволнам (на экране РЛС они создают эхосигналы, положение которых соответствует истинному расположению мешающих объектов), и источники помех, создающие ложные эхосигналы, появляющиеся на экране при отсутствии в соответствующих точках пространства отражающих объектов.
- при сильном волнении, в результате отражающего действия морских волн, экран РЛС засвечивается на расстоянии не более 3—4 миль. Зыбь или отдельные волны дают засветку в виде полос.
- Для уменьшения этих помех полезно уменьшать усиление приемника. (BAPY-SEA).
- Отражение от облаков, дождя и снега также может создавать сильную засветку экрана в пределах дальности действия РЛС. Такие помехи имеют вид отдельных пятен с более или менее четкими границами и различной яркостью. Засветку от облаков и осадков иногда можно принять за часть суши или остров, однако быстро меняющаяся ее форма и большая скорость перемещения указывают на то, что это помеха.

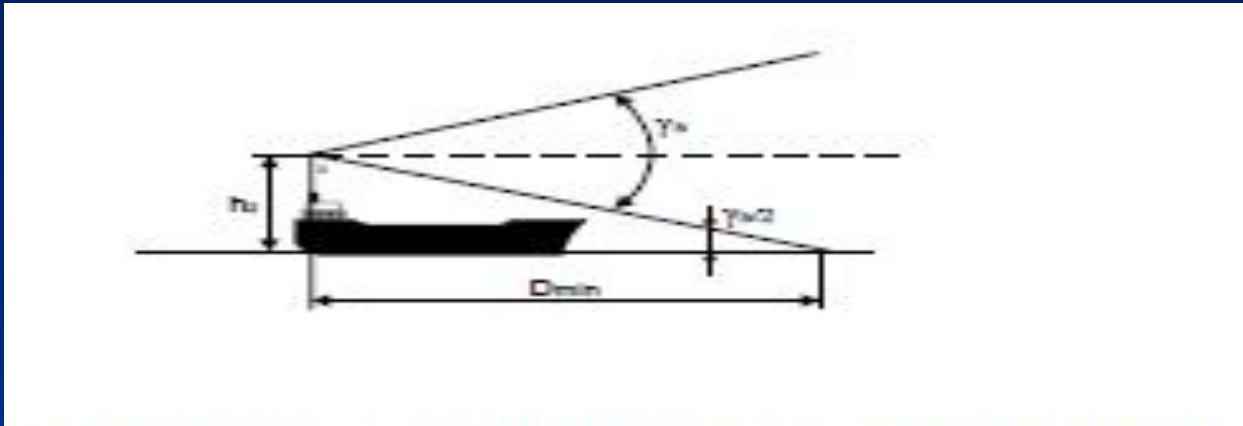


Ложные эхо-сигналы

- Наличие на судне хорошо отражающих объектов может привести к появлению на экране радиолокатора ложного эхо-сигнала, расположенного на таком же расстоянии от центра экрана, как и истинный эхо-сигнал от наблюдаемого объекта, но в любом направлении, чаще всего близком к противоположному.

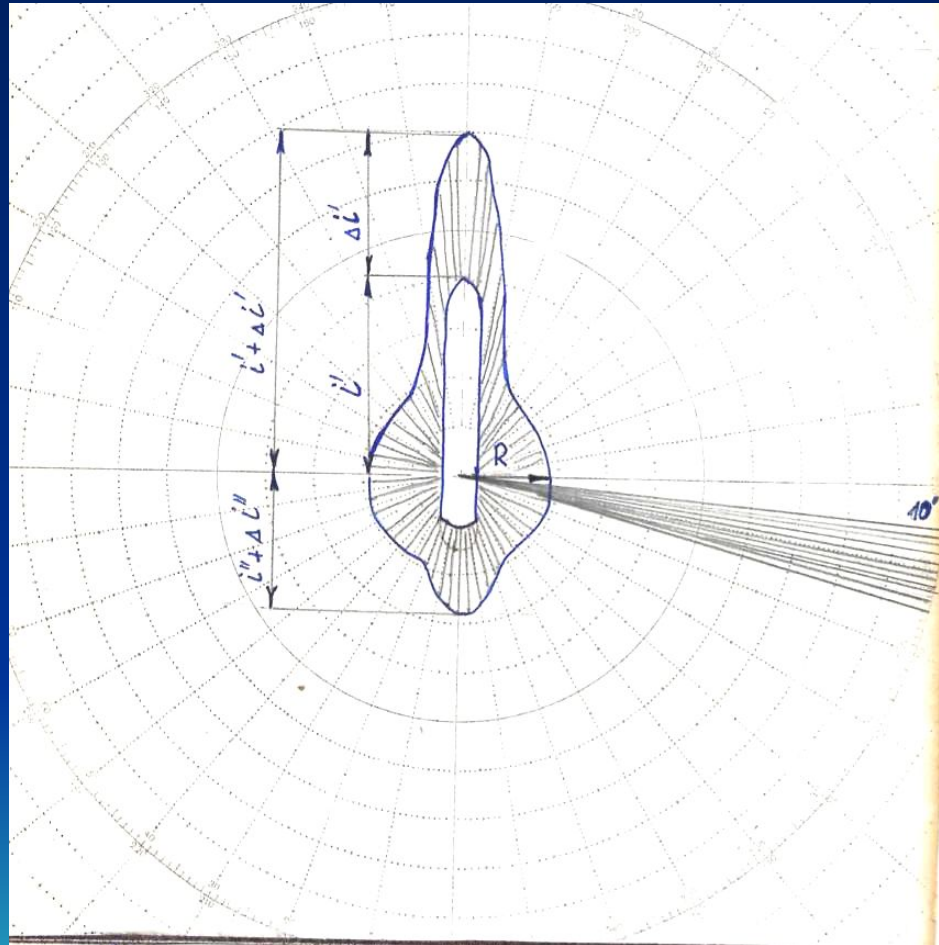


Минимальная дальность обнаружения

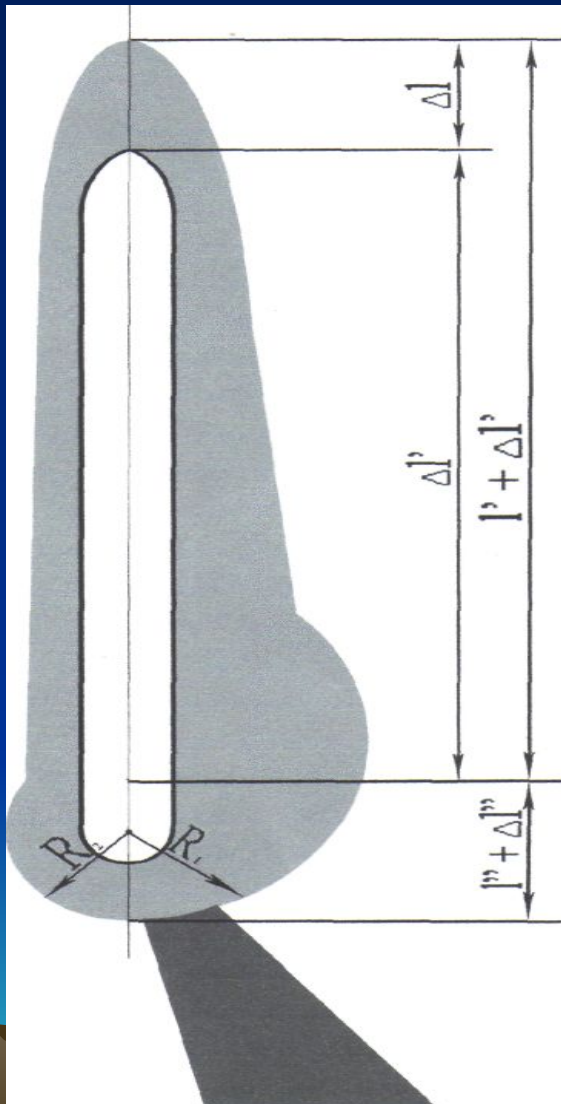


- Минимальная дальность действия РЛС напрямую связана с понятием дислокационной "мертвой зоны"- прилегающей к судну водной поверхности на которой невозможно обнаружить объекты с помощью судовой РЛС.
- Размеры и геометрическая форма "мертвой зоны" зависит от размеров судна, размерения надстроек, параметров РЛС, высоты установки антенны РЛС и др. "Мертвая зона" для конкретного судна определяется экспериментально. Схема "мертвой зоны" должна находиться на ходовом мостике

Мёртвая зона и теневые сектора РЛС



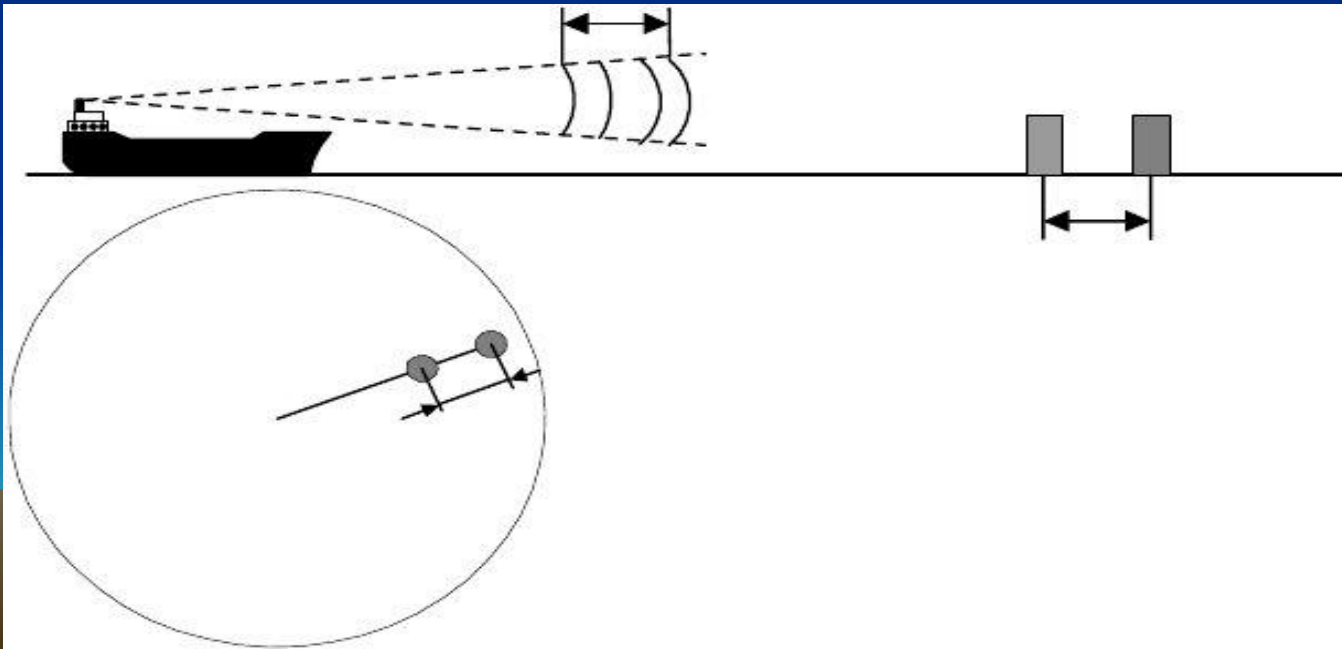
Мёртвая зона и теневые сектора РЛС «Kelvin Hages»



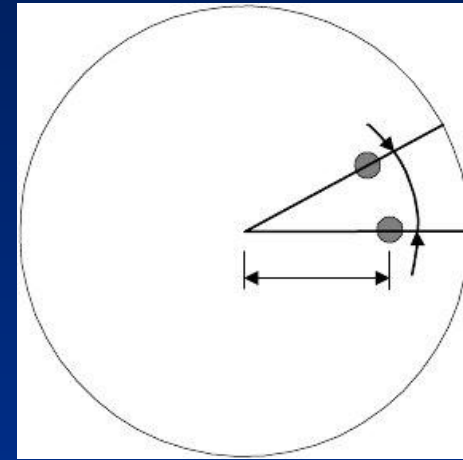
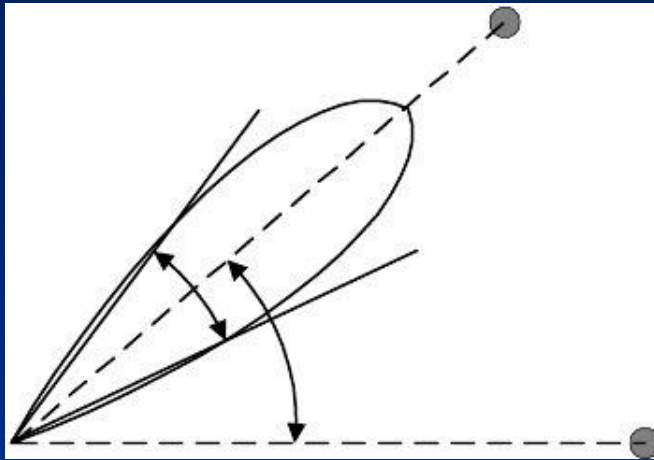
•	M	КБТ
• R1	36	0,7
• R2	9	0,05
• l''	90	5,0
• Δl	18	0,1
• l' + Δl	108	6,0
• Δl	56	0,2
• l'' + Δl''	50	2,7

Разрешающая способность по дальности

- Под разрешающей способностью станции по дальности (РСД) подразумевается то наименьшее расстояние между двумя объектами, расположенными вдоль линии облучения, при котором отметки объектов наблюдаются на экране раздельно.



Разрешающая способность по направлению



- Под разрешающей способностью станции по направлению подразумевается то угловое расстояние между двумя одинаково удаленными объектами, при котором их отметки наблюдаются раздельно.

Режимы работы радиолокационной станции. Частотный диапазон.

- В случае двухканальной комплектации РЛС, имеется возможность работы в одном из двух диапазонов (**3,2 см** или **10 см**) или в двух диапазонах одновременно (на два индикатора)
- При плавании в условиях дождя, снега, тумана, для улучшения различимости целей на фоне помех можно включать 10-сантиметровый диапазон.

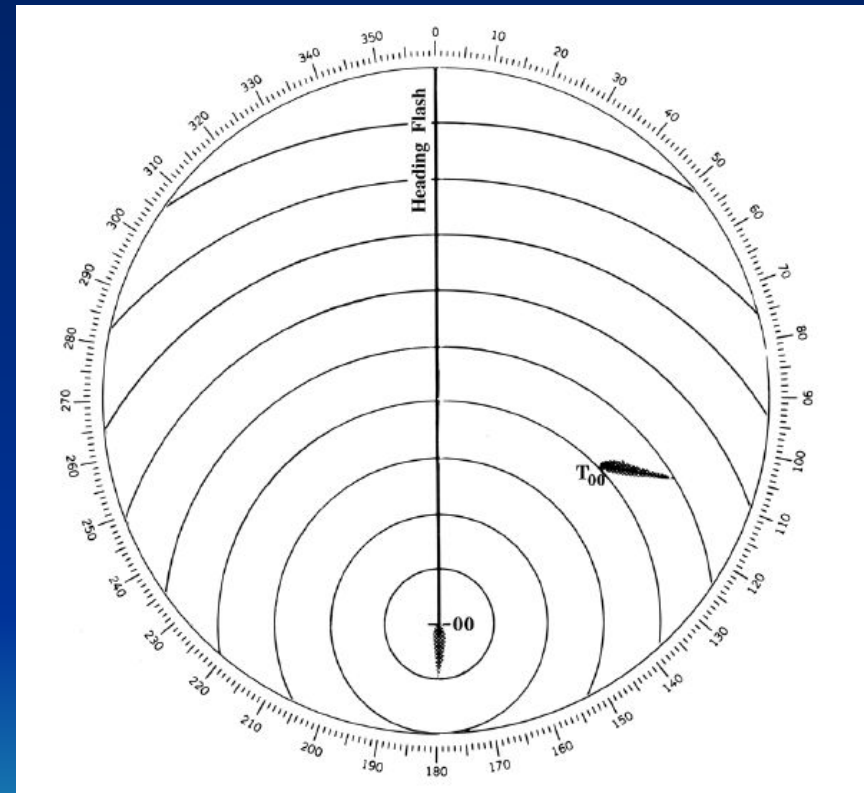
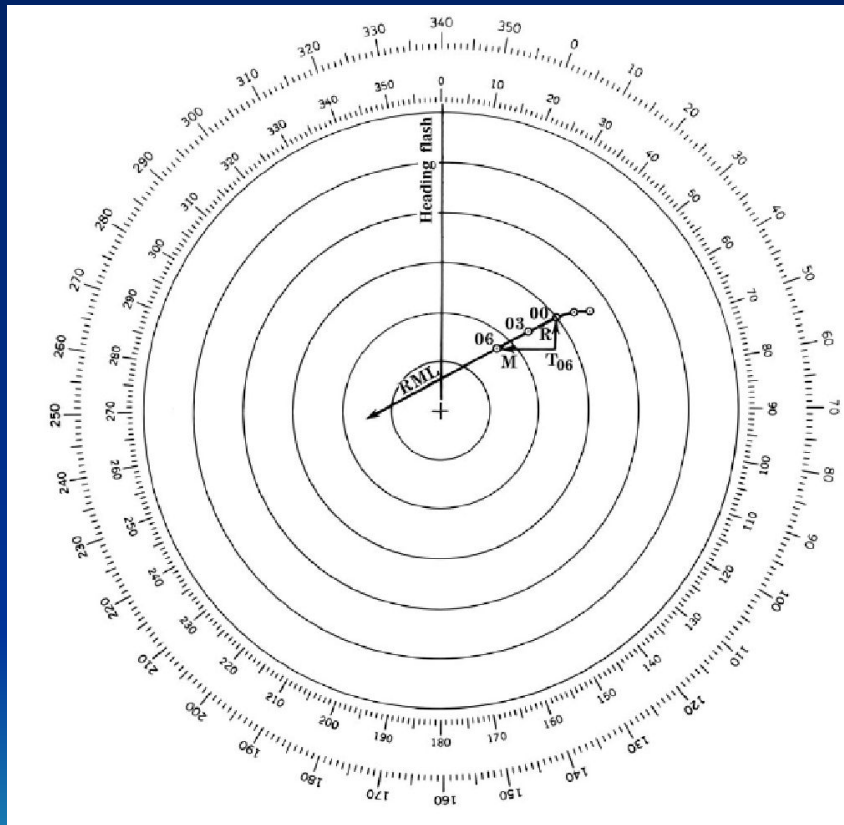


Шкала дальности

- В современных РЛС используются различные шкалы дальности от 0.5 - 0.75 до 64 и более в зависимости от характеристик РЛС.
- Шкалы небольшой дальности от 1 до 8 – 9 миль рекомендуется использовать при плавании в узкостях вдоль побережья, на акватории и других аналогичных случаях.
- Чем выше в скорость в такой ситуации, тем больше должна быть шкала. Помимо этого, малые шкалы могут использоваться при наблюдении за встречными судами в процессе расхождения.
- На этих шкалах предусмотрена возможность отображения истинного движения и смещения центра развертки.



На этих шкалах предусмотрена возможность отображения истинного движения и смещения центра развертки



Режимы ориентации изображения

- Навигационная обстановка определяет выбор ориентации изображения. Достоинство режима **Head up «Стабилизация по направлению»** заключается в том что судоводитель видит из ходовой рубки.
- Режим ориентации **«По курсу» Head up** дает на экране картинку аналогичную при **«Стабилизации по направлению»**, но при изменениях курса и рыскании происходит только перемещение отметки курсора на экране.
- В режиме ориентации **«По норду» Nur** изображение стабилизировано относительно курса гирокомпаса, но ориентация на экране различна.



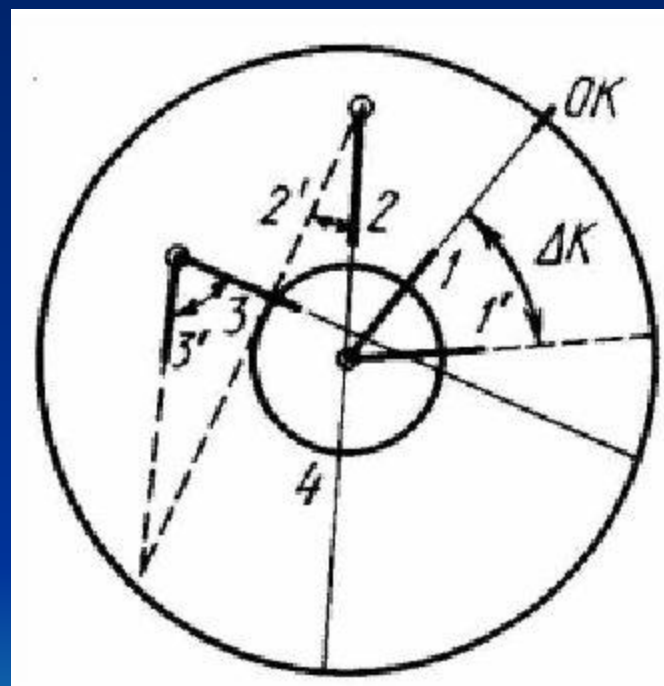
Режим «Trial»

- Режим «Trial» позволяет проиграть на экране индикатора развитие ситуации расхождения.
- Для этого необходимо ввести в систему новый курс, скорость и время на которое будет рассчитано расхождение
- Данные вводятся после того, как САРП определила элементы движения целей.



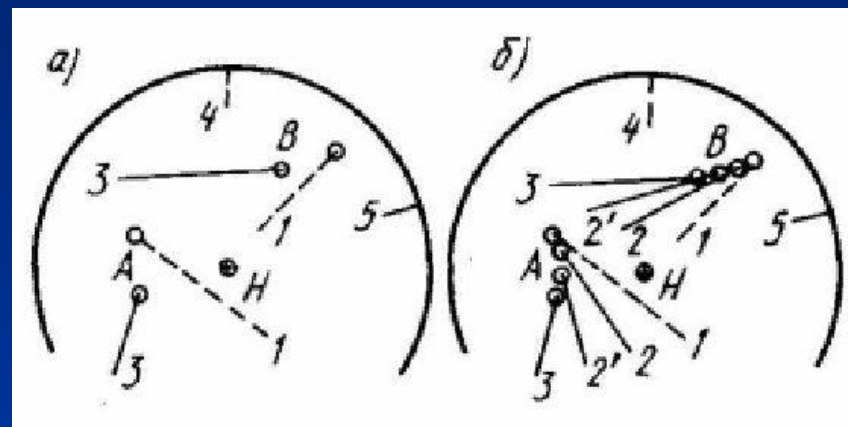
Мгновенное проигрывание маневра в режиме ОД

- В *режиме ОД* простейший вариант "мгновенной" имитации маневра осуществляется изменением курса от 0 до $\pm 50 \dots \pm 90^\circ$ каждого борта или скорости от 0 до 30 уз
- Проигрывание осуществляется до тех пор, пока не будет обеспечено безопасное расхождение судов в соответствии с введенными предельными значениями дистанции и времени кратчайшего сближения.



Мгновенная (а) и ускоренная (б) имитация маневра в ОД на экране САРП:

- 1 — положения вектора ОД до имитации;
- 2, 2' — положения векторов ОД в процессе имитации;
- 3 — положения векторов ОД по окончании имитации маневра;
- 4 — действительный курс судна;
- 5 — имитируемый курс судна;



Режим «Охранной зоны»

- «Охранная зона» - это установленные на экране, с помощью курсора или подвижных кругов дальности границы по дальности и направлению.
- При работе в режиме «Охранная зона» обеспечивается автоматическая звуковая сигнализация при пересечении другим судном установленных границ охранной зоны.



12
2 NM

2 nd Echo
SART

PULSE 1 M1
HU RM
FUNC 1
COAST

IR1
ES1
NR
EAV 0.5
A/C AUTO
CONTRAST 1

EBL
287.2 ° R
240.0 ° R

PI
50 ° R

WATCH TIM
00:00

AUTO MAIN

MAP ALIGN
SET DRIFT
REL TRAIL
12:34 30S
X-BAND

HDG 155.0 ° T GYRO
SPD 12.0 KT WT
LOG 00.00 KT F
00.00 KT SB

+ 350.2 ° R
4.204 NM
34 ° 24.562' N
134 ° 24.562' E
TTG 00:00

OWN SHIP (GPS)
38 ° 32.222' N
138 ° 11.212' E
CSE 150.0 ° T

WPT01 77.0 ° T
0.123 NM
TTG 00:00

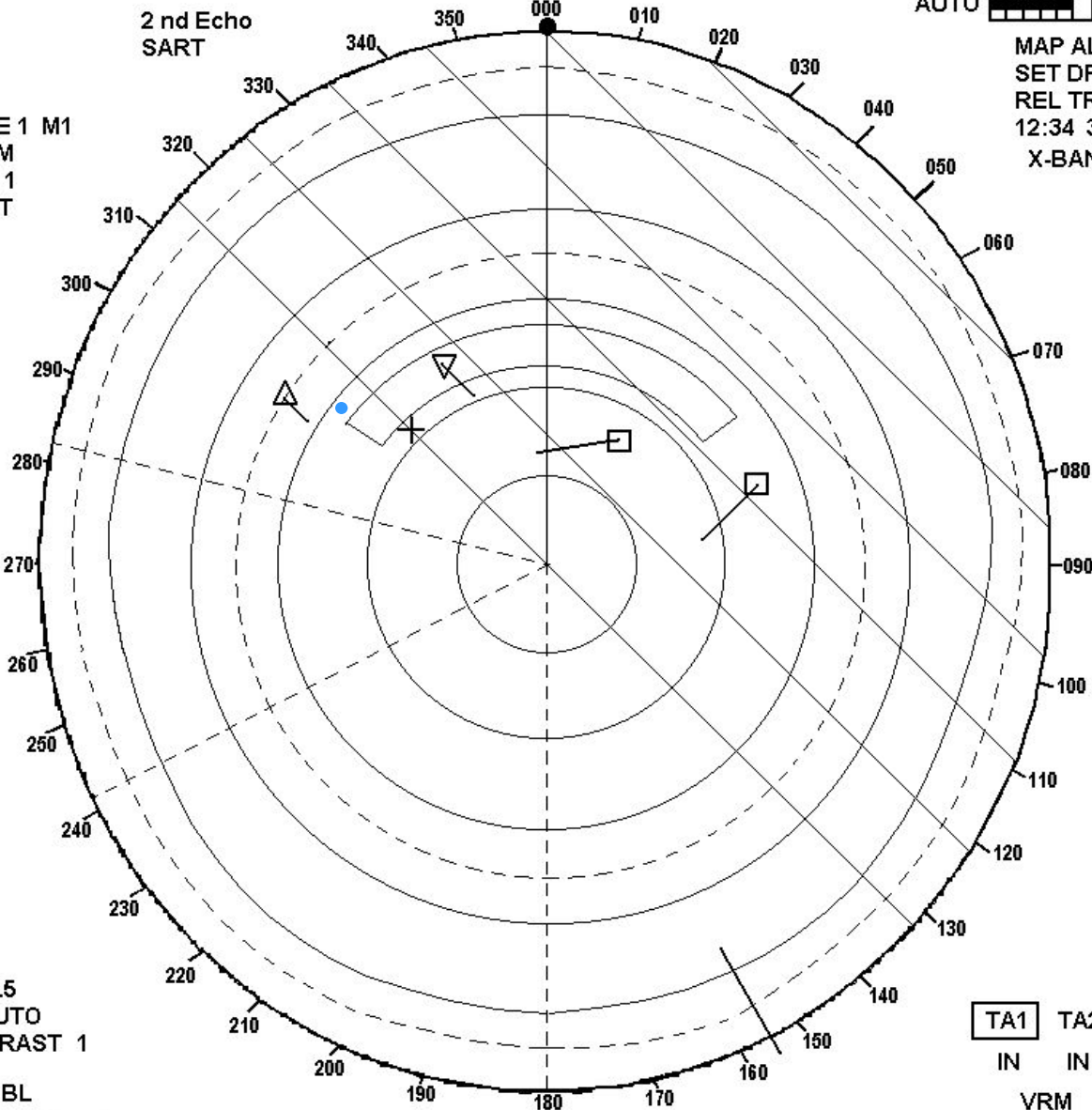
DEPTH 075.2 m
TEMP 18.0 ° C
30-SEPT-1999
(LOCAL) 00:00

MAN 00:01
 TRUE VECT
3 Min WT
RNG 4.7 NM
BRG 78.5 ° T
CSE 264.0 ° T WT
SPD 10.3 K WT
CPA 2.9 NM
TCPA 15:20

EPFS SIGNAL MISSING
TRIG. AZIMUTH
VIDEO GYRO LOG

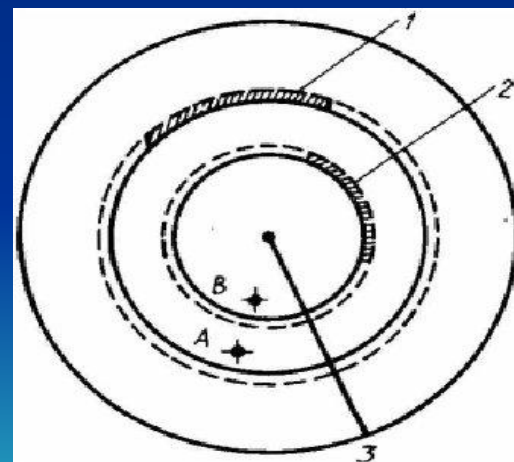
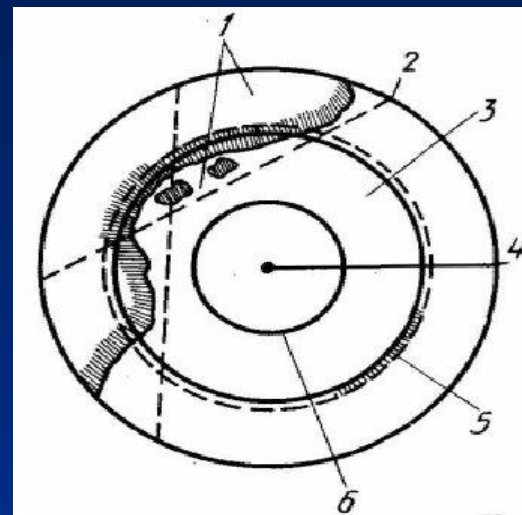
GAIN
A/C SEA
A/C RAIN
BRILL

TA1 TA2
IN IN
VRM
10.75 NM
7.00 NM



Зона автоматического захвата и барьерные линии на экране САРП:

- Все САРП, отвечающие требованиям Резолюции А.422(XI), обеспечивают автоматическое обнаружение надводных целей в пределах контролируемой зоны на экране САРП, границы которой задаются охранными кольцами (GUARD RINGS).
Первый вариант захвата представляет собой "поиск на рубеже".
- При втором варианте захвата все пространство в пределах заданного сектора будет просматриваться сканирующим кольцом



РЕЖИМ СТАБИЛИЗАЦИИ

Относительное Движение

RM – ОД. Решение о выборе того или иного режима индикации САРП принимает капитан

судна, исходя из конкретных обстоятельств плавания, с учетом характеристик используемых РЛС и САРП.

- оценка элементов движения цели (курса и скорости цели) требует решения векторного треугольника скоростей (путей), а, следовательно, четкого векторного представления ситуации.
- В режиме ОД затрудняется и значительно осложняется расшифровка радиолокационной информации при плавании в условиях ограниченной видимости в стесненных условиях при большой плотности движения судов.
- При этом эхо-сигналы неподвижных объектов перемещаются навстречу со скоростью собственного судна

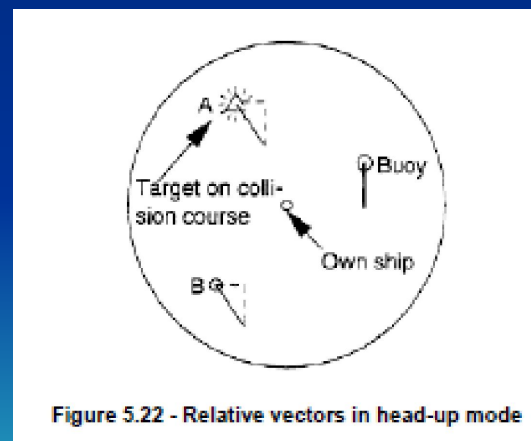
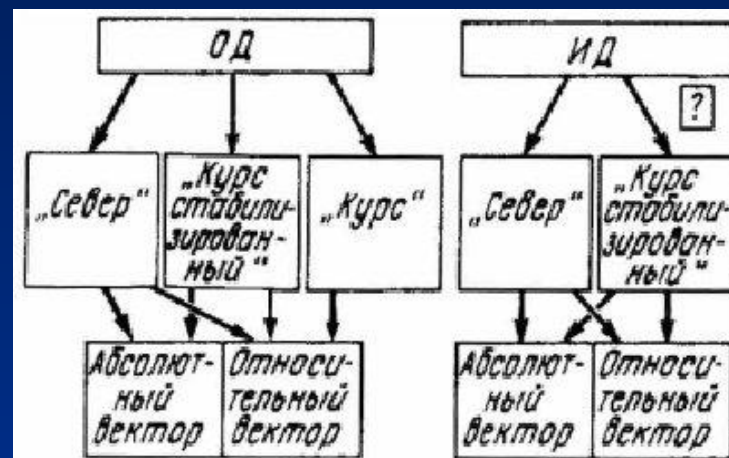


Figure 5.22 - Relative vectors in head-up mode

Относительные векторы движения

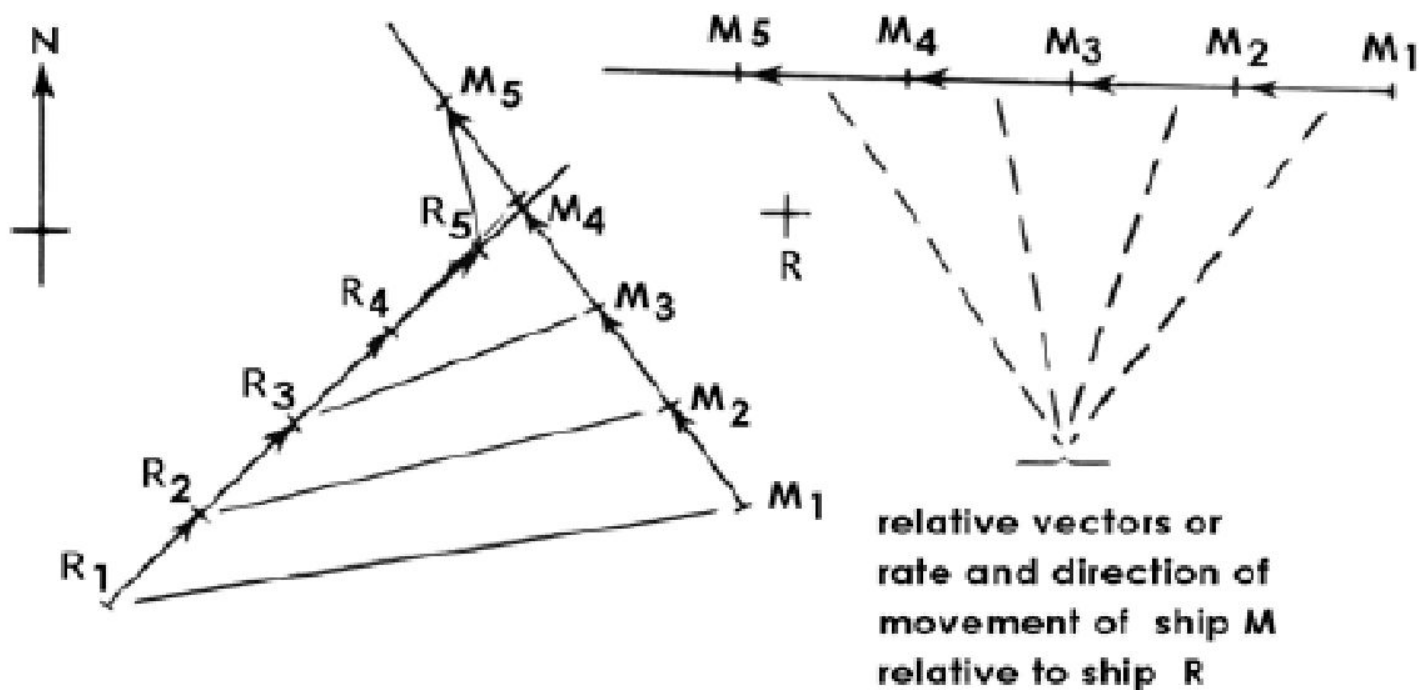
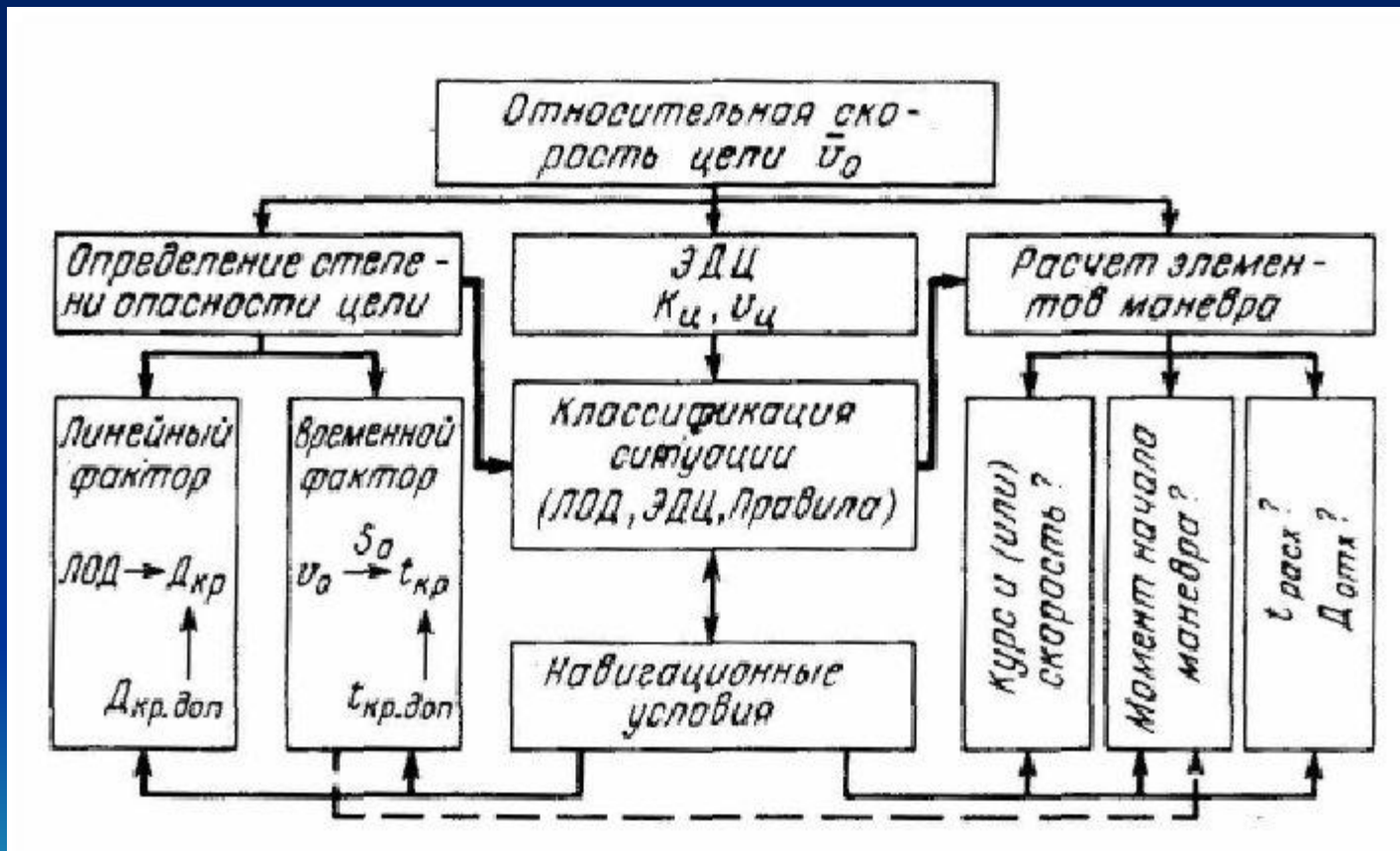


Figure 3.6 - Relative velocity vectors.

Оценка наличия опасности столкновения



Эффект при изменении курса в режиме ОД - РМ

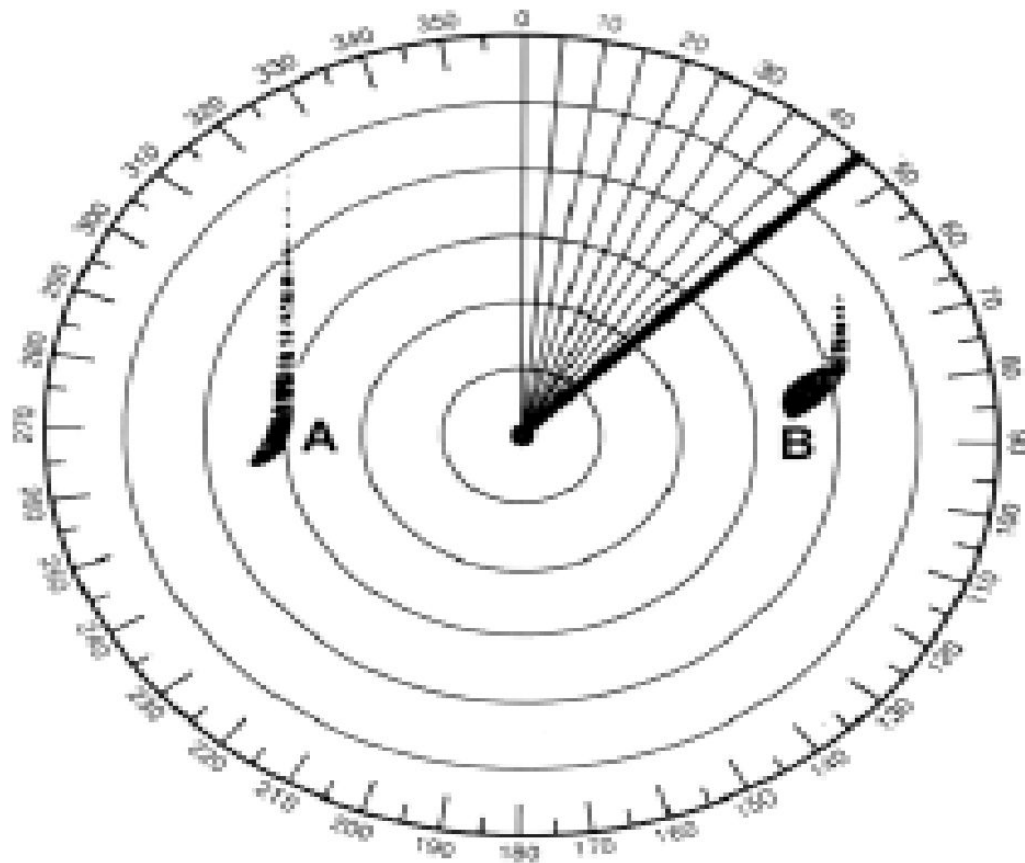
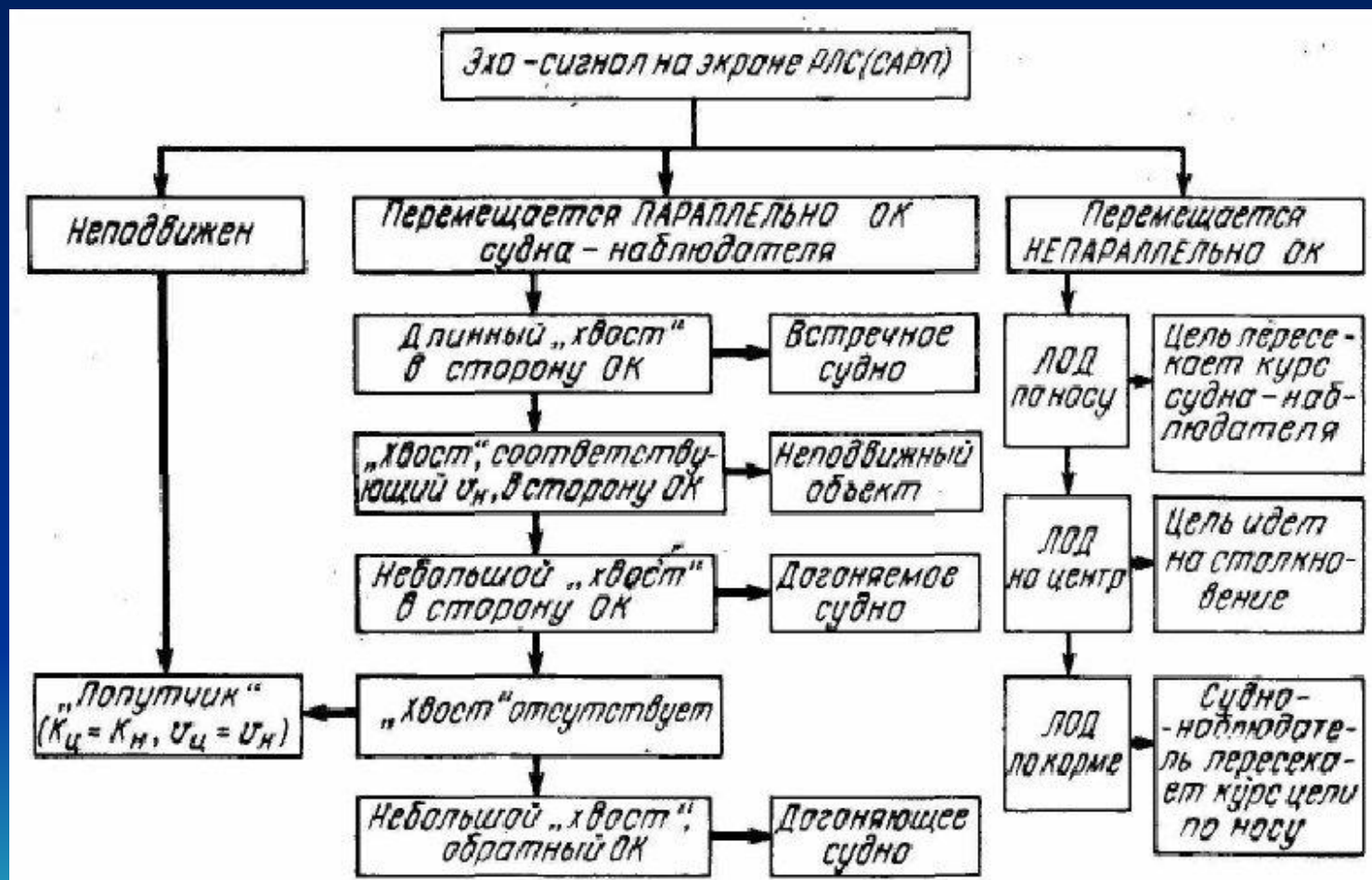
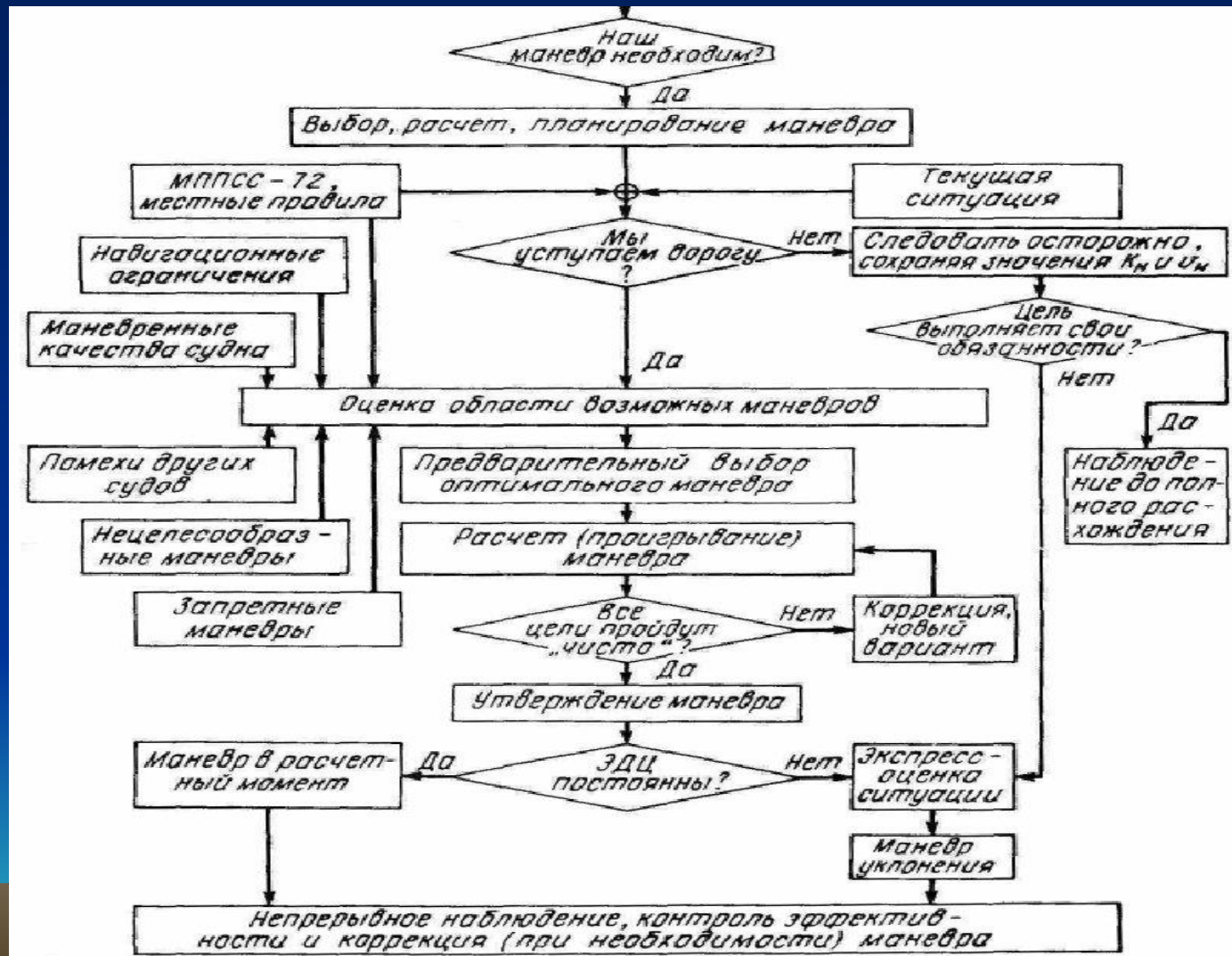


Figure 3.52 - Effects of a course change against targets with different speeds of relative motion.

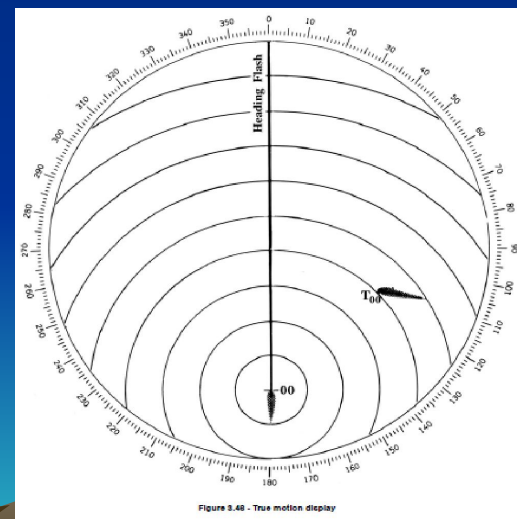
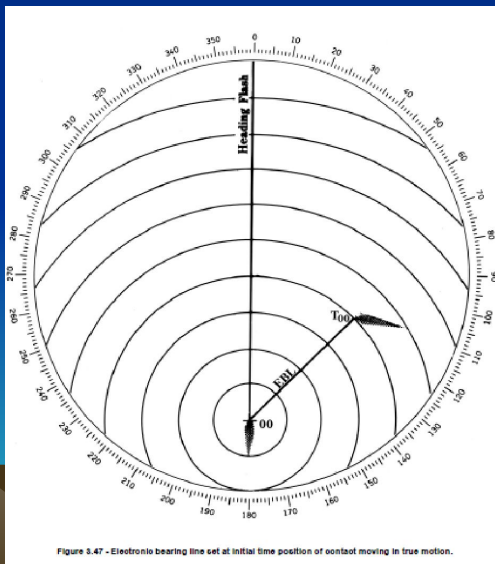
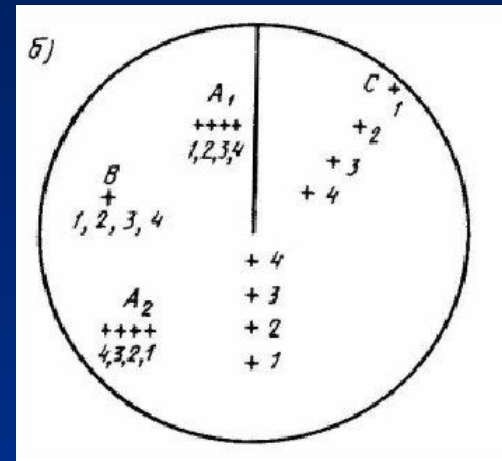
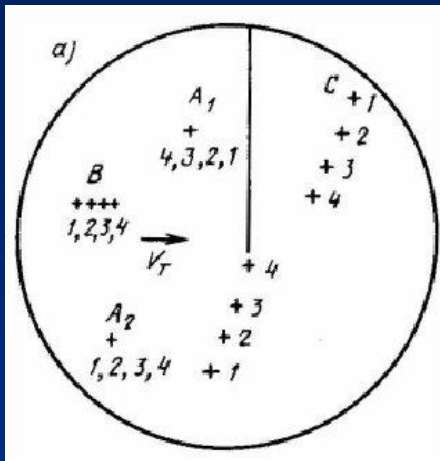
Схема закономерностей перемещения эхо-сигнала на экране РЛС в режиме ОД



Общая блок-схема выбора маневра на расхождение

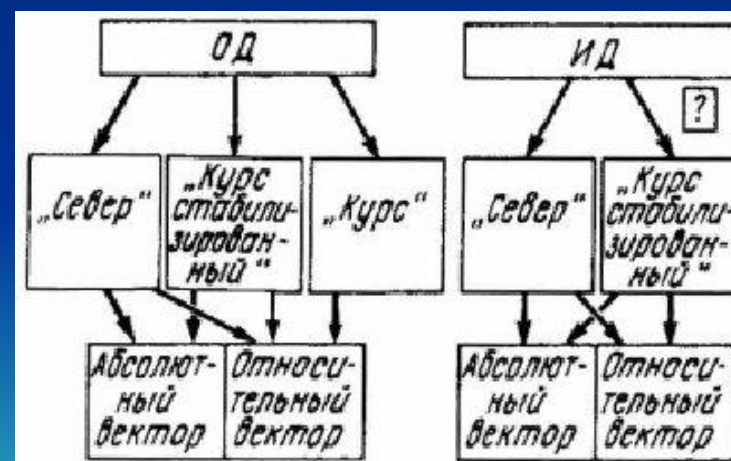
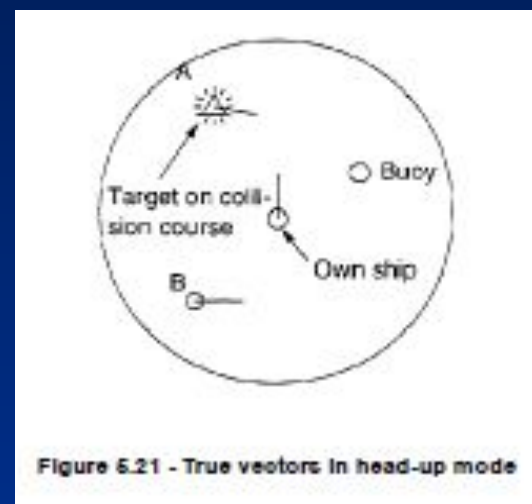


Индикация на экране САРП в режиме ИД при вводе вектора скорости собственного судна относительно грунта (в) и воды (б)



ИСТИННОЕ ДВИЖЕНИЕ

- Истинное движение
- ТМ- ИД В режиме "истинного движения", когда окружающая обстановка наблюдается как бы с высоты птичьего полета, линии истинного движения (ЛИД) позволяют быстро оценить элементы движения целей, т. е. дают представление о ракурсах и скоростях истинного движения объектов.
- в режиме ИД на экране РЛС и САРП не видно, как разойдутся суда, кто у кого пройдет по носу
- В режиме ИД легко отличаются подвижные объекты от неподвижных.
- В режиме ИД положение цели и ее вектор истинного движения легко соотносятся с навигационной обстановкой



Векторы истинного движения

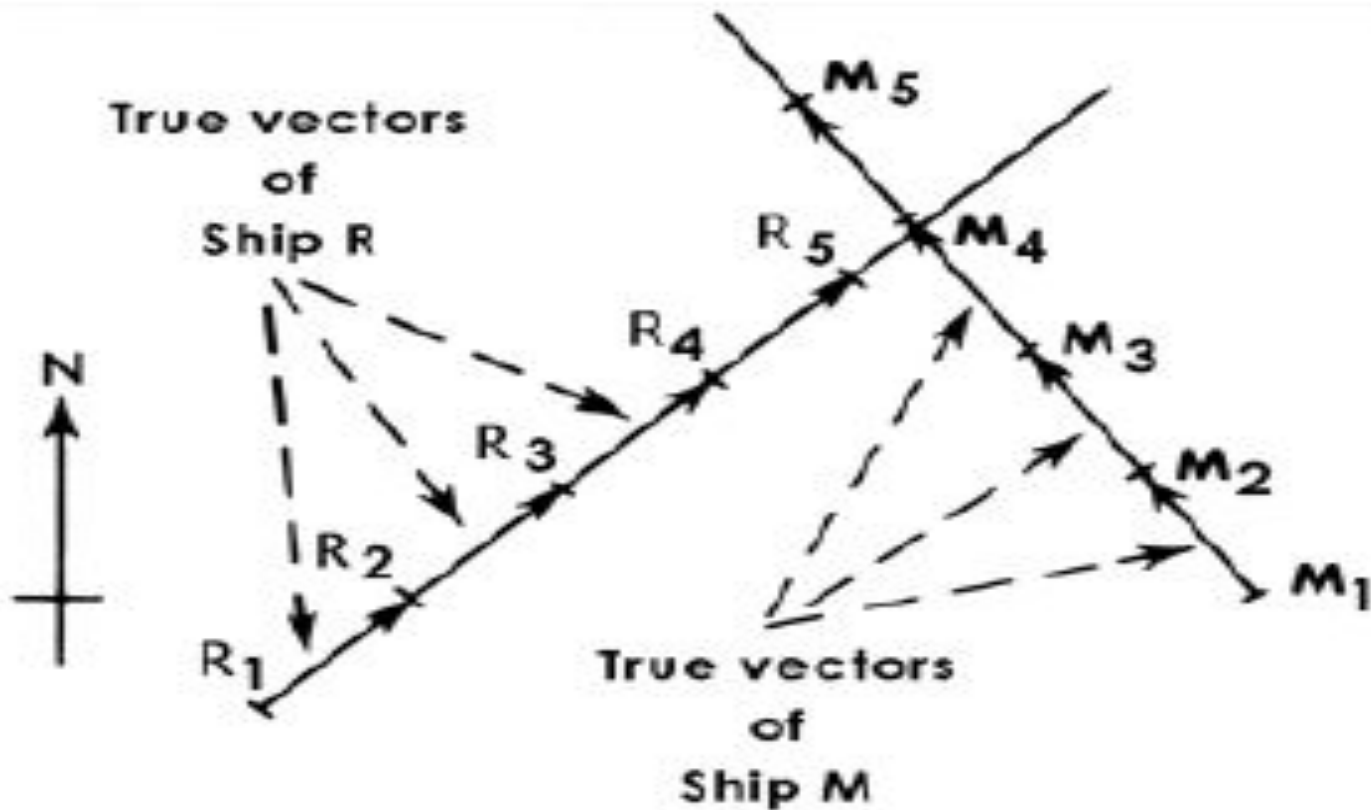
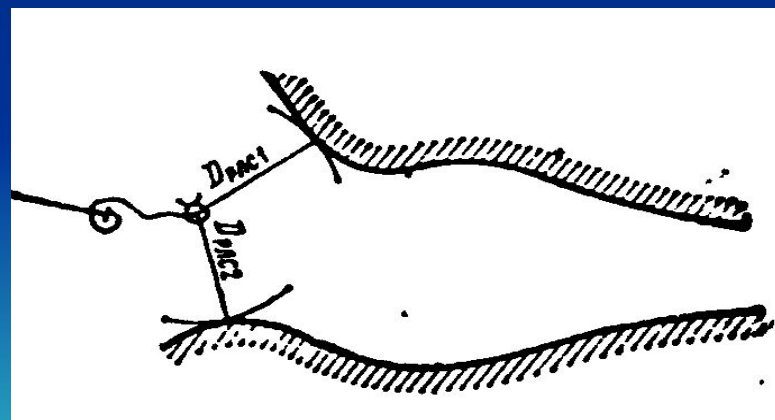
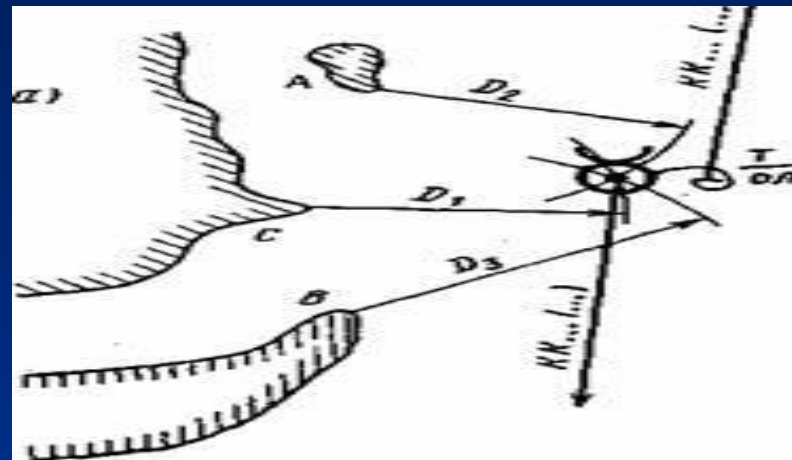


Figure 3.5 - True velocity vectors.

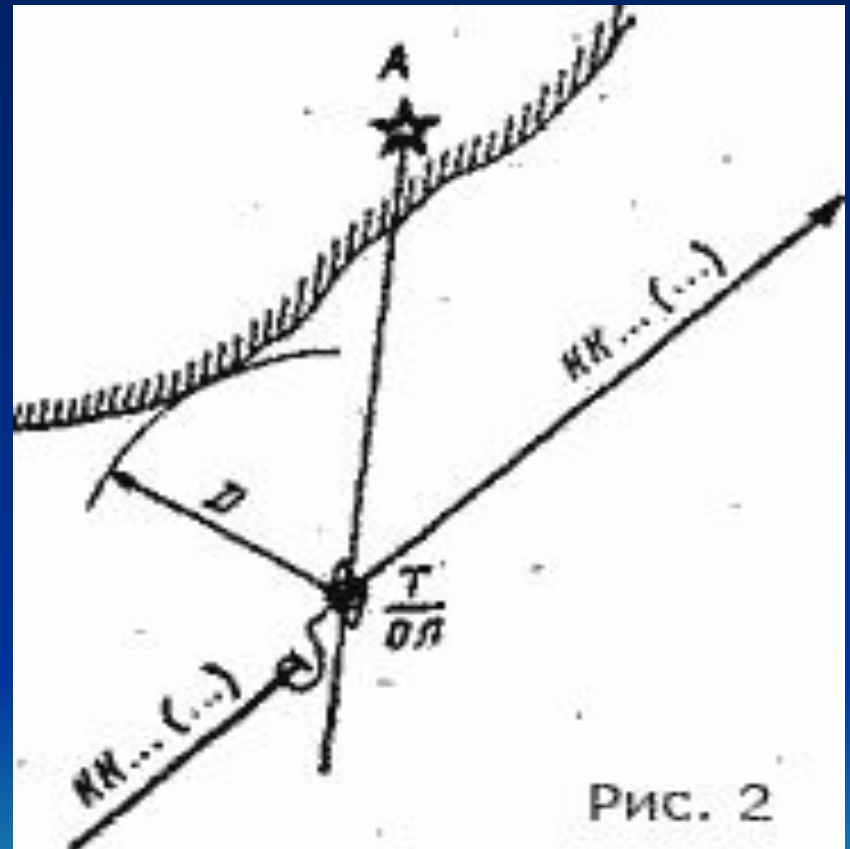
Радиолокационное определение места судна

- Судовые РЛС служат для обеспечения безопасности мореплавания в условиях ограниченной видимости. Кроме того, с их помощью решается ряд навигационных задач:
- а) определение места при плавании в прибрежных водах;
- б) предупреждение столкновения со встречными судами и другими надводными препятствиями в открытом море и в узкости;
- в) проводка в узкости;



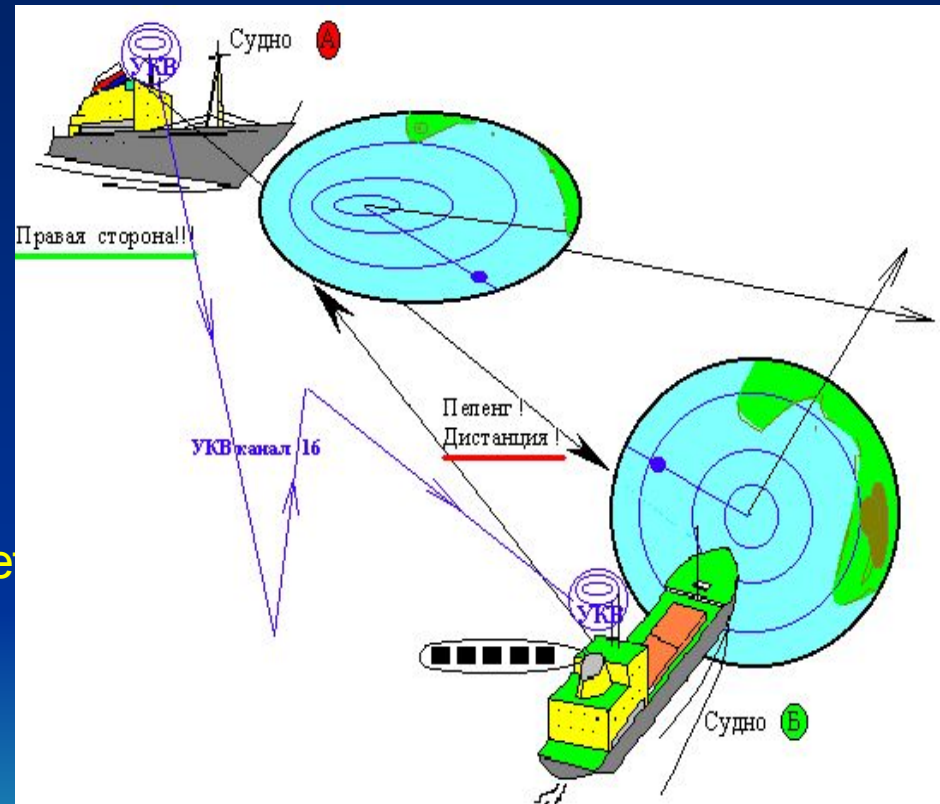
Определение места судна

- Радиолокатор – навигационное устройство ближнего действия, дополняющее спутниковые системы, системы средней и дальней навигации.
- Радиолокационное измерение расстояний в большинстве случаев производится с помощью подвижного круга дальности (ПКД). Расстояние до объекта можно определить также на глаз по неподвижным кругам дальности (НКД).
- На практике широко применяют комбинированный способ определения места по радиолокационному расстоянию и визуальному пеленгу.



Использование радиолокатора для расхождения

- Организация радиолокационного наблюдения: «наблюдай – анализируй ситуацию – действуй».
- Всестороннее использование РЛС - важного средства заблаговременного обнаружения других судов (объектов) и определения степени опасности столкновения - является одной из тех мер предосторожности, пренебрежение которыми может быть поставлено в вину на основании правила 2 МППСС-72.



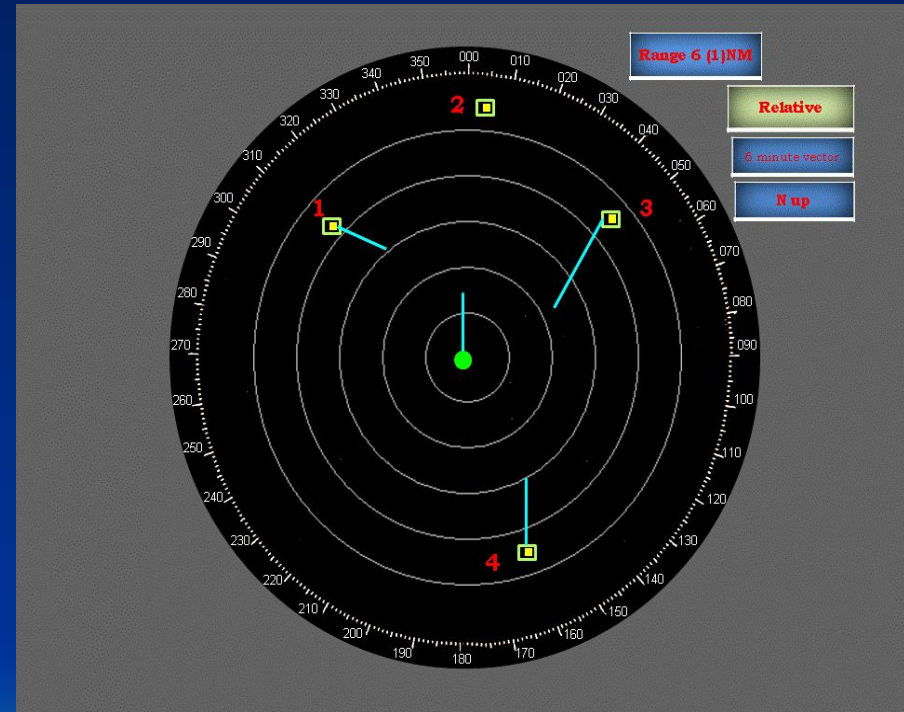
Общие принципы организации наблюдения

- ситуации, в которых использование РЛС является обязательным:
- при плавании в условиях ограниченной видимости;
- при ухудшении видимости (даже предполагаемом), при подходе судна к области тумана, интенсивных осадков (ливень, шквал, сильные разряды) и тому подобных условий (пыльные бури), ограничивающих визуальную видимость;
- при следовании или нахождении у кромки или в виду зоны ограниченной видимости для обнаружения судов, которые могут быть в этой зоне;
- в любых условиях видимости при входе в порт или выходе из порта, плавании в стесненных водах или приближении к ним, в районах интенсивного движения или большого скопления судов.



Наблюдение и обнаружение целей.

- **Обработка радиолокационной информации включает определенную последовательность действий:**
 - наблюдение и обнаружение целей;
 - глазомерную оценку опасности радиолокационной ситуации сближения и отбор целей для радиолокационной прокладки;
 - радиолокационную прокладку — определение элементов движения цели и параметров ситуации сближения;
 - расчет маневра расхождения;
 - контроль за изменением радиолокационной ситуацией во время маневра до полного расхождения судов.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОЛОКАТОРА ДЛЯ РАСХОЖДЕНИЯ

- Использование РЛС наиболее эффективно, если радиолокационное наблюдение ведется постоянно.
- В открытом море постоянное наблюдение следует вести на шкалах среднего масштаба 8—16 миль с периодическим просмотром обстановки на шкалах как более мелкого, так и более крупного масштабов.
- В стесненных водах постоянное наблюдение обычно ведется на шкалах крупного масштаба с периодическим обзором обстановки на мелкомасштабных шкалах.



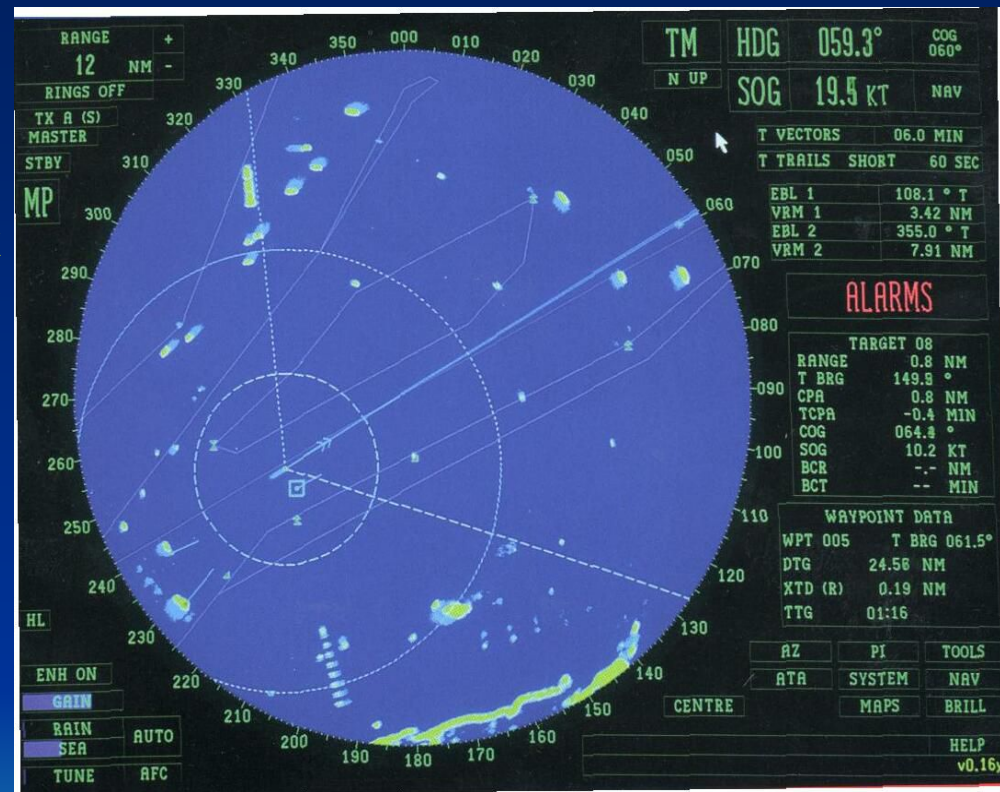
Глазомерная оценка радиолокационной ситуации

- Глазомерная оценка является обязательным этапом обработки радиолокационной информации и позволяет при большом количестве целей отобрать для прокладки опасные и потенциально опасные цели.
- Глазомерная оценка производится по следу послесвечения, который остается на экране РЛС за эхо-сигналом цели и представляет собой предыдущую траекторию относительного сближения судов.
- Мысленным продолжением следа послесвечения за эхо-сигналом цели получается линия относительного сближения (ЛОД), по которой определяют дистанцию кратчайшего сближения Дкр.



Система автоматической радиолокационной прокладки (САРП)

- Требования ИМО к РЛС и САРП
- СЭП (ЕРА) - средства электронной прокладки. Минимальный диаметр экрана 180 мм. Может сопровождать 10 целей. Устанавливается на судах от 300 до 500 рег.тонн
- САС (АТА) - средства автоматического сопровождения. Минимальный диаметр экрана 250 мм. Может сопровождать 10 целей. Устанавливается на судах от 500 до 1000 рег.тонн
- САРП (АРРА) - Средства автоматической прокладки. Минимальный диаметр экрана 340 мм. Может сопровождать от 20 целей. Устанавливается на судах от 10000 рег.тонн обязательно.



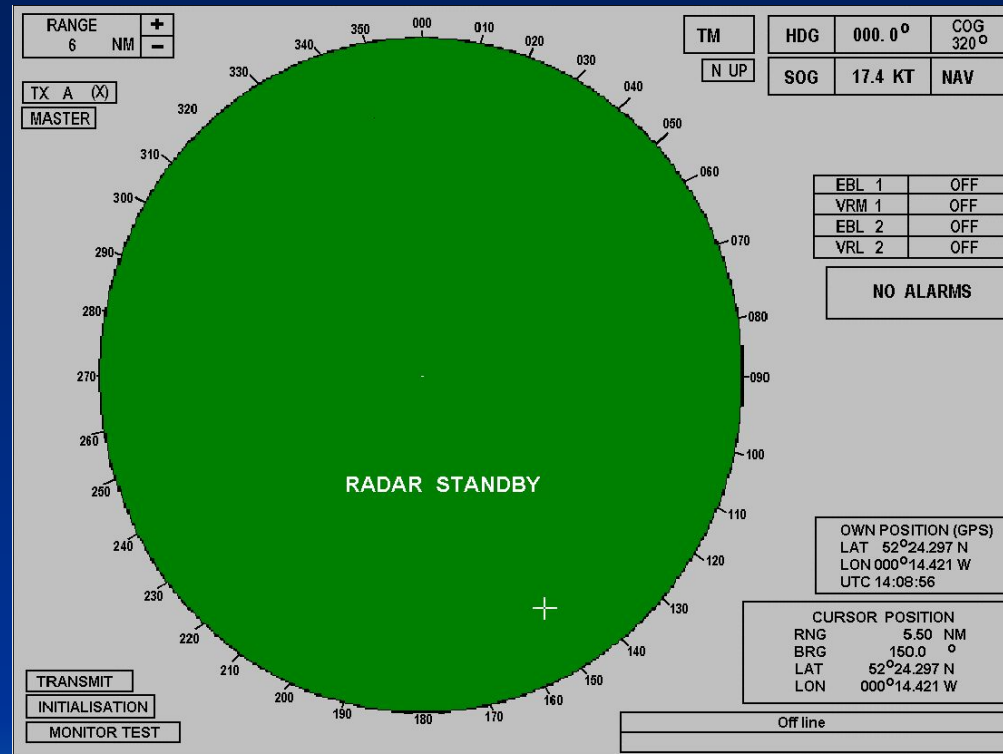
Основные функции САРП

- Средства автоматической радиолокационной прокладки (САРП) — это радиолокационные информационно-вычислительные комплексы, обеспечивающие автоматизацию обработки радиолокационной информации и информации от гироскопа и лага.



Управление системой САРП

- После включения системы в центре экрана появится надпись:
- **RADAR WARMING UP**
- **PLEASE WAIT**
располагается в центре в течение около 30 с.
- Счетчик таймера указывает время прогрева приемопередатчика, и по окончании прогрева система переходит в режим ожидания, о чем свидетельствует надпись в центре экрана.
- **RADAR STANDBY**



Из режима **STANDBY** имеется доступ к функциям

- регулировки яркости,
- изменения параметров курсора, выбор диапазона (при наличии приемопередатчиков),
- ввода данных, согласования с лагом и гирокомпасом, выбор режима ориентации изображения, выбор режима движения,
- управление подвижными и неподвижными метками дальности, выбор навигационных режимов,



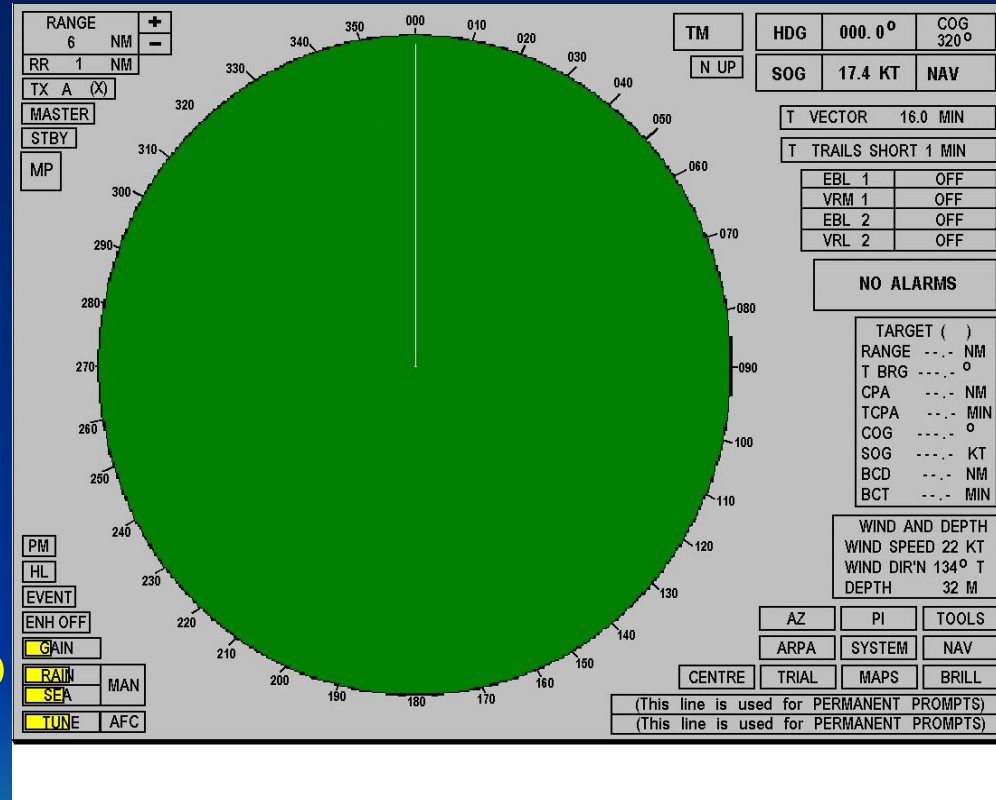
Информация на экране

- TX A - приемопередатчик A (B, C - если имеются) (X) (S) тип
- приемопередатчика (X) - 3,2 см; (S) - 10 см, - если имеется.
- Выбор ведущего (ведомого) индикатора (MASTER) или (SLAVE).
- RANGE - Шкалы дальности (раскрываемое меню) -
- 0,125; 0,25; 0,5; 0,75; 1,5; 3; 6; 12; 24; 48 или 96 морских



Режим TRANSMIT - включение излучения

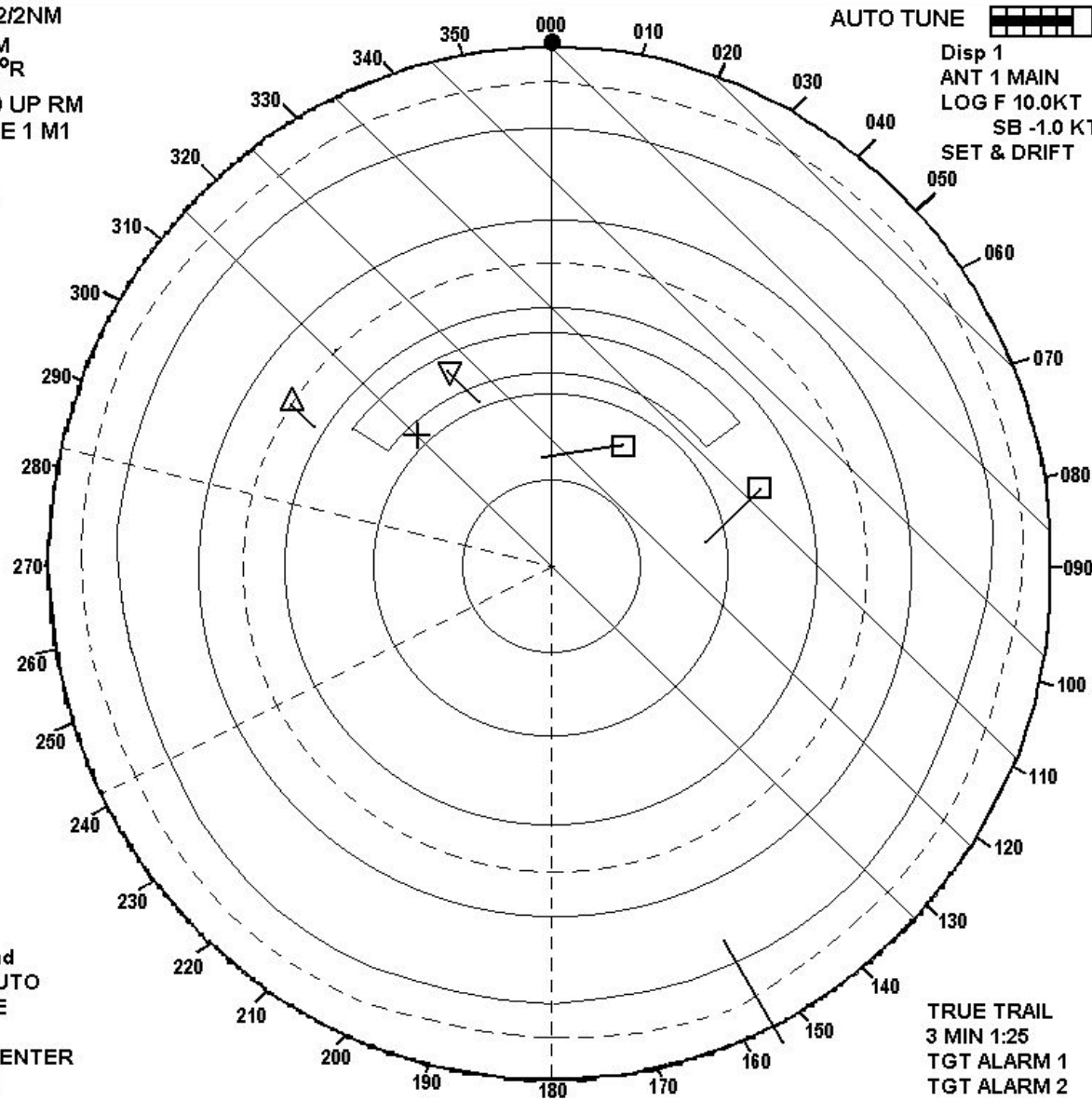
- При выборе функции TRANSMIT включается излучение и вращение антенны одновременно, экран меняет облик, как показано на рисунке



12/2NM
4/2NM
315.2°R
HEAD UP RM
PULSE 1 M1

EAV1
IR3
ES1

X-Band
A/C AUTO
NOISE
REJ
OFFCENTER
Log-1
EBL
>287.2°R<
240.0°R



INDEX LINE
>140.9°<

AUTO TUNE 
Disp 1
ANT 1 MAIN
LOG F 10.0KT
SB -1.0 KT
SET & DRIFT

TRUE TRAIL
3 MIN 1:25
TGT ALARM 1
TGT ALARM 2
VRM
> 10.75NM <
7.00 NM

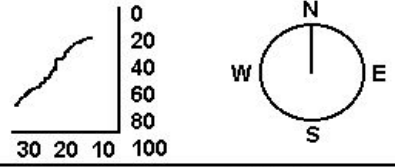
WATCH 11:28

HDG 155.0°T
MAN 12.0KT BT

ARPA AUTO+MAN
TRUE VEC 6 MIN GPD STAB
HISTORY 6 MIN

01
RNG 3.5NM
BRG 25.5°R
CSE 264.0°T BT TRU
SPD 12.3K BT TRU
CPA 2.9 NM
TCPA 94 MIN
BCR 2.9 MIN
BCT 94 MIN

03
RNG 4.7 NM
BRG 78.5°R
CSE 264.0°T BT TRU
SPD 12.3K BT TRU
CPA 2.9 NM
TCPA 94 MIN
BCR 2.9 MIN
BCT 94 MIN



WPT 2 → + 11.7 NM
162.5°T
150.8 NM
155.0°T

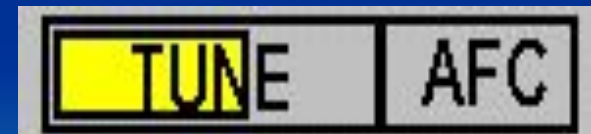
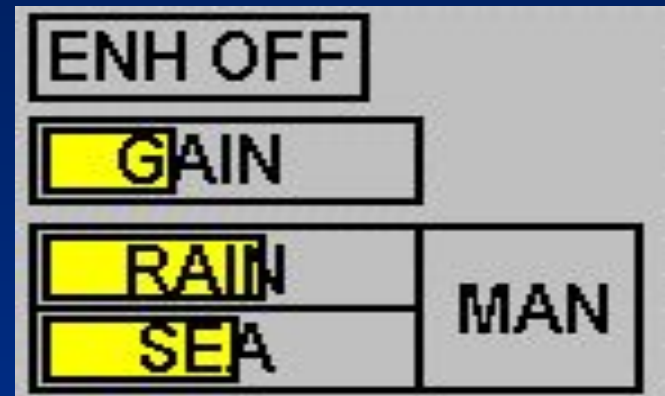
OWN SHIP GPS
34°40.849N
125°18.115E
+CURSOR POSN
34°39.115N
135°18.303E

12 MAR 1998
13:28

... SIGNAL MISSING ...
GYRO LOG EPFS TRIGGER
VIDEO AZIMUTH HEAD LINE
... ARPA ALARM ...
COLLISION GUARD LOST
TARGET FULL (AUTO + MAN)

Настройка видеосигнала

- ENH OFF - включение ON и выключение OFF
- дополнительного усиления.
- GAIN - регулировка усиления;
- RAIN - регулировка помех от дождя (в дальней зоне);
- MAN - ручное (MAN) или автоматическое (AUTO) управление;
- SEA - компенсация помех от моря (в ближней зоне).
- Настройка приемопередатчика (в левом нижнем углу экрана)
- **Настройка курсовой линии**



Сравнение характеристик 3- и 10-сантиметровых диапазонов радиоволн

- мощность отраженного сигнала (для одинаковой цели) больше в 10-сантиметровом диапазоне;
- разрешающая способность по пеленгу (для данной ширины антенны) лучше в 3-сантиметровом диапазоне, при переходе на 10-сантиметровый диапазон угол горизонтальной направленности антенны увеличивается в 3,3 раза;
- угол вертикальной диаграммы направленности антенны больше в 10-сантиметровом диапазоне;
- интенсивность помех от волн (при той же степени волнения) существенно меньше в 10-сантиметровом диапазоне, что снижает вероятность пропуска или потери цели в помехах;
- интенсивность помех от дождя, снега, облачности существенно меньше в 10-сантиметровом диапазоне, что повышает вероятность обнаружения цели, лежащей в пределах области осадков или облачности;



Настройка яркости изображения на экране монитора

- **BRILL**
- **DAY**
- **NIGHT1, NIGHT2, NIGHT3**
- **HEADING LINE**
- **EBL/VRL**
- **TARGET ALARM**
- установка яркости дисплея
- наибольшая яркость для дневного освещения
- различные градации уровня яркости при различной яркости внешнего освещения
- яркость курсовой метки
- яркость электронных визиров
- яркость сигнализации целей



Режимы навигационного использования

- **Режим "Проигрывание маневра"** - проигрывание одного или двух маневров курсом ($\pm 90^\circ$) и/или скоростью (от 0 до max). Вводятся: задержка времени до начала исполнения маневра, угловая скорость поворота, линейное ускорение своего судна, задержка ввода текущего курса.
- **Режим "Электронная карта"** - отображение на экране географических координат опорных точек (вводятся вручную) и элементов. Опорные точки автоматически сопровождают как неподвижные цели (стабилизация электронной карты). Четыре электронных карты в памяти на 150 элементов, по 60 на каждой карте. Протяженность - 200 миль, разрешающая способность - 6 м.
- **Режим "Фарватер"** - контроль за удержанием судна в заданной полосе движения, отображение ограничительных линий, предупредительная сигнализация о выходе из фарватера. До 10 колен фарватера вводится вручную.



Дополнительные функциональные возможности САРП

- автоматическое обнаружение эхо-сигналов надводных целей;
- ручной или автоматический захват целей на сопровождение;
- одновременное автоматическое сопровождение не менее чем 20 ти целей;
- непрерывное автоматическое определение элементов движения (курса и скорости) и элементов сближения (дистанции и времени кратчайшего сближения) для всех сопровождаемых целей;

- проигрывание маневра расхождения со всеми находящимися на автосопровождении целями, при условии, что элементы их движения останутся неизменными
- обнаружение маневра цели;

- звуковая и световая предупредительная сигнализация о появлении новой и опасной цели; потеря цели, в том числе опасной; начало маневра цели; сближение с целью на установленное предельное расстояние; неисправное функционирование САРП, выявившееся при автоматической тестовой проверке



Основные ограничения САРП

- Ни одно из существующих САРП не обеспечивает гарантированного обнаружения и захвата на автосопровождение всех целей, в том числе и опасных.
- При неустойчивом эхо-сигнале (малые суда, сопровождение в условиях помех) может произойти сброс цели и информация по ней выдаваться не будет.
- Сигналы РЛС, гирокомпаса и лага поступают в САРП с погрешностями.



Погрешности вычисленных элементов движения цели

- истинный курс цели — $\pm 5—7^\circ$;
- истинная скорость цели — $\pm 1,2$ уз;
- дистанция кратчайшего сближения — $\pm 0,7$ мили;
- время кратчайшего сближения — ± 1 мин.
- Маневр цели обнаруживается со значительным запозданием, а данные, выдаваемые САРП по маневрирующей цели, будут ненадежны в течение 3—4 минут после его окончания.
- При маневрировании собственного судна выдаваемая САРП информация по всем сопровождаемым целям будет ненадежна.



Использование САРП при расхождении судов

- Полная оценка ситуации возможна только с помощью анализа как первичной (необработанные эхосигналы целей), так и вторичной (векторы и цифровые данные) информации
- Анализ первичной информации для выбора целей для захвата производится глазомерной оценкой следов послесвечения целей так же, как и при ручной радиолокационной прокладке.
- В первую очередь, для АС выбираются опасные и потенциально опасные цели.
- По вторичной информации оценивается степень опасности ситуации.

Схема оценки ситуации:

- дистанция 10 – 12 миль – зона средней дальности обнаружения объектов на воде и начала обработки радиолокационной информации (зона «захвата цели»);
- от 10 до 7 миль производится оценка ситуации: определение ИК и скорости наблюдаемого судна; направление ЛОД; Ткр и Дкр;
- в зоне от 7 до 5 миль – принятие решения на уклонение на заданной дистанции;
- на расстоянии от 5 до 4 миль - выполнение решения на уклонение и слежение за перемещением эхосигнала по ЛООД;
- зона 3 – 4 мили является зоной контроля маневра

ИНФОРМАЦИЯ ПО ЦЕЛИ

ИНФОРМАЦИЯ ПО ЦЕЛИ

При отслеживании цели в окошке меню отображается полная информация по этой цели, как представлено ниже.

Полная информация по цели содержит:

Название – Target * и ее идентификационный номер;

CPA – дистанция кратчайшего сближения;

TCPA – время до кратчайшего сближения;

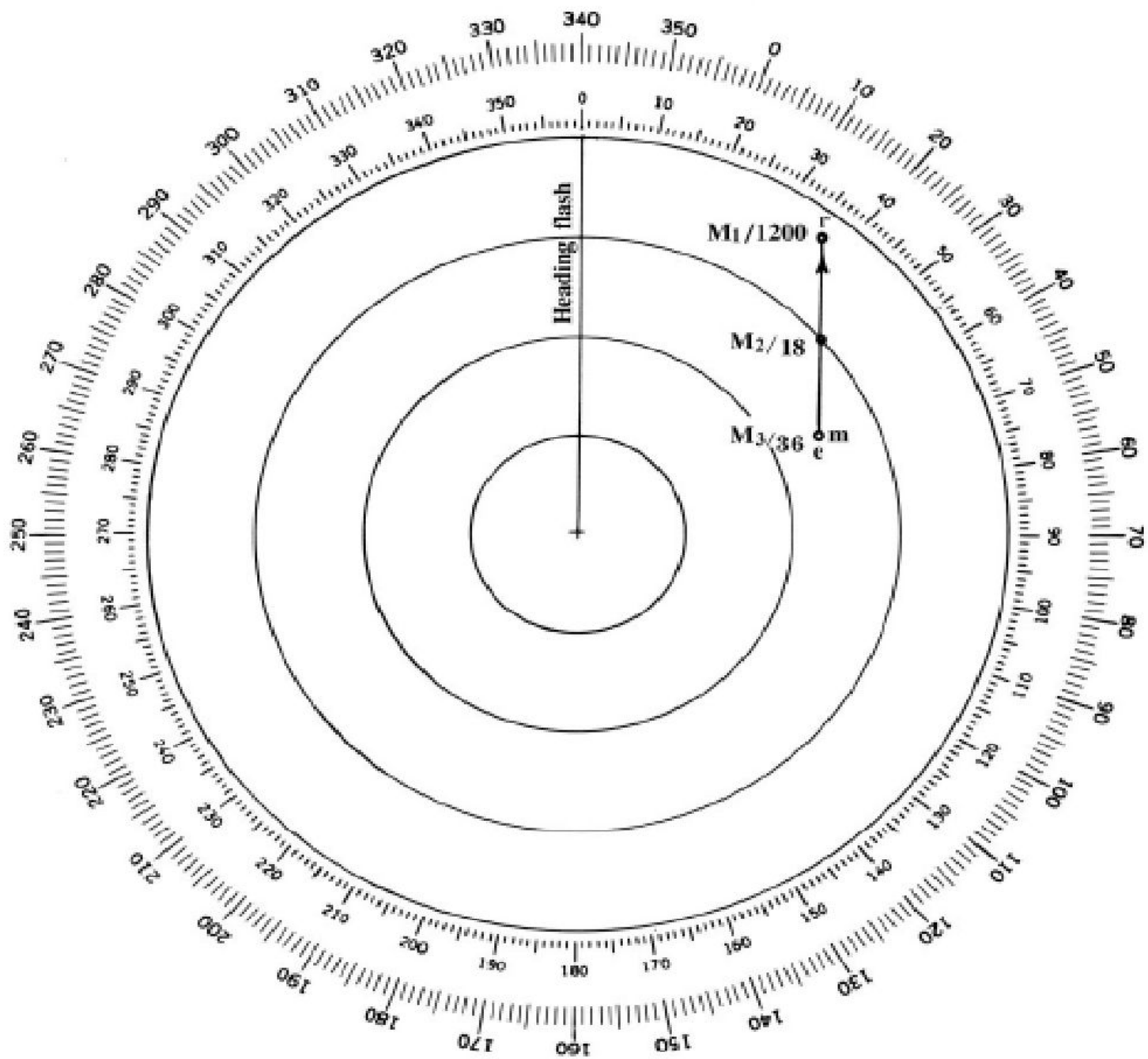
RANGE – дальность цели от собственного судна;

BRG – пеленг цели от собственного судна;

T CO – курс цели (смотри ниже);

SPEED – скорость цели.

TARGET (14)	
CPA	0.4 NM
TCPA	3.2 MIN
RANGE	0.9 NM
BRG	197.4 DEG
T CO	309.2 DEG
SPEED	11.6 KTS



Использование САРП при расхождении судов

- Полная оценка ситуации возможна только с помощью анализа как первичной (необработанные эхо-сигналы целей), так и вторичной (векторы и цифровые данные) информации.
- **Анализ первичной информации для выбора целей для захвата** производится глазомерной оценкой следов послесвечения целей так же, как и при ручной радиолокационной прокладке. В первую очередь, для АС выбираются опасные и потенциально опасные цели.
- По вторичной информации оценивается степень опасности ситуации.
- При радиолокационном наблюдении с применением САРП судоводитель использует следующие данные для оценки степени опасности ситуации сближения:
 - расположение вектора ОД относительно собственного судна;
 - значения DKp и tkp ;
 - курсовой угол, ракурс (в режиме истинного движения) и дистанция до цели;
 - характер изменения пеленга на цель.

Выбор маневра

- Выбор маневра для безопасного расхождения надлежит осуществлять заблаговременно и решительно в строгом соответствии с МППСС-72, сообразуясь с конкретными обстоятельствами ситуации сближения и условиями плавания и согласно рекомендациям хорошей морской практики
- Следует помнить, что даже решительный маневр может быть обнаружен другим судном при использовании САПР только через 3—4 минуты после его начала.
- После выбора маневра расхождения проводится его проигрывание (имитация) в заданное судоводителем время начала маневра (время упреждения).
- При имитации маневра во всех САРП ситуация рассчитывается только для целей, находящихся на автосопровождении, и предполагается, что все они сохраняют неизменными свой курс и скорость.



Контроль эффективности маневра

- При выполнении маневра необходимо внимательно следить за векторами встречных судов, включая индикацию их прошлых положений, с целью как можно более раннего обнаружения их возможного маневра.
- Необходимо также тщательно контролировать эффективность маневра и в случае необходимости своевременно принимать дополнительные меры обеспечения безопасности.
- Непрерывный и тщательный контроль за взаимным перемещением судов необходимо осуществлять до момента возвращения на прежний курс.



РАДИОЛОКАТОР И МППСС



(а) НИЧТО в настоящих правилах НЕ может освободить НИ судно, НИ его владельца, НИ капитана, НИ экипаж от ответственности за последствия, могущие произойти от невыполнения этих правил или от пренебрежения какой-либо предосторожностью...

ПРАВИЛО 5. НАБЛЮДЕНИЕ

- Радиолокационное наблюдение подразумевает обзор горизонта на различных шкалах РЛС, получение информации (пеленг, дистанция) о наблюдаемых объектах и ее обработка на специальных планшетах или САРП.
- При этом определяется курс, скорость цели, линия относительного движения (ЛОД), дистанция кратчайшего сближения (Дкр) и время сближения на эту дистанцию ($T_{кр}$).

ПРАВИЛО 6. БЕЗОПАСНАЯ СКОРОСТЬ

каждое судно должно **ВСЕГДА** следовать с безопасной скоростью.

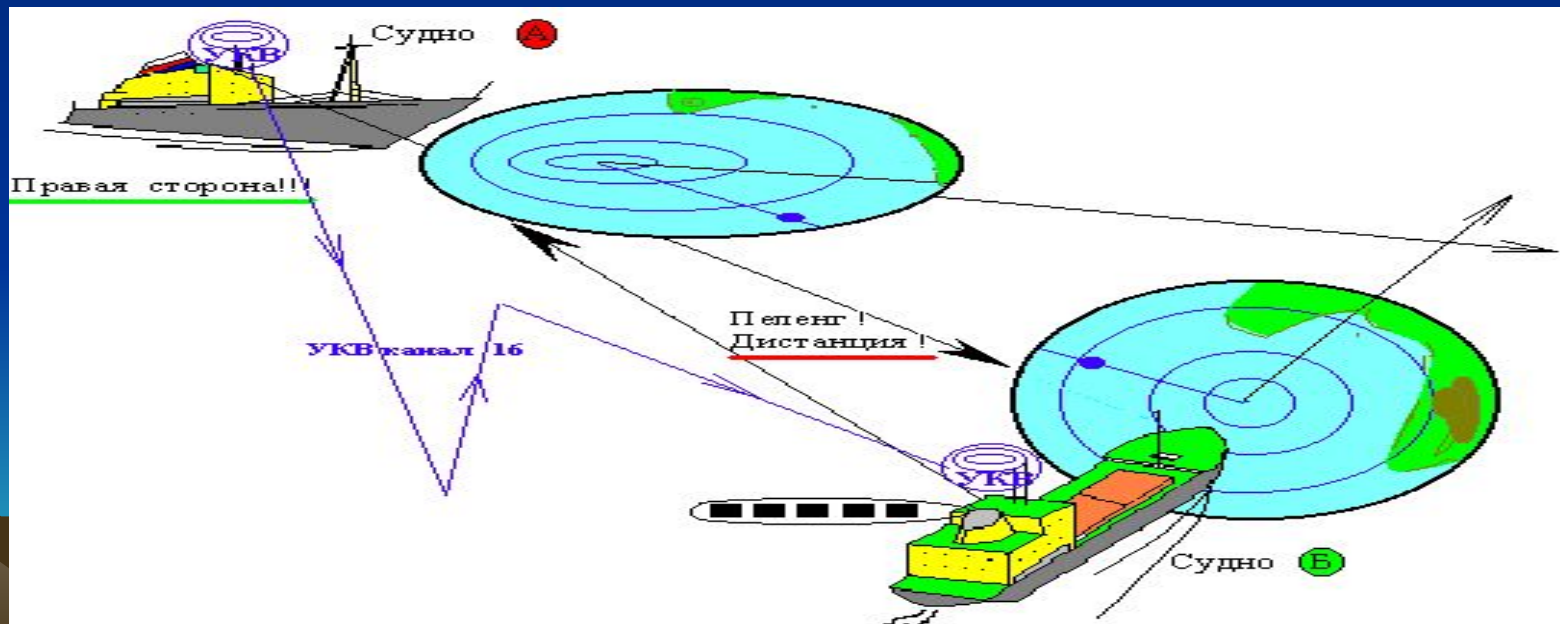
Правило 6 Безопасная скорость

Факторы, которые надлежит учитывать :



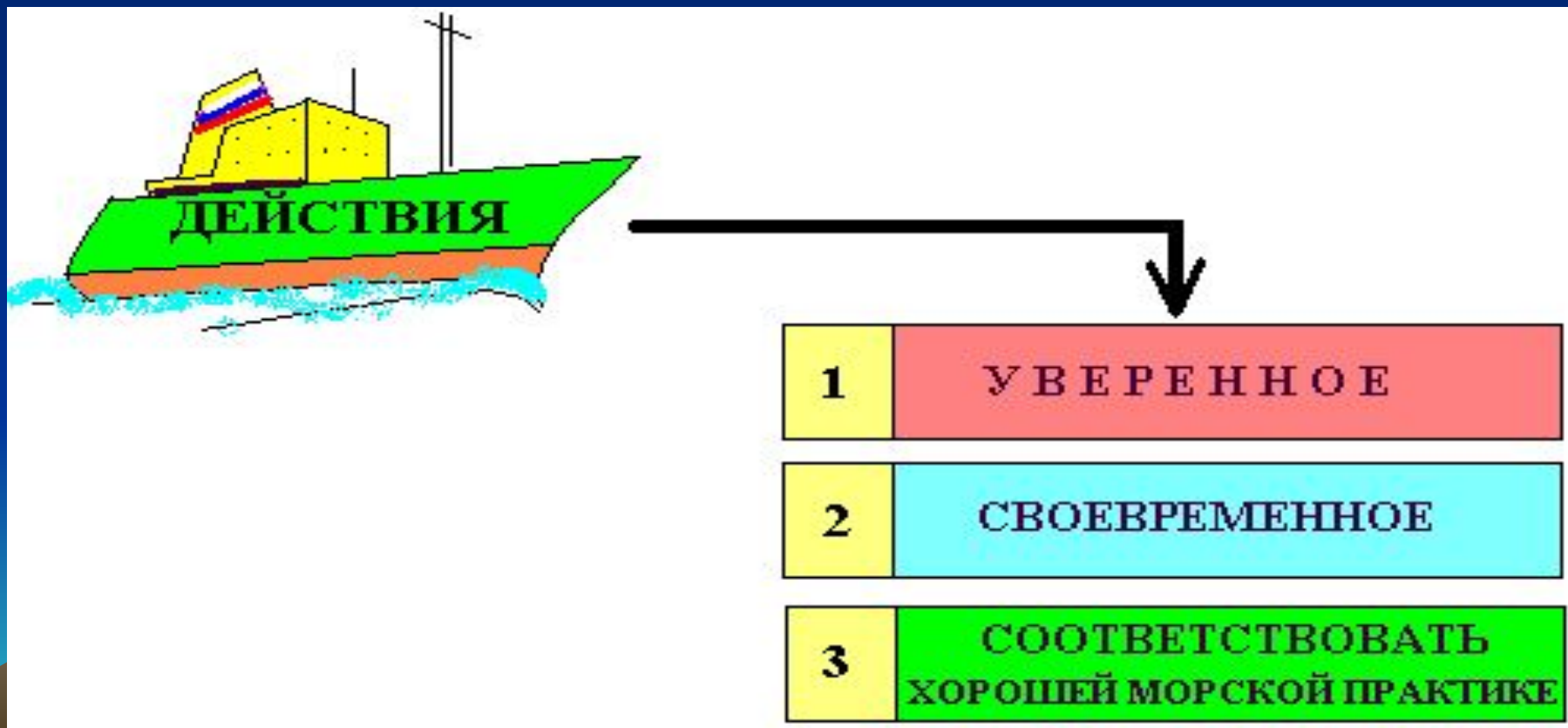
ПРАВИЛО 7. ОПАСНОСТЬ СТОЛКНОВЕНИЯ

- Правило 7 (а) рекомендует в случае сомнения в наличии опасности столкновения (ОС) считать, что ОНА СУЩЕСТВУЕТ.



ПРАВИЛО 8. ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЯ

- Правило 8 применяется при ЛЮБЫХ УСЛОВИЯХ ВИДИМОСТИ.



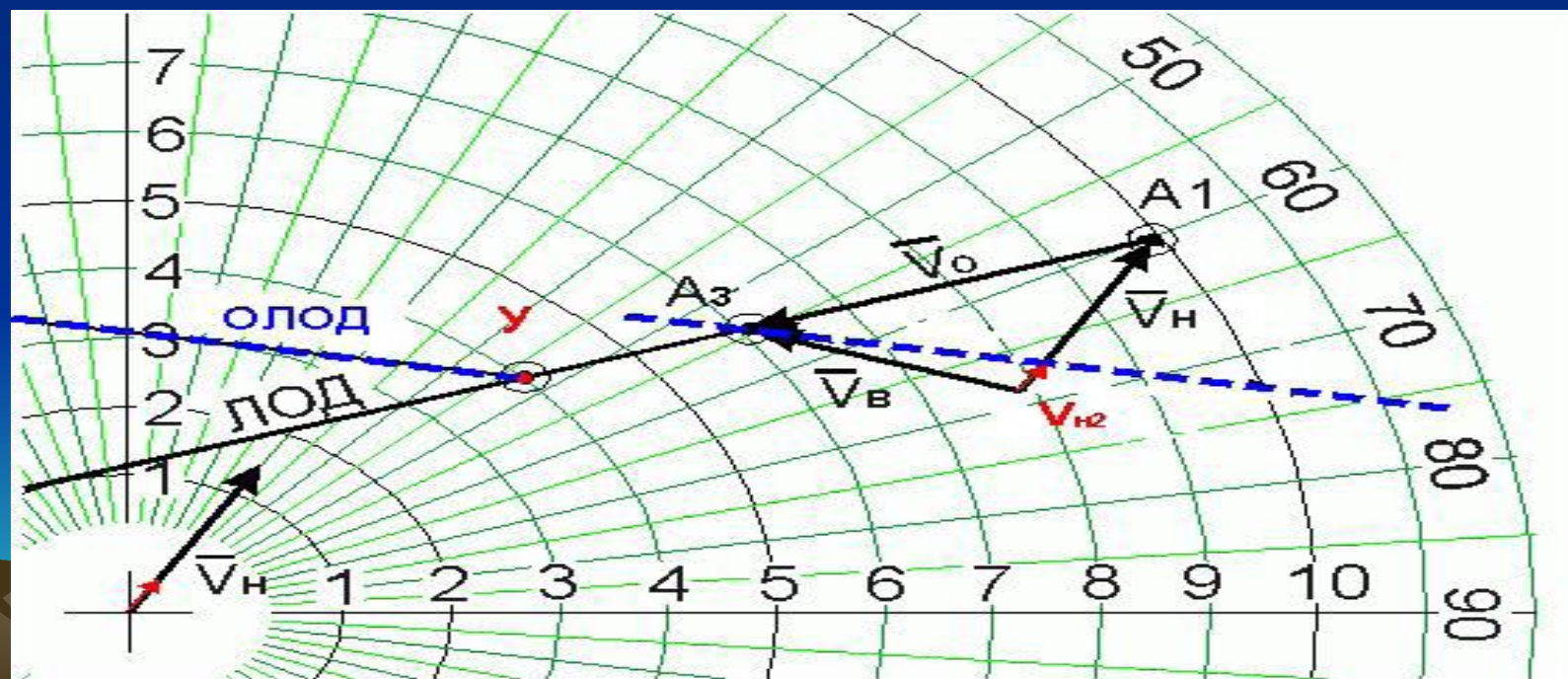
Действия при изменении КУРСА судна.

- “**ЛЮБОЕ** изменение курса ... должно быть достаточно большим, с тем чтобы оно могло быть легко обнаружено другим судном...”.
- При выполнении маневра изменением курса “следует избегать ряда последовательных небольших изменений курса”.



Действия при изменении СКОРОСТИ судна

- «ЛЮБОЕ изменение ...СКОРОСТИ... должно быть достаточно большим с тем, чтобы оно могло быть обнаружено другим судном..»



При определении наличия опасности столкновения необходимо, прежде всего, учитывать следующее:

- опасность столкновения должна считаться существующей, если пеленг приближающегося судна заметно не изменяется;
- опасность столкновения может иногда существовать даже при заметном изменении пеленга, в частности при сближении с очень большим судном или буксиром или при сближении судов на малое расстояние.



ТРЕБОВАНИЯ ПДНВ

Демонстрация профессиональных навыков.

- Знание принципов радиолокации, умение пользоваться радиолокатором, расшифровывать и анализировать полученную информацию, включая следующее:
- а) факторы, влияющие на работу и точность;
- б) настройку и использование индикаторов;
- в) обнаружение неправильных показаний, ложных эхо-сигналов, засветки от морской поверхности и т. д.;
- г) расстояние и пеленг;
- д) выявление опасных эхо-сигналов;
- е) курс и скорость других судов;
- ж) время и расстояние кратчайшего сближения с судами, следующими пересекающимися и встречными курсами, или обгоняющими;
- з) обнаружение изменений курса и скорости других судов;
- и) влияние изменений курса и/или скорости своего судна;
- к) применение Международных правил предупреждения столкновений судов в море.

SOLAS -74

Требования к оснащению судов навигационными системами и оборудованием

- Все суда валовой вместимостью 3000 и более, должны иметь:
 1. радиолокатор в полосе частот 3_ГГц
 2. второй радиолокатор в полосе частот 9 ГГц
- Все суда валовой вместимостью 10000 и более должны иметь:
 1. средство автоматической радиолокационной прокладки (САРП)
- чтобы автоматически осуществлять прокладку дистанции и пеленга по меньшей мере 20 целей,
- соединенное с устройством для измерения и индикации скорости и пройденного расстояния относительно воды,
- для определения опасности столкновения и имитации маневра по расхождению;



ПРАВИЛО 19. ПЛАВАНИЕ СУДОВ ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ

- Термин «**ограниченная видимость**» означает любые условия, при которых видимость ограничена из-за тумана, мглы, снегопада, сильного ливня, песчаной бури или по каким-либо подобным причинам (например, береговой дым).
- При плавании в открытом море ситуация **чрезмерного сближения** возникает на расстоянии примерно в 2 мили, которое соответствует средней дальности слышимости звукового сигнала судов длиной 200 и более метров в условиях спокойной атмосферы.



Задачи, решаемые САРП

- САРП решает следующие основные задачи :

- отображение на экране всей радиолокационной обстановки в соответствии с выбранными шкалами дальности, режимами ориентации и стабилизации радиолокационного изображения;
 - автоматическое обнаружение эхо-сигналов надводных целей в пределах контролируемой зоны на экране САРП, границы которой задаются охранными кольцами ("GUARD RINGS"), секторами захвата и барьерными линиями, отсекающими группы береговых объектов;
 - автоматический или ручной (по выбору штурмана) захват обнаруженных целей и их автосопровождение (АС), т. е. непрерывное ведение "строба" заданных размеров за эхо-сигналом цели;
 - одновременное автоматическое сопровождение, обработка, отображение и непрерывное обновление данных не менее чем по 20 целям (если сопровождаются не все цели, наблюдаемые на экране, то сопровождаемые цели должны быть четко обозначены специальными маркерами);
 - непрерывное автоматическое определение полярных координат (пеленга и дистанции) всех сопровождаемых целей, возможность быстрого определения пеленга и дистанции любого объекта, появляющегося на экране РЛС и САРП;
 - непрерывное автоматическое определение элементов движения (курса и скорости) и элементов сближения (дистанции кратчайшего сближения и времени плавания до точки кратчайшего сближения) для всех сопровождаемых целей; тенденция движения цели должна определяться через 1 мин после начала АС, а вектор экстраполированного перемещения цели с заданной точностью - через 3 мин после начала АС;
 - непрерывное представление на экране САРП обработанной вторичной радиолокационной информации, характеризующей элементы движения сопровождаемых целей и элементы сближения, в векторной или другой графической форме, четко указывающей экстраполированное перемещение целей; дополнительное отображение на экране четырех равноразнесенных по времени предыдущих местоположений сопровождаемых целей (PAST HISTORY) за период не менее 8 мин;
 - немедленная выдача на индикацию и непрерывное обновление буквенно-цифровой информации для любой сопровождаемой цели по желанию судоводителя;
 - экстраполяция ситуации, т. е. "проигрывание" развития ситуации во времени при условии неизменности элементов движения как целей, так и собственного судна (например, изменением длины вектора на экране САРП);

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САРП ПРИ РАСХОЖДЕНИИ



- Внедрение средств автоматической радиолокационной прокладки (САРП) позволяет освободить судоводителя от рутинных операций - съема и обработки радиолокационной информации - и сосредоточить его внимание на выполнении наиболее ответственных функций:
- непрерывном квалифицированном наблюдении, отборе целей на автосопровождение, оценке ситуации, выборе и выполнении оптимального маневра для расхождения.

