

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО РФ ПО РЫБОЛОВСТВУ  
ФГОУ ВПО  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(Дальрыбвтуз)**

**Кафедра Акустические приборы, системы и ТСС**

**ОСНОВЫ РАДИОЛОКАЦИИ**

методическое пособие по дисциплине «Радионавигационные приборы»  
для курсантов (студентов) специальности 180402 «Судовождение»

**Владивосток**

**2006**

УДК 629.123.053.83

ББК 39.471.5

Утверждено редакционно-издательским советом Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета.

Авторы: В.В. Карасёв, канд.техн.наук, профессор, зав.кафедрой «Акустические приборы, системы и технические средства судовождения» Дальрыбвтуза.

Е.Г. Булах, доцент кафедры «Акустические приборы, системы и технические средства судовождения» Дальрыбвтуза.

Рецензент – И.С. Карпушин, канд.техн.наук, доцент, зав.кафедрой «Управление судном» Дальрыбвтуза.

Печатается в авторской редакции

© Карасёв В.В., Булах Е.Г.

© Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2006

## Оглавление

1.	ВВЕДЕНИЕ	4
2.	Понятие радиолокации.	6
3.	Принцип действия импульсной РЛС	7
2.1	Состав и размещение приборов импульсной радиолокационной станции	8
2.2	Размещение приборов радиолокационной станции на судне на судне.	9
2.3	Основные эксплуатационные характеристики РЛС	11
2.4	Режимы работы радиолокационной станции	19
4.	Помехи радиолокационному наблюдению.	21
5.	Радиолокационное определение места судна.	23
6.	Система автоматической радиолокационной прокладки (САРП)	24
7.	Связь с системой электронной картографии	28
8.	Система автоматической идентификации (АИС или AIS)	31
9.	Организация радиолокационного наблюдения.	34
10.	Заключение	38
11.	РЕКОМЕНДАЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ К СРЕДСТВАМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ПРОКЛАДКИ (САРП)	40

## 1. ВВЕДЕНИЕ

С ростом интенсивности морского судоходства и увеличением размеров судов происходит постоянное усложнение навигационной обстановки, что приводит к значительным трудностям в управлении судами в открытом море при переходах, в прибрежных районах, в узкостях и при подходах к портам. Постоянно растут требования к безопасности и экономической эффективности судовождения, возникает потребность в более качественном и современном навигационном оборудовании.

Мировой флот пополнился большим количеством судов, оснащенных оборудованием для обеспечения безопасности плавания, сохранности жизни членов экипажа и материальных ценностей. Но, даже не смотря на наличие самой современной техники количество происшествий на море, по-прежнему остается высоким. Причинами аварий и аварийных ситуаций остаются неправильное управление судами, недостатки судов в части их управляемости. Анализ статистики по столкновениям и посадкам на мель показывает, что часто в этих авариях проявляется несоответствие показателей управляемости судов современным условиям мореплавания. Особенно часто это имеет место при экстренном маневрировании судов в сложных погодных условиях.

Для эффективного снижения аварийности на судах необходимо совершенствование средств и методов по предупреждению столкновения судов.

В 1897, проводя опыты по радиосвязи между стоявшим на якоре транспортом "Европа", на верхнем мостике которого находился передатчик, и крейсером "Африка", на котором помещался приемник, изобретатель радио Александр Попов обнаружил новое физическое явление. О чем и сделал запись в отчете комиссии, назначенной для проведения этих опытов: "Влияние судовой обстановки сказывается в следующем: все металлические предметы (мачты, трубы, снасти) должны мешать действию приборов как на станции отправления, так и на станции получения, потому что, попадая на пути электромагнитной волны, они нарушают ее правильность, отчасти подобно тому, как действует на обыкновенную

волну, распространяющуюся по поверхности воды, брекватер, отчасти вследствие интерференции волн, в них возбужденных, с волнами источника, т.е. влияют неблагоприятно. ... Наблюдалось также влияние промежуточного судна. Так, во время опытов между "Европой" и "Африкой" попадал крейсер "Лейтенант Ильин", и если это случалось при больших расстояниях, то взаимодействие приборов прекращалось, пока суда не сходили с одной прямой линии".

По всей видимости, это первое в истории документальное подтверждение открытия основного принципа радиолокации - отражения радиоволн от металлических предметов. Попов обратил внимание на это явление как на фактор, мешающий радиосвязи, и не заинтересовался его возможным применением.

Спустя 7 лет, в 1904 г немецкий изобретатель Хюльсайер запатентовал способ обнаружения металлических объектов по отражению ими радиоволн. Патент Хюльсайера опередил время и 18 лет оставался невостребованным. Элементная база радиотехники была еще слишком слаба, чтобы воспользоваться открытым эффектом. Только в 1913 г. была разработана схема лампового приёмника, и с помощью триода были получены незатухающие электрические колебания.

Вспомнили об эффекте американцы. В 1922 г Тейлор и Юнг исследовали отражение радиоволн от кораблей и дали начало практическому использованию эффекта. С этого времени радиолокация становится военной и начинает развиваться параллельно в США и Англии.

Радиолокационные станции получили быстрое развитие во время Второй мировой войны и применялись главным образом в обеспечении противовоздушной обороны, а также на кораблях военных флотов для ведения артиллерийской стрельбы ночью, в плохих метеоусловиях и стрельбы по загоризонтным целям.

На судах морского флота радиолокационные станции появились около пятидесяти лет тому назад и быстро получили признание судоводителей из-за их возможности обнаруживать объекты в море, в том числе суда, в независимости от видимости и расходиться при помощи их с другими судами в различных условиях плавания.

## 2. Понятие радиолокации.

Процесс обнаружения объектов в пространстве и определение их координат радиотехническими методами называется радиолокацией. Приборы, обеспечивающие радиолокацию объектов в пространстве, называются радиолокационными станциями (РЛС). По принципу устройства и работы различают несколько видов РЛС:

Активные и пассивные. В обоих случаях полезная информация от объекта доставляется радиосигналами, приходящими от объекта к РЛС. Пассивная РЛС содержит только антенну и приемник. В состав активной РЛС кроме антенны и приемника входит передатчик.

Непрерывного излучения:

- немодулированные;
- доплеровские;
- с частотной модуляцией.

Импульсного излучения.

Для радионавигации на море используется и совершенствуется лишь один вид – активная импульсная двухкоординатная РЛС.

В качестве индикатора используется электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) с яркостной отметкой или жидкокристаллический дисплей (на некоторых современных станциях). Эхо-сигнал, усиленный в приемнике РЛС и преобразованный в видеоимпульс, попадая на ЭЛТ, увеличивает интенсивность электронного потока луча, падающего на люминофор экрана ЭЛТ.

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:

$$t_D = \frac{2 \cdot D}{c},$$

где  $D$  – расстояние до объекта;

$c$  – скорость распространения радиоволн.

Определив время  $t_D$ , и зная скорость распространения радиоволн, определим расстояние до объекта по формуле:

$$D = \frac{c \cdot t_D}{2}$$

Масштаб дальности определяется как отношение предельного значения шкалы дальности к радиусу экрана:

$$M_D = \frac{D_{\text{шк}}}{K_{\text{э}} \cdot d_{\text{э}}},$$

где,  $K_{\text{э}} \approx 0,8$  – коэффициент использования экрана;

$d_{\text{э}}$  – диаметр экрана.

Для измерения расстояния до объекта формируется электронная шкала дальности в виде яркостных отметок на развертке.

Определение угловых координат объектов основывается на использовании антенны остронаправленного действия. В морской радиолокации применяется амплитудный метод максимума. При пеленгации по методу максимума антенна плавно поворачивается, и отсчет угла цели производится в тот момент, когда амплитуда сигнала на входе приемника достигает максимума.

В современных станциях реализовано автоматическое слежение за объектом по дальности и углу.

### **3. Принцип действия импульсной РЛС**

Импульсный метод в радиолокации позволяет довольно просто одновременно наблюдать несколько объектов, расположенных в зоне действия РЛС, так как эхо-сигналы смещены во времени в зависимости от дальности до объекта. Решение этой задачи при непрерывном излучении приводит к большому усложнению аппаратуры. Он позволяет измерить большие расстояния при небольших размерах приборов и использовать для передачи и приема сигналов одну и ту же

антенну. Эти причины, несмотря на недостатки присущие методу, являются решающими в выборе импульсного метода для построения морских навигационных РЛС.

$$D_{РЛС} = \frac{c \Delta t}{2} \quad - \text{ Формула определения}$$

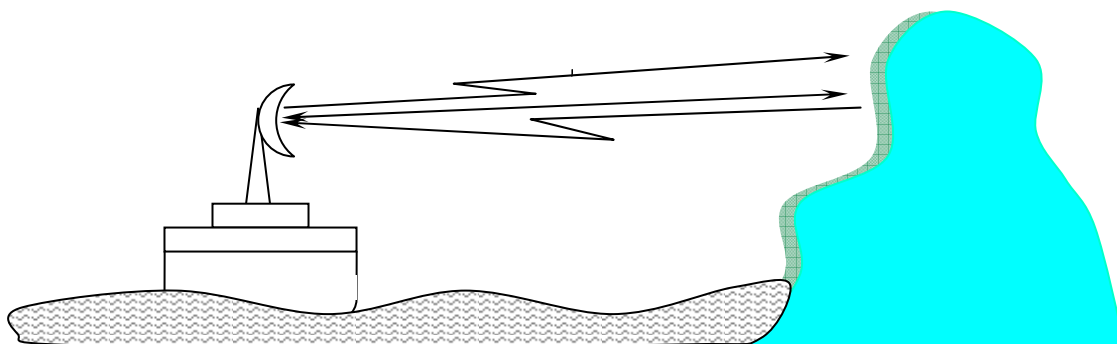


Рис. 1 Принцип работы РЛС

## 2.1 Состав и размещение приборов импульсной радиолокационной станции

Импульсная РЛС (рис.1) содержит следующие основные составные части:

- синхронизатор, вырабатывающий последовательность запускающих синхроимпульсов, управляющих работой передатчика, индикатора и схемы временной автоматической регулировки усиления (ВАРУ)
- приемника; передатчик, состоящий из импульсного модулятора и генератора СВЧ, который под действием синхроимпульсов генерирует мощные «зондирующие» импульсы СВЧ;



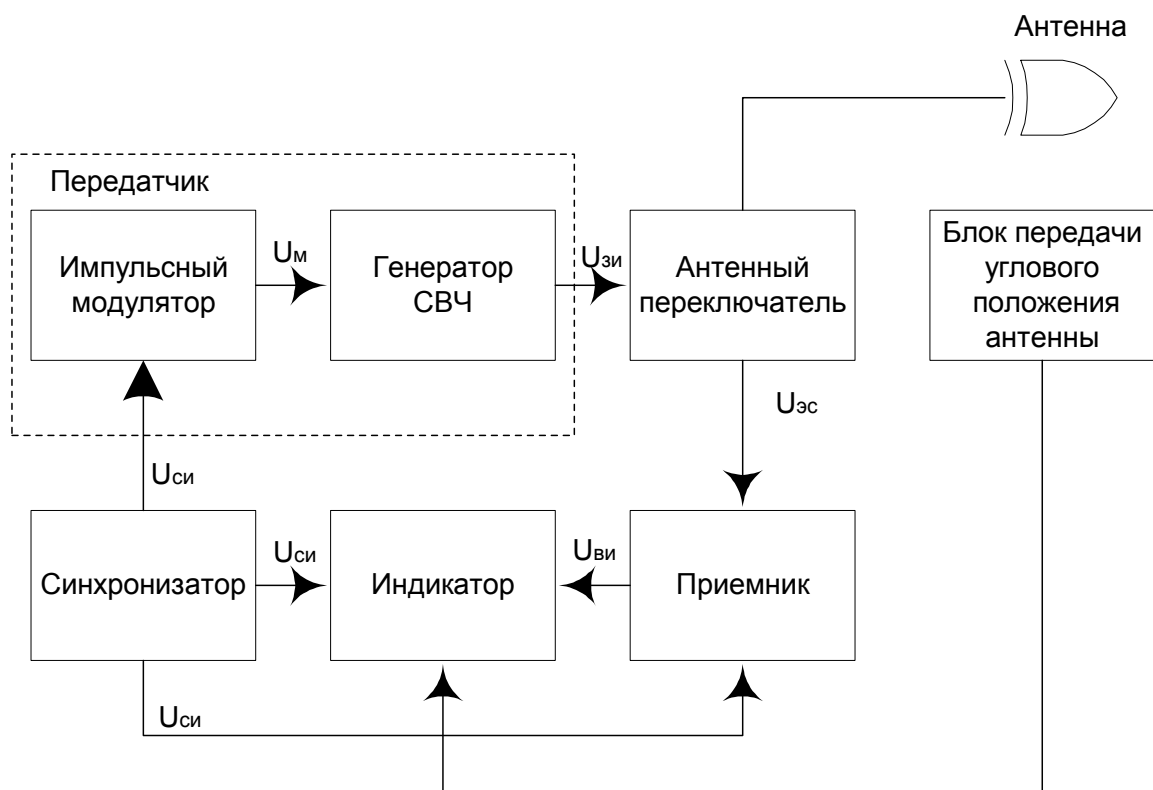


Рис. 2 Структурная схема импульсной РЛС

- 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.

## 2.2 Размещение приборов радиолокационной станции на судне на судне.

Практика использования радиолокаторов выработала ряд требований к размещению приборов станции на судне, основные из которых следующие:

Антенное устройство необходимо устанавливать по возможности выше всех выступающих над палубой мостика конструкций ездовой архитектуры, В то же время расстояние между антенной и приемопередатчиком не должно превы-

шать установленное инструкцией и волновод должен иметь минимальное количество изгибов (колен), иначе потери энергии в волноводном тракте приведут к резкому снижению дальности обнаружения объектов. Кроме того, чрезмерная высота антенны над ватерлинией может несколько увеличить мертвую зону. Нельзя помещать антенну низко над верхней палубой мостика, так как выступающие крылья и шлюпочная палуба создадут радиотень у бортов судна. Вблизи зёркала антенны не должно быть никаких снастей, которые могут захлестнуться вокруг нее. При установке антенны в местах, часто посещаемых людьми, например, на верхнем мостике, надлежит принять меры безопасности (ограждение, установка выше человеческого роста и т. а.)

Индикатор, как правило должен располагаться в рулевой рубке, но его нередко устанавливают в штурманской, рядом с рабочим столом; в этом случае ухудшается управление судном в стесненных водах и затрудняется глазомерная проводка по радиолокатору, так как судоводитель не имеет прямого контакта с рулевым, визуального обзора и слухового наблюдения. Место, где установлен индикатор, желательно оградить шторами для защиты экрана индикатора от прямых световых лучей, но таким образом, чтобы судоводитель мог, не удаляясь от экрана, видеть окружающую обстановку. При любых вариантах установки к индикатору должен быть обеспечен свободный доступ, как для ремонта, так и для одновременного наблюдения экрана несколькими лицами.

Передачик обычно размещают в отдельном помещении, примыкающем к штурманской рубке, или в самой рубке, что несколько хуже. Иногда, сообразуясь с местом установки антенны, передачик выносят в фальштрубу или иное место на палубе мостика. Помещение, где расположен передачик, следует обеспечить хорошей вентиляцией. Выпрямитель располагают, там же где и передачик.

Агрегат питания может быть установлен в любом удобном месте. Лучше, когда для этой цели выделяется агрегатная, где размещаются агрегаты питания всех навигационных приборов.

## **2.3 Основные эксплуатационные характеристики РЛС**

Для судовождения особенно важно наглядное представление об окружающей местности, что дают радиолокаторы кругового обзора, воспроизводящие на экране электроннолучевой трубки (ЭЛТ) радиолокационное изображение местности.

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

Качество изображения и пригодность радиолокатора для навигации, находится в прямой зависимости от технических параметров и тактических характеристик данной конструкции радиолокатора. Ниже приведен минимум сведений, знание которых необходимо для понимания процесса образования радиолокационного изображения.

### **2.3.1. Направленность излучения.**

В судовых радиолокаторах применяются антенны самых различных конструкций, формирующие радиолокационный луч, узкий в горизонтальной плоскости и широкий в вертикальной. Но и они, помимо главного луча (главного лепестка), рассеивают часть электромагнитной энергии по сторонам, образуя так называемые боковые лепестки, которые являются источниками ложных сигналов. Ширина диаграммы направленности определяет размеры отметки объекта по окружности, т.е. вдоль линии, перпендикулярной линии облучения.

Так как угол поворота антенны за время между приемами сигналов мал, то отметка каждого последующего сигнала перекрывает предыдущую, образуя сплошную отметку. Объекты с лучшей отражательной способностью дадут на экране отметки больших размеров, чем объекты с плохой отражательной способностью отметки от которых могут совсем потеряться в шумах приемника.

Чем острее характеристика направленности антенны, тем меньше будут растягиваться отметки объектов и тем больше соответствие между действитель-

ными размерами объекта на экране.

### **2.3.2. 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. Время, определяющее длительность импульса  $t_n$ , отсчитывается на уровне половинных амплитуд.

Длительность импульса определяет размер отметки объекта линии облучения. Отражение длится с момента «накрытия» передним фронтом импульса до момента прохождения импульсом объекта. Если размер объекта вдоль линии облучения пренебрежительно мал (например, лист железа), то длина отметки вдоль развертки будет соответствовать длительности видеоимпульса. Для более точного воспроизведения объектов необходимо стремиться к уменьшению длительности зондирующих импульсов.

### **2.3.3. Ширина диаграммы направленности**

Ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости определяет разрешающую способность по направлению и точность определения направлений. Диаграмма направленности РЛС в горизонтальной плоскости имеет форму лепестка, вытянутого вдоль оси симметрии и представляющего собой график зависимости напряжения на входе приемника от угла поворота антенны в полярных или прямоугольных координатах.

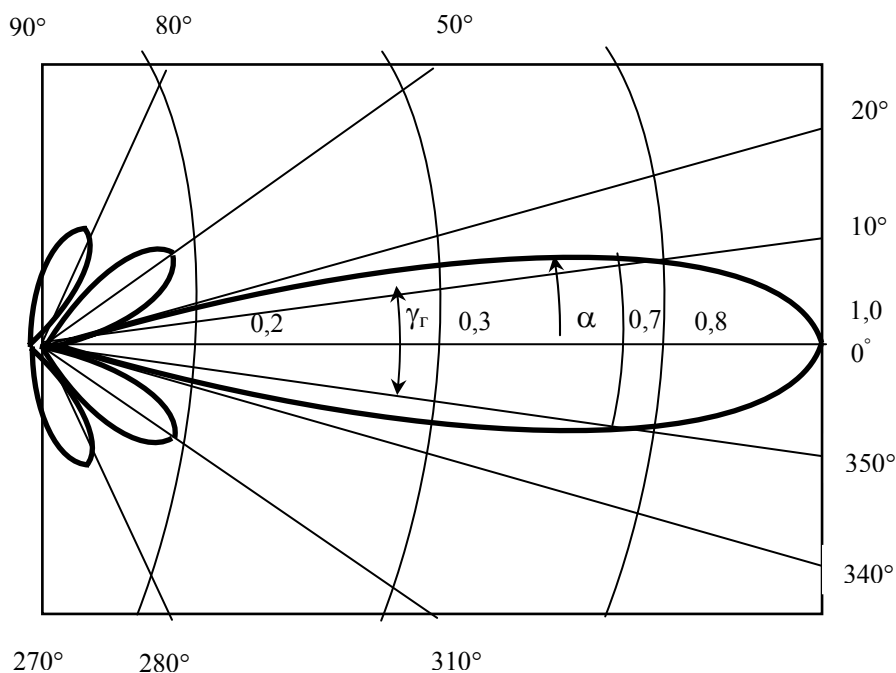


Рис.3 Диаграмма направленности антенны в полярных координатах

Числовой характеристикой диаграммы направленности считают угол раствора между радиусами-векторами напряжения на входе приемника, составляющими 0.707 от максимального значения. Если диаграмма направленности задана не по напряжению, а по мощности, то ее ширину измеряют углом на уровне 0.5  $P_{max}$ . Ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости  $\gamma_r$  выбирается в пределах 1- 0,25°.

#### 2.3.4. 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). Мощность передатчика и чувствительность приемника РЛС могут изменяться в худшую сторону лишь при неисправной работе станции. Уровень усиления принятых сигналов является переменной величиной, регулируемой оператором.

#### 2.3.5. Частота следования импульсов и скорость вращения антенны.

Если за время между импульсами антенна повернется на угол, больший, чем ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости, то останут-

ся необлученными целые секторы местности. Кроме того, чтобы получить достаточно устойчивую отметку на экране, необходимо каждый объект облучить не менее чем 5-10 импульсами. Таким образом, частота следования импульсов тесно связана со скоростью вращения антенны, шириной диаграммы направленности и минимальным количеством импульсов облучения объекта.

Частота следования должна быть такой, чтобы время между следующими друг за другом импульсами было больше, чем время, необходимое для прохождения импульсом удвоенного расстояния наибольшей дальности действия станции. Если это время будет меньше, то отраженные сигналы попадут не на свой рабочий ход развертки, а на следующий и радиолокационное изображение будет неверно. Как правило, навигационные радиолокаторы имеют две частоты следования импульсов в зависимости от диапазона дальности.

### **2.3.6. Параметры разверток и шкалы дальности.**

Путь, проходимый пятном электронного луча на экране ЭЛТ за рабочий ход, называется геометрической длиной развертки  $l$ , которая может составлять 0,8 диаметра трубки. Когда начало развертки находится в центре экрана, то ее длина приблизительно равна радиусу смещенном начале развертки (в индикаторах истинного движения) ее длина должна быть равной диаметру ЭЛТ. Рабочей развертки называется участок от ее начала до метки обозначающей заданную границу обзора на экране.

Длительность развертки — время, за которое пятно пробегает заданную геометрическую длину развертки, зависит от максимального расстояния выбранного диапазона дальности. Масштаб развертки пропорционален скорости развертки, чем больше скорость развертки, тем крупнее масштаб радио локационного изображения. Так как геометрическая длина развертки не меняется, то с увеличением масштаба уменьшается радиус (дальность) обзора. Масштабы изображения называются шкалами дальности, они указывают дальность обзора (при начале развертки в центре экрана).

### **2.3.7. Параметры электроннолучевой трубки.**

Качество радиолокационного изображения зависит от технических характеристик ЭЛТ, в том числе от диаметра пятна, особенностей люминофора и системы фокусировки. На различных масштабах одной и той же площади пятна на экране будет соответствовать различная площадь в натуре. Например, пятно в 1 мм прочертит на экране линии, отображающую полосу местности шириной 10 м для  $M : 10000$  и 750 м для  $1-750000$ . Диаметр пятна ограничивает степень детализации изображения на трубке.

Яркость свечения люминофора зависит от количества электронов попадающих на экран (плотности электронного луча). При определенной плотности начинает светиться весь слой люминофора в зоне бомбардировки — наступает насыщение. Дальнейшее увеличение плотности вызывает появление ореола, значительно ухудшающего качество изображения.

Время послесвечения зависит от состава люминофора. В навигационных РЛС применяются электроннолучевые трубки, обеспечивающие сохранение свечения отметки до следующего оборота антенны. После прекращения действия электронного луча яркость возбужденного участка люминофора убывает по экспоненциальному закону. Чем слабее был подсвечивающий импульс, тем меньшее количество атомов люминофора возбуждено и тем меньше начальный уровень яркости отметки.

Следовательно, яркость слабого сигнала достигает неразличимого глазом уровня раньше, чем яркость сильного сигнала. По этой причине слабые сигналы от объектов и шумы приемника совсем не сохраняются на экране или светятся короткое время, вспыхивая только в момент прохождения развертки.

### **2.3.8. Дальность действия.**

При конструировании станции технические параметры, определяющие дальность обнаружения, считываются для стандартных условий обнаружения конкретных объектов и приводятся в заводском описании станции. Максимальная дальность (энергетическая) равна:

$$D_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_U \cdot G_A^2 \cdot S_A \cdot S_{\text{Э}} \cdot \lambda^2}{P_{\text{ПР(MIN)}} \cdot (4 \cdot \pi)^3}}$$

где,  $D_{\max}$  - максимальная дальность обнаружения, мили;

$P_U$  – импульсная мощность, Вт ;

$P_{\text{ПР(min)}}$  – предельная чувствительность приемника, Вт;

$G_A$  – коэффициент направленности антенны;

$\lambda$  – длина волны, м;

$S_A$  – эффективная площадь антенны, м<sup>2</sup>;

$S_{\text{Э}}$  – эффективная площадь отражения объекта, м<sup>2</sup>;

Максимальная дальность геометрическая равна:

Коэффициент направленности антенны определяется ее эффективной площадью  $S_A$  и длиной волны излучаемых колебаний  $\lambda$ :

$$G_A = \frac{(4 \cdot \pi \cdot S_A)}{\lambda^2}$$

Максимальная дальность геометрическая равна:

$$D_{\text{ПР(MIN)}} = 2,3 \cdot \sqrt{h_{1(M)}} + \sqrt{h_{2(M)}},$$

где,  $h_1$  – высота наблюдаемого объекта

$h_2$  – высота расположения судовой антенны

### 2.3.9. Минимальная дальность обнаружения.

$$D_{\min} = \frac{c \cdot \tau_u}{2},$$

где,  $\tau_u$  – длительность зондирующего импульса,

Под этим подразумевается наименьшее расстояние от антенны, ближе которого нельзя обнаружить объекты. Имеется еще понятие «мертвой зоны» радиолокатора, которое не следует отождествлять с минимальной дальностью обнаружения. Разница состоит в том, что дальность обнаружения определяется лишь



техническими качествами станции, в то время как мертвая зона включает в себя и условия установки антенны на данном судне.

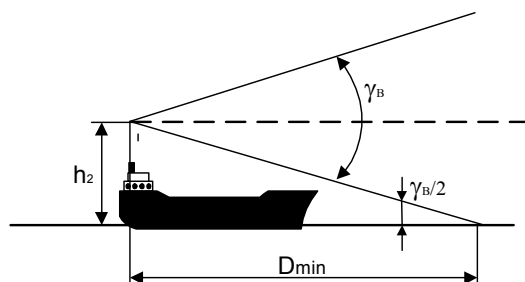


Рис.4 «Мертвая зона» радиолокационной станции

$$D_{М.з} = h_2 \cdot \text{ctg} \frac{\theta}{2}$$

где,  $\theta$  - ширина диаграммы направленности в вертикальной плоскости

### 2.3.10. 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 отдельно.

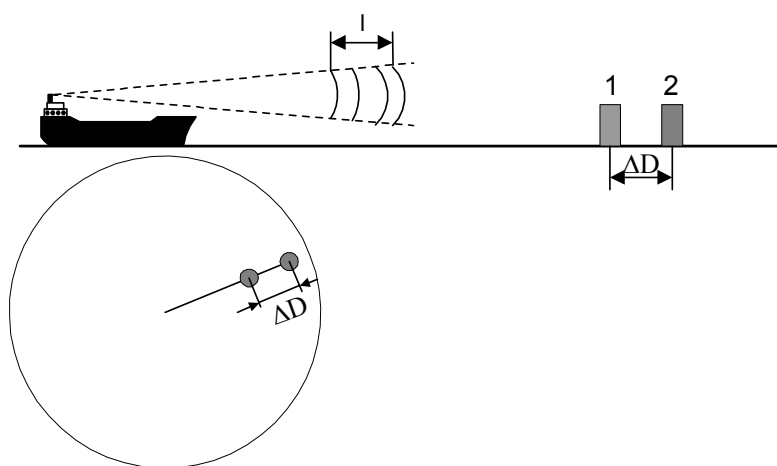


рис.5 Разрешающая способность РЛС по дальности

$$\Delta D = \frac{c \cdot \tau_u}{2} + \frac{d_n \cdot D_{\max}}{l_p}$$

где,  $d_{\text{п}}$  – диаметр сфокусированного пятна на ЭЛТ

$l_{\text{р}}$  – длина радиальной развертки на ЭЛТ

### 2.3.11. 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:

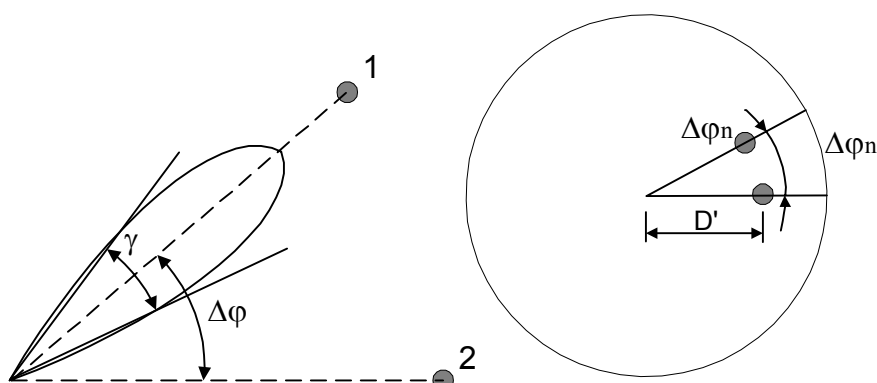


Рис.6 Разрешающая способность РЛС по направлению

$$\Delta\varphi_{\text{min}} = \Delta\varphi + \Delta\varphi_n = \gamma_2 + 57,3 \frac{2r}{D'}$$

где,  $\Delta\varphi$  – разрешающий угол (равен ширине ДН в горизонтальной плоскости);

$\Delta\varphi_{\text{п}}$ – диаметр светового пятна на индикаторе, град;

Разрешающий угол  $\alpha$  равен ширине ДН в горизонтальной плоскости.

Разрешающую способность станции по направлению определяют по двум одинаковым объектам небольших размеров, находящимся на расстоянии около 3 миль. Кроме того, проводят дополнительное измерение разрешающей способности станции по азимуту на шкале наиболее крупного масштаба на расстоянии  $2/3$  радиуса развертки.

## **2.4 Режимы работы радиолокационной станции**

### **2.4.1. 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). Положительные свойства этих диапазонов дополняют друг друга в различных условиях. Главное преимущество 10-см диапазона в том, что он практически не подвержен влиянию осадков, но в тоже время обеспечивает худшую разрешающую способность, точность и большую мертвую зону. Поэтому использование того или другого варианта включения приборов двухдиапазонной станции должно исходить из конкретной навигационной обстановки. При плавании в условиях дождя, снега, тумана, для улучшения различимости целей на фоне помех можно включать 10-сантиметровый диапазон. Но следует учесть, что отметки целей на экране могут быть нечеткими.

### **2.4.2. 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. Такая необходимость часто возникает при маневрировании на акватории порта, плавании вдоль берега, когда нет нужды наблюдать объекты, расположенные за береговой чертой. Кроме этого, смещение центра увеличивает дальность обзора в выбранном направлении в два раза при сохранении масштаба.

### **2.4.3. Режимы ориентации изображения.**

Навигационная обстановка определяет выбор ориентации изображения. У

каждого режима существуют свои преимущества и недостатки. Достоинство режима «Стабилизация по направлению» заключается в том что судоводитель видит из ходовой рубки. С экрана радиолокатора снимаются курсовые углы на радиолокационные ориентиры. Это особенно полезно, когда необходимо непосредственное и быстрое восприятия быстро меняющейся обстановки в целом. Однако при изменениях курса судна (поворотах, рыскании) происходит разворот всего изображения на экране, в результате чего отметки «смазываются», что затрудняет измерения навигационных параметров.

Режимы ориентации «По норду» и «По курсу» лишены этих недостатков. Режим ориентации «По курсу» дает на экране картинку аналогичную при «Стабилизации по направлению», но при изменениях курса и рыскании происходит только перемещение отметки курсора на экране. Изображение радиолокационных ориентиров остается неподвижным, что обеспечивает качественное измерение навигационных координат. Данный режим рекомендуется при необходимости частого и точного ОМС. В режиме ориентации «По норду» изображение стабилизировано относительно курса гирокомпаса, но ориентация на экране различна.

В некоторых РЛС есть возможность сочетания достоинств режимов «По норду» и «По курсу» - режим «Курс стабилизированный». При работе в этом режиме изображение на экране индикатора первоначально ориентируется относительно ДП судна (как в режиме «Курс»), а в дальнейшем остается неподвижным, а при поворотах перемещается только отметка.

#### **2.4.4. 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. Режим удобен тем, что судоводитель имеет возможность просмотреть различные варианты расхождения.

#### **2.4.5. 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. Если в составе РЛС имеется САРП, при входе целей в охранную зону обеспечивается их автоматический захват и определение элементов движения.

#### **4. Помехи радиолокационному наблюдению.**

При радиолокационном наблюдении на практике неизбежно встречаются различные помехи, которые нередко значительно сокращают дальность обнаружения объектов и затрудняют чтение (расшифровку) изображения. Для эффективного использования радиолокатора необходимо знать характер помех, условия возникновения и возможности уменьшения их влияния на радиолокационное наблюдение.

Туман, частицы воды тумана рассеивают и поглощают часть электромагнитной энергии, излучаемой радиолокатором, что приводит к уменьшению дальности обнаружения объектов. Чем больший путь должен пройти сигнал через туман, тем значительнее будет его ослабление, а значит и сокращение дальности радиолокационного обнаружения.

Дальность визуальной видимости находится в определенном соотношении с количеством воды в тумане. Следовательно, вызываемое туманом сокращение дальности обнаружения различных плавсредств может быть поставлено в зависимость от визуальной видимости. При визуальной видимости более 100 м сокращение дальности радиолокационного обнаружения незначительно, но при видимости менее 100 м, т. е. при плотных густых туманах, дальность радиолокационного обнаружения значительно сокращается. Имеются сообщения о сокращении дальности обнаружения на 40 и даже 50%, которое имело место при очень густых туманах.

Песчаные бури также уменьшают дальность радиолокационного обнаружения. Причем степень сокращения дальности, как и при тумане, зависит от содержания в воздухе твердых частиц. Дальность обнаружения при песчаных бурях и дымке несколько меньше, чем при тумане для одной и той же дальности визуаль-

ной видимости.

### **3.1. Атмосферные осадки.**

Количество воды, содержащейся в единице объема, зависит от интенсивности осадков, а поэтому и дальность радиолокационного обнаружения зависит от количества осадков. При малом количестве осадков отраженная ими энергия недостаточна, чтобы на экране появились сигналы, способные «забить» сигнал от объекта. Но вместе с тем ослабление сигналов уменьшает дальность радиолокационного обнаружения. Сокращение дальности обнаружения происходит не только за счет ослабления сигналов. При увеличении количества осадков наступает момент, когда отраженная от капель дождя энергия становится достаточной, чтобы вызвать свечение экрана радиолокатора, способное «забить» отметку сигнала от объекта. Этот эффект сильнее сокращает дальность обнаружения, нежели ослабление сигналов, и в этих случаях максимальная дальность обнаружения определяется расстоянием, на котором интенсивность сигнала от объекта становится равной интенсивности сигналов от осадков.

Град и снег также сокращают, хотя и менее, чем дождь, дальность радиолокационного обнаружения, но главным фактором, влияющим на дальность обнаружения, является интенсивность осадков.

### **3.2. Влияние волнения.**

При спокойном море отражение радиолокационного луча от поверхности воды близко к зеркальному и направлено в сторону от антенны. Если же на поверхности моря имеются волны, то часть отражённой от них электромагнитной энергии воспринимается радиолокатором, и на экране появляются сигналы от волн.

Мощность сигналов зависит от степени волнения и быстро уменьшается с увеличением расстояния. При небольшом волнении на экране РЛС наблюдается множество слабых сигналов, которые меняют свое место и яркость с каждым оборотом антенны. При значительном волнении сигналы от волн сгущены и засвечивают полностью большую часть площади в центре экрана. Современные судовые радиолокационные станции при высоте антенны до 20 м воспринимают

сигналы от волн в радиусе до 4 миль.

Засветка центра экрана РЛС сигналами от волн в значительной степени затрудняет радиолокационное, наблюдение. Если же сигналы от объекта по силе не превосходят сигналы от волн, то обнаружить их на фоне помех невозможно.

В некоторых случаях сигналы от судов могут быть выделены среди помех от волнения. Для этого используют схему временной автоматической регулировки усиления (ВАРУ). Следует помнить, что если сила сигнала от другого судна не превышает силу сигналов от волн, то оно не может быть обнаружено.

Когда волнение отсутствует, то регулятор ВАРУ должен быть выведенным, так как нет необходимости уменьшать чувствительность приемника на малых расстояниях. При волнении, помехи от которого желательно уменьшить, необходимо правильно отрегулировать ВАРУ величину начального усиления. Если начальное усиление будет уменьшено незначительно, то отражение от волн по-прежнему будет давать яркие сигналы, способные забить отметки судов. Если же начальное усиление будет уменьшено очень сильно, то сигналы не только от волн, но и от других судов.

### **3.3. Влияние работы других радиолокаторов.**

Иногда на экране радиолокатора появляются сигналы в виде точек, пунктирных линий или сплошных линий. Положение таких сигналов на экране и их взаимное расположение может быть разнообразным, но наиболее часто встречаются сигналы в виде спиральных пунктирных линий.

## **5. Радиолокационное определение места судна.**

В отличие, от радиотехнических систем типа берег-судно (радиопеленгование, импульсные и фазовые системы) и спутниковых систем, судовая радиолокационная станция – автономный прибор, обычно не требующий каких-либо дополнительных береговых устройств или околоземных спутников. Однако, это ни в коем случае не дает права считать РЛС прибором, заменяющим другие радиотехнические и спутниковые средства ОМС. Радиолокатор – навигационное устройство ближнего действия, дополняющее спутниковые системы, системы сред-

ней и дальней навигации.

Радиолокатор, воспроизводя на экране план местности, позволяет объективно и с высокой точностью оценить положение судна относительно берегов или отдельно лежащих надводных опасностей. Он позволяет определять место судна, как по пеленгам отметок наблюдаемых объектов, так и по расстояниям до них. Дистанционные способы исключают ошибки в наблюдениях, возникающие в результате недостатков при ОМС по пеленгам (ошибки в поправке компаса, понижение точности с увеличением расстояния до объектов наблюдения и т.п.). Пользоваться лишь радиолокационными пеленгами методами не следует, так как способ пеленга и расстояния всегда будет точнее, чем способ двух или даже трех пеленгов. Когда отметка пригодна для пеленгования, то до нее всегда можно измерить расстояние. В то же время отметки объектов, годные для измерения расстояния до них, часто оказываются непригодными для пеленгования. Поэтому из большего числа возможных способов радиолокационных определений места судна можно рекомендовать лишь следующие:

- по двум или трем расстояниям;
- по визуальному пеленгу и радиолокационному расстоянию;
- по крьюйс - расстоянию;
- по нескольким радиолокационным пеленгам и расстояниям (для дальних наблюдений в качестве ориентации, но **не определения места**).

Первые четыре способа имеют свои модификации в зависимости от характера объектов наблюдения. Любые другие варианты использования визирного и дальномерного устройства радиолокатора не имеют практической ценности и уступают в точности перечисленным.

## **6. Система автоматической радиолокационной прокладки (САРП)**

В течение многих лет создавались и внедрялись различные методы, устройства и системы обработки радиолокационной информации. Традиционным методом обработки информации РЛС является прокладка на маневренном планшете



эхо-сигналов цели с последующим определением элементов движения цели и маневра на безопасное расхождение. Но по мере совершенствования технической базы для автоматических систем, их эффективность возрастала и ИМКО (сейчас ИМО) Резолюцией Ассамблеи А.422 (XI) признала, что надлежащее применение САРП окажет судоводителям помощь в правильном использовании радиолокационной информации, что в свою очередь позволит уменьшить опасность столкновений и загрязнения окружающей среды.

Ассамблея рекомендовала правительствам стран-членов ИМКО обеспечить установку на судах САРП, отвечающих требованиям ИМКО, и организовать надлежащее обучение судоводителей правильному их использованию, чтобы они понимали принципы применения этих средств их достоинства, недостатки и возможные погрешности. Уже в настоящее время международная морская организация (ИМО) подготовила новые навигационные правила, направленные на повышения безопасности судоходства, учитывающие опыт мореплавания 20 века и результаты научно-технического прогресса последнего времени.

24 сентября 1999 г. на 45 сессии Подкомитета ИМО по безопасности мореплавания завершилась работа по подготовке новой в значительной степени пересмотренной Главы 5 Конвенции СОЛАС-74. Текст новой Главы 5 в виде поправок к Конвенции был направлен на рассмотрение на 72 сессию Комитета ИМО по безопасности на море, которая состоялась в мае 2000 г. После этого текст Главы 5 был окончательно одобрен Комитетом на его 73 сессии в декабре 2000 г.

В новом Правиле 19 расширены требования в части оснащения судов:

- вместимостью 300 и более рег.т. радиолокационной станцией с электронным устройством прокладки до 10 встречных целей для определения опасности столкновения с ними
- на судах вместимостью более 500 рег.т. радиолокаторы должны иметь устройство автоматической прокладки направления и расстояния до 10 наблюдаемых целей для определения опасности столкновения.
- на суда вместимостью свыше 3000 рег.т. необходимо дополнительно устанавливать вторую РЛС (работающую в диапазоне 10 или 3 см) с уст-

ройством автоматической прокладки целей, которое на судах вместимостью более 10000 рег.т. должно быть заменено на средство автоматической радиолокационной прокладки (САРП) по крайней мере до 20 целей, способное обеспечивать проигрывание маневра для предупреждения столкновения.

Были составлены рекомендации по эксплуатационным требованиям к средствам автоматической радиолокационной прокладки (см. приложение 1).

Требуемые ИМО средства автоматической радиолокационной прокладки предназначаются для обеспечения судоводителям возможности непрерывной, быстрой и точной оценки ситуации при одновременном уменьшении их рабочей нагрузки путем автоматизированного получения необходимой информации, чтобы задача расхождения со многими судами-целями могла решаться просто и эффективно. Средства САРП являются только датчиками информации, необходимой судоводителю для правильной оценки ситуации встречи с другими судами и принятия решения для успешного расхождения с ними.

Использование систем автоматической радиолокационной прокладки несомненно увеличило эффективность оценки радиолокационной информации судоводителем и повысило безопасность мореплавания.

Примером современной радиолокационной станции является «Furuno» модели FR-2135S.

Тактико-технические данные:

- растровый 21-дюймовый цветной экран для работы при дневном освещении с высокой разрешающей способностью;
- простота управления с использованием переключателей, ручек и экранного меню;
- электронная система прокладки (ЕРА);
- автоматическая радиолокационная система прокладки, отвечающая требованиям ИМО;



Рис.4. Furuno FR-2135S

- надежные сигнализации дистанции кратчайшего сближения и времени кратчайшего сближения во всех районах работы радара, точные данные о цели;
- удовлетворяет самым последним ИМО требованиям, таким как: возможность наложения навигационного изображения на изображение радара, изображение навигационных линий, средств навигационной помощи, примерные контуры береговых линий;
- имеются два режима стабилизации: относительно воды и относительно грунта;
- изображение относительных и истинных следов целей.

Радиолокатор был разработан для широкого ряда пользователей: рыболовных судов, крупных грузовых и пассажирских судов, а также для любых быстроходных судов. Радар с 10-ти сантиметровой антенной обеспечивает определение цели и в ненастную погоду, в то время, 3-х сантиметровая антенна сильно подвержен помехам под влиянием дождя. Рекомендуется устанавливать на судах радары с антеннами и 3 и 10 см. Радары имеют следующую выходную мощность: 30 и 60кВт. Изображение на экране имеет дневную или ночную подсветку, а для знаков, символов и текстов используются различные цвета. Пульт управления может устанавливаться отдельно от радара. Эксплуатационные характеристики радаров включают все функции, требуемые ИМО, такие как ориентация по истинному курсу, заданному курсу, по Северу, истинное движение, получение информации от компаса, SDME, GPS и других систем определения места, параметров ветра и т.д.

Другие особенности включают два ПКД, маркер дальности на ЭВН, два ЭВН с возможностью смещения из центра экрана, сохранение созданных оператором изображений, возможность использования мини-карт и видео плоттера.

Система автоматической радиолокационной прокладки обеспечивает сопровождения 20 целей в автоматическом и 40 целей в ручном режиме.

Функции и режимы работы радиолокатора FR – 2135S.

Радиолокатор обеспечивает различные функции и настройки. Управление

просто и удобно. Кнопки разбиты по зонам, в зависимости за какую опцию они отвечают (см.прилож.2).

Функциональная зона.

- выбор режима ориентации изображения;
- установка и включение режима «Охранная зона»;
- перенос подвижного ПКД и ВРМ в любую точки на индикаторе и снятие пеленга и расстояния с этой точки;
- двукратное увеличение изображения между судном и курсором без изменения шкалы дальности;
- выбор цветового режима экрана индикатора;
- включение и выключение НКД.

Информационная зона:

- изменение настроек работы радиолокатора;
- вывод на экран индикатора необходимой информации о маршруте;
- управление количеством информации выводимой на экран индикатора;
- выбор диапазона работы антенны 3 или 10 см.;

Контрольная зона, зона САРП:

- автоматический захват целей (до 20)
- обеспечивает контроль и поступление необходимой информации о целях;
- сигнализацию о моменте захода цели в охранную зону.

## **7. Связь с системой электронной картографии**

Наличие автоматического обмена информацией с электронной картографической системой позволяет эффективно решать задачи обеспечения безопасного плавания.

Электронно-картографическая дисплейная информационная система (ЭКДИС) – использует обмен информации с соответствующими вспомогательными средствами и может приниматься как система, позволяющая отображать на откорректированной электронной навигационной карте (ЭНК) информацию о местоположении судна от навигационных датчиков для планирования и контроля за

маршрутом, а также для отображения дополнительной информации, касающейся мореплавания.

Одними из наиболее распространенных электронно-картографических систем, являются электронно-картографические системы dKartNavigator , dKart Explorer, (фирмы МОРИНТЕКС), Navy Sailor (фирмы ТРАНЗАС) которые предназначены для решения следующих задач судовождения:

- отображение на карте данных о собственной позиции, курсе и скорости судна на основе информации навигационных устройств;
- прокладка маршрутов и контроль их прохождения;
- отображение на карте целей САРП и АИС;
- предупреждение судоводителя о приближении к опасностям и районам с особыми условиями плавания;
- автоматизация навигационных расчетов;
- автоматическая и ручная корректура карт и другие функции.

Система поддерживает совместную работу с радиолокаторами различных типов и разных фирм производителей. Взятые на автосопровождение цели отображаются на электронной карте. Система осуществляет непрерывный контроль безопасности движения по отношению ко всем отображаемым САРП целям, используя цветовую индикацию целей на карте. С помощью dKart Navigator при совместном использовании с РЛС, судоводитель может получить информацию обо всех основных параметрах цели (курс, скорость, пеленг, дистанция, дистанция кратчайшего сближения, время расхождения и т.д.).

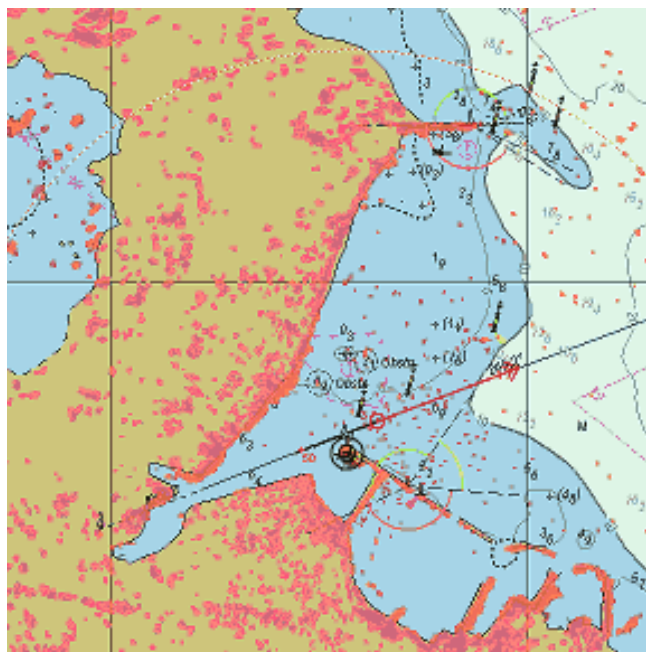


Рис.5 Радиолокационный навигационный модуль (RNM 2.1)

В состав системы входит радиолокационный навигационный модуль, который предназначен для решения широкого спектра навигационных задач. Совместно с электронно-картографическими системами dKart Navigator и dKart Explorer, радиолокационный модуль предоставляет средства для отображения полного радиолокационного образа акватории поверх электронной карты. Возможность синхронизации обоих изображений в реальном времени и наблюдения радиолокационного образа, как совместно с картографическими данными, так и независимо, позволяет судоводителю легко ориентироваться в узкостях и незнакомых районах мореплавания.

Основные функции радиолокационного навигационного модуля:

- обеспечение полной совместимости с электронно-картографическими системами dKart и различными типами приемо-передатчиков радаров ведущих фирм производителей - Furuno, JRC, Racal Decca, Raytheon, Norcontrol, Terma и других;
- реализация устойчивого к помехам алгоритма обработки видеосигналов, автоматически стабилизирующего уровень ложных тревог;
- оптимальное выделение малоразмерных морских целей на фоне мешающих отражений от береговой черты и портовых сооружений;
- уменьшение влияния на радиолокационный образ помех естественного и

искусственного происхождения;

- селекция радиолокационных целей и измерение их координат;
- формирование радиолокационного образа всей акватории размером до 2048 x 4096 точек и передача его в систему dKart.

Одним из существенных преимуществ совместного использования радиолокационного модуля и электронно-картографических систем является возможность взаимного контроля навигационных и радиолокационных средств в наглядной форме.

## **8. Система автоматической идентификации (АИС или AIS)**

С июля 2002 года поэтапно начали устанавливать аппаратуру автоматической системы опознавания судов (далее - АИС) на все суда валовой вместимостью более 300 рег. т. Это транспондеры, которые соответствуют международным требованиям ИМО, МЭК и других уполномоченных организаций.

Проект основной поправки к правилу 19 главы V Конвенции SOLAS, подготовка которой в настоящее время завершается в ИМО, в частности, гласит, что:

“Все суда валовой вместимостью 300 тонн и выше, занятые в международных рейсах, все суда валовой вместимостью 500 тонн и выше, не занятые в международных рейсах, и пассажирские суда независимо от их тоннажа должны быть оборудованы аппаратурой AIS согласно следующему графику:

- суда, построенные [1 июля 2002 г.] и после – не позже этой даты;
- суда, занятые в международных рейсах и построенные до [1 июля 2002 г.];
- в случае пассажирских судов и танкеров – не позже [1 июля 2003 г.];
- в случае судов валовой вместимостью 50.000 тонн и выше (кроме танкеров) – не позже [1 июля 2004 г.];
- в случае судов валовой вместимостью 10.000 тонн и выше, но меньше 50.000 тонн (кроме танкеров) – не позже [1 июля 2005 г.];
- в случае судов валовой вместимостью 3.000 тонн и выше, но меньше 10.000 тонн (кроме танкеров) – не позже [1 июля 2006 г.];

- в случае судов валовой вместимостью 300 тонн и выше, но меньше 3.000 тонн (кроме танкеров) – не позже [1 июля 2007 г.];
- суда, не занятые в международных рейсах и построенные до [1 июля 2002 г.] – не позже [1 июля 2008 г.].

Администрация может освободить суда от применения к ним требований этого параграфа, если такие суда на постоянной основе изъяты из эксплуатации в течение двух лет после указанной даты внедрения...”.

Проект правил идёт дальше с требованием, чтобы АИС, которыми оборудуются суда: “Должны представлять собой автоматические идентификационные системы (АИС), предназначенные для автоматического предоставления соответствующим образом оборудованным береговым станциям, других морским и воздушным судам информации, включая идентификатор, тип, координаты, курс, скорость хода, навигационный статус судна, и другую относящуюся к безопасности мореплавания информацию, для автоматического приёма такой информации от аналогично оборудованных судов и для контроля и сопровождения судов и обмена данными с береговыми органами. Эти требования не применяются в тех случаях, когда международные соглашения, правила или стандарты предусматривают защиту навигационной информации...”.

В чем же основные преимущества АИС. В состав судовой информации, предоставляемой системой AIS, должна входить:

#### **Статическая информация:**

Каждые 6 минут и по запросу:

- Номер IMO (если имеется);
- Позывной и название судна;
- Длина и ширина судна;
- Тип судна;
- Положение приёмной антенны системы определения местоположения на судне (в корме или в носу, по левому или правому борту от диаметральной линии).

#### **Динамическая информация:**



- Координаты судна с указанием точности и достоверности данных;
- Время по всемирному скоординированному времени;
- Курс относительно дна моря;
- Скорость относительно дна моря;
- Направление;
- Режим эксплуатации (судно, лишённое возможности управляться, на якоре, и т.д. – ручной ввод информации);
- Скорость поворота (в случае маневра);
- Дополнительная информация – угол крена (при наличии датчика);
- Дополнительная информация – килевая и бортовая качка (при наличии датчика).

Информация, связанная с выполняемым рейсом:

**Каждые 6 минут, при изменении данных или по запросу:**

- Осадка судна;
- Опасный груз (тип);
- Порт назначения и расчётное время прибытия (по усмотрению капитана);
- Дополнительная информация – план маршрута (опорные точки).

Краткие сообщения, относящиеся к безопасности мореплавания: По требованию.

Очень важной функцией может стать преобразование радиолокационных целей в цели АИС в процессоре радиолокатора береговой станции и передача целей с берегового центра АИС на суда находящиеся в зоне обслуживания. Это позволяет всем соединениям, оборудованным АИС, в ближайшем окружении видеть все радиолокационные цели, сопровождаемые береговым радиолокатором, а также цели, получаемые от собственного радиолокатора (радиолокаторов).

Данная функция позволяет также маломерным судам прибрежного плавания, которые могли бы быть оборудованы транспондерами АИС и электронными картами (ECS), иметь радиолокационную картинку, полученную с береговой станции.

Вещательный транспондер АИС – это всего лишь VHF радио приемопере-

датчик с возможностью соединять судно с судном и судно с берегом и с высокой скоростью обмениваться блоками текстовой информации определённого или свободного формата. Однако благодаря дополнительной устойчивости и возможностям технологии и информационному содержанию передаваемых сообщений он представляет собой новое эффективное средство для повышения безопасности судоходства и эффективной организации движения судов. Полные сведения о судне, включая название, тип, характеристики движения, расчётное время прибытия, порт назначения и информация о маневрировании (дистанция максимального сближения, время до точки максимального сближения, прогноз траектории движения) и вся информация, в настоящее время выдаваемая только САРП, теперь может стать доступной всем мореплавателям.

Раннее и надёжное обнаружение маломерных судов в условиях помех от морской поверхности и в условиях ограниченной видимости теперь тоже стало реальностью при условии, что эти маломерные суда применяют технические средства АИС. Когда все большие суда (и можно надеяться многие маломерные суда) будут оборудованы системами АИС, эти технические средства внесут существенный вклад в безопасность судоходства и защиту окружающей морской среды.

## **9. Организация радиолокационного наблюдения.**

Организация радиолокационного наблюдения, в том числе в условиях хорошей видимости, соответствует требованию Правила 5 МППСС – 72 об использовании для наблюдения всех имеющихся средств, с тем, чтобы полностью оценить ситуацию и опасность столкновения. Всестороннее использование РЛС – важного средства заблаговременного обнаружения других судов-целей и определения степени опасности – является одной из мер предосторожности, пренебрежение которыми может быть поставлено в вину на основании Правила 2 МППСС – 72. Радиолокационное наблюдение организуется совместно с другими видами наблюдения – зрительными и слуховыми, не заменяя, а дополняя их.

При ограниченной видимости организация радиолокационного наблюдения

обязательна. Термин «ограниченная видимость» означает любые условия, при которых видимость ограничена из-за тумана, мглы, снегопада, сильного ливня, песчаной бури или по каким-либо другим причинам – Правила 3 МППСС 72.

Ночью, даже в условиях хорошей видимости, целесообразно использовать судовые радиолокационные средства в прибрежных водах и при следовании районами, где возможна встреча с малыми рыболовными судами, яхтами, буровыми платформами или другими сооружениями, которые не всегда освещены надлежащим образом. При плавании в узкостях и в районах интенсивного движения судов использование РЛС обязательно в любых условиях плавания.

Каждое судно должно всегда следовать с безопасной скоростью с тем, чтобы оно могло предпринять надлежащее и эффективное действие для предупреждения столкновения и могло быть остановлено в пределах расстояния, требуемого при существующих обстоятельствах и условиях. Правило 6 МППСС – 72, перечисляя факторы, которые надлежит учитывать при выборе безопасной скорости, выделяет группу факторов, связанных с использованием РЛС:

- характеристики, эффективность и ограничения радиолокационного оборудования;
- любые ограничения, накладываемые используемой шкалой дальности;
- влияние на радиолокационное обнаружение состояния моря и метеорологических факторов, а также других источников помех;
- возможность того, что радиолокатор не может обнаружить на достаточном расстоянии малые суда, лед и другие плавающие объекты;
- количество, местоположение и перемещение судов, обнаруженных радиолокатором;
- более точную оценку видимости, которая может быть получена при радиолокационном измерении расстояния до судов или других объектов, находящихся поблизости.

Радиолокационное наблюдение не освобождает судоводителя от подачи звуковых сигналов, предписанных МППСС -72.

Обнаружив в результате наблюдения, в том числе радиолокационного, другие су-

да-цели, судоводитель должен в соответствии с Правилем 7 МППСС -72 оценить наличие опасности столкновения, используя для этой цели все имеющиеся средства. 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.

Неправильное использование или не использование РЛС для предупреждения столкновения является фактором, усугубляющим вину в случае столкновения судов. При организации радиолокационного наблюдения учитывается:

- район плавания, включая наличие навигационных опасностей, ограничивающих маневрирование;
- допустимые значения  $D_{кр.}$  и  $T_{кр.}$  сближения, а также других критериев опасности столкновения;
- линейные и временные элементы возможных маневров судна;
- технические и эксплуатационные характеристики и ограничения судовых радиолокационных средств с учетом влияния на них изменения конкретных условий плавания.

Использование РЛС наиболее эффективно, если радиолокационное наблюдение ведется непрерывно, т.е. цели обнаруживаются сразу же после их появления на экране, в противном случае цели могут быть обнаружены на значительно меньшем расстоянии или вовсе не обнаружены с помощью РЛС. Перерыв между наблюдениями за экраном РЛС зависит от района плавания, скорости хода, дистанции обнаружения объектов, взаимного положения, относительной скорости сближения.

Правильная организация радиолокационного наблюдения с всесторонним использованием РЛС, а также радиолокационной прокладкой на маневренном планшете или средствами автоматизированной радиолокационной прокладки

(САРП) позволяет:

- своевременно обнаруживать цели, их положение;
- выбрать маневр для расхождения;
- контроль эффективности маневра в период его расхождения;
- вводить дополнительную корректуру для обеспечения безопасности плавания при необходимости;
- безопасно вернуться на заданный или другой путь следования.

Отличительной чертой деятельности судоводителя является специфичность ориентировки. В современных условиях судоводитель, управляющий судном, должен уметь обобщать полученные от приборов и путем визуального наблюдения сведения, увязывать в одно целое происходящее событие и создавать на его основе так называемые схемы предвидения. Перед выполнением какого-либо действия он должен мысленно представить, что именно он сделает, какую команду подаст и каков будет результат.

## 10. Заключение

В заключении можно сказать о том что, уже на протяжении более пяти десятилетий с момента появления радиолокационной на судах флота, РЛС остается эффективным средством предоставляющим достоверную информацию о складывающейся на данный момент навигационной обстановке. Сегодня РЛС это уже не отдельная станция, существует множество навигационных систем использующих радиолокационную информацию предоставляемую РЛС.

Следует отметить, что **"Хорошего судоводителя САРП делает еще лучше, а плохого - еще хуже"**.

ИМО отмечает, что САРП с низкими технико-эксплуатационными характеристиками или **обслуживаемые недостаточно обученным персоналом** могут нанести ущерб безопасности мореплавания. Грамотное и полное использование возможностей САРП предполагает **не абсолютное его предпочтение другим техническим средствам судовождения, а совместное их применение и обязательный взаимный контроль.**

Совместное использование РЛС и средств электронной картографии позволяет отображать поверх электронной карты полный радиолокационный образ акватории. Возможность синхронизации обоих изображений в реальном времени и наблюдения радиолокационного образа, как совместно с картографическими данными, так и независимо, позволяет судоводителю легко ориентироваться в узкостях и незнакомых районах мореплавания.

С 2002 года началось поэтапное оснащения судов транспондерами автоматической идентификационной системы. Совместное использование АИС и РЛС позволит практически мгновенно получать всю необходимую информацию о судне-цели, включая элементы движения. Существует мнение, что внедрение АИС сделает радиолокатор ненужным. Маловероятно, что это произойдет. По меньшей мере, на начальном этапе суда, не удовлетворяющие требованиям конвенции SOLAS не будут оборудованы АИС. Можно также ожидать, что многие суда старой постройки, удовлетворяющие требованиям конвенции SOLAS, будут

с задержкой оборудоваться этой аппаратурой (следует иметь в виду исключение главы V конвенции SOLAS для судов, выводимых из эксплуатации в течение двух лет после внедрения АИС). Поэтому радиолокатор остаётся единственным средством обнаружения и сопровождения, способным работать со всеми целями. Кроме того, он является средством контроля правильного положения плавучих средств навигационного обеспечения и проверки достоверности определения местоположения электронными средствами. Определение места судна рекомендуется производить методом расстояний. Использование для определения пеленгов не рекомендуется, точность дистанционных методов намного выше. При плавании в прибрежной зоне определения места по РЛС часто оказываются более достоверными, чем при определении места судна другими средствами.

## **11. РЕКОМЕНДАЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ К СРЕДСТВАМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ПРОКЛАДКИ (САРП)**

### **1. ВВЕДЕНИЕ**

1.1 В целях повышения стандарта предупреждения столкновения судов в море средства автоматической радиолокационной прокладки (САРП) должны:

.1 уменьшать рабочую нагрузку наблюдателей, позволяя им получать автоматически информацию о сопровождаемых целях, с тем чтобы они могли решать навигационные задачи с несколькими отдельными целями так же эффективно, как и при прокладке вручную в отношении одной цели;

.2 обеспечивать непрерывную, точную и быструю оценку ситуации.

1.2 Возможности радиолокатора, обеспечиваемые дисплеем САРП, должны отвечать эксплуатационным требованиям к радиолокационному оборудованию (резолюция А.477(ХII)) согласно используемым режимам.

1.3 В дополнение к общим требованиям, содержащимся в резолюции А.694(17), САРП должны отвечать следующим минимальным эксплуатационным требованиям.

### **2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

Определения терминов, используемых в настоящих эксплуатационных требованиях, приводятся в добавлении 1.

### **3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ**

#### **3.1 Обнаружение**

Если обнаружение целей, помимо судоводителя, работающего с радиолокатором, производится отдельным устройством, то оно должно иметь эксплуатационные характеристики не хуже тех, которые могут быть получены при использовании дисплея радиолокатора.

#### **3.2 Захват**

3.2.1 Захват цели может быть ручным или автоматическим при относитель-



ных скоростях до 100 узлов. Однако в любом случае должна быть предусмотрена возможность ручного захвата и сброса цели: в САРП с автоматическим захватом должна быть предусмотрена возможность запрета захвата в определенных секторах. На любой шкале дальности, на которой захват в определенных секторах запрещен, сектор захвата должен быть определен и указан на дисплее.

3.2.2 Автоматический или ручной захваты должны иметь характеристики не хуже тех, которые могут быть получены пользователем на дисплее радиолокатора.

### 3.3 Сопровождение

3.3.1 САРП должно быть способно автоматически сопровождать, обрабатывать, одновременно отображать и непрерывно обновлять информацию по меньшей мере в отношении 20 целей, независимо от того, осуществляется захват автоматически или вручную.

3.3.2 Если предусмотрен автоматический захват, пользователю САРП должно быть предоставлено описание критериев выбора целей для сопровождения. Если САРП сопровождает не все цели, наблюдаемые на дисплее, то сопровождаемые цели должны быть четко обозначены на дисплее соответствующим символом\*. Надежность сопровождения должна быть не хуже той, которая может быть получена при регистрации последовательных положений цели на дисплее радиолокатора вручную.

3.3.3 САРП должно продолжать сопровождение захваченной цели, четко различимой на дисплее, в течение 5 из 10 последовательных оборотов антенны, при условии что при этом не допускается переброса сопровождения.

3.3.4 Конструкция САРП должна быть такой, чтобы вероятность погрешностей сопровождения, включая переброс сопровождения, была сведена к минимуму. Пользователю САРП должно быть предоставлено качественное описание влияния источников погрешностей на автоматическое сопровождение и соответствующих погрешностей, включая влияние малых отношений сигнал/шум и сигнал/помехи, вызванных засветкой от моря, дождем, снегом, низкой облачностью и несинхронными излучениями.

3.3.5 САРП, по требованию, должно быть способно отображать на дисплее соответствующими символами" по меньшей мере четыре равноразнесенных во времени предыдущих положения любой сопровождаемой цели за период, соответствующий используемой шкале дальности. Должна быть указана временная шкала прокладки предыдущих положений цели. Наставление по эксплуатации должно содержать объяснение того, что представляют собой предыдущие положения цели.

#### 3.4 Дисплей

3.4.1 Дисплей может быть автономным или входить в состав судового радиолокатора. Однако дисплей САРП должен включать все данные, которые должны обеспечиваться дисплеем радиолокатора в соответствии с эксплуатационными требованиями к навигационному радиолокационному оборудованию.

3.4.2 Конструкция должна быть такой, чтобы любая неисправность компонентов САРП, вырабатывающих данные в дополнение к информации, обеспечиваемой радиолокатором в соответствии с эксплуатационными требованиями к навигационному оборудованию, не нарушала целостности радиолокационного изображения.

3.4.3 Должно быть возможным осуществлять автоматическую радиолокационную прокладку по меньшей мере на шкалах дальности 3, 6 и 12 морских миль; должно быть отчетливо указано, какая шкала дальности используется.

3.4.4 Автоматическая радиолокационная прокладка может также обеспечиваться на других шкалах дальности, допускаемых резолюцией A.477(XII), и в таком случае она должна отвечать настоящим требованиям.

3.4.5 САРП должно быть способно работать в режиме относительного движения при ориентации изображения "Север" и "Курс" со стабилизацией по азимуту. Кроме того, в САРП может также предусматриваться режим истинного движения. В этом случае оператор должен иметь возможность выбрать для отображения режим истинного или относительного движения. Должно быть отчетливо указано, какой режим отображения и ориентации используется.

3.4.6 Вырабатываемая САРП информация о курсе и скорости захваченных

целей должна быть представлена в векторной или графической форме, четко указывающей соответствующими символами\* предвычисленное движение цели. В этом отношении:

.1 САРП, отображающее предвычисленную информацию только в векторной форме, должно допускать возможность выбора как истинного, так и относительного векторов. Должна быть индикация о выбранном режиме векторов, и, если выбран режим истинного вектора, на дисплее должно также быть указано, какая используется стабилизация - относительно воды или грунта;

.2 САРП, способное отображать информацию о курсе и скорости цели в графической форме, должно также отображать по запросу истинный и/или относительный вектор цели;

.3 длина отображаемых векторов должна регулироваться путем выбора времени предвычисления;

.4 должна быть отчетливо указана шкала времени используемого вектора;

.5 если для стабилизации изображения относительно грунта используются неподвижные цели, они должны быть обозначены соответствующим символом\*. В этом режиме относительные векторы, включая векторы целей, используемых для стабилизации относительно грунта, должны отображаться по запросу.

3.4.7 Информация САРП не должна затенять радиолокационное изображение цели. Отображение данных САРП должно находиться под контролем наблюдателя. Должна быть предусмотрена возможность сброса ненужной информации САРП в течение 3 с.

3.4.8 Должны быть предусмотрены средства, обеспечивающие независимую регулировку яркости отображения данных САРП и радиолокационных данных вплоть до полного исчезновения изображения данных САРП.

3.4.9 Метод представления данных САРП должен быть таким, чтобы в условиях освещения, обычно имеющих место на мостике судна днем и ночью, они могли быть видны в целом более чем одному наблюдателю. Может быть предусмотрена защита изображения от солнечных лучей с помощью экрана, но так, чтобы он не ухудшал возможности для наблюдателя вести надлежащее наблюдение.

ние. Должны быть предусмотрены средства для регулировки яркости.

3.4.10 Должна быть предусмотрена возможность быстрого получения дальности и пеленга любого объекта, который появляется на дисплее САРП.

3.4.11 Когда цель появляется на дисплее радиолокатора и, в случае автоматического захвата, входит в выбранную наблюдателем зону захвата или, в случае ручного захвата, захвачена наблюдателем, САРП не более чем через 1 мин должно отобразить тенденцию ее перемещения и через 3 мин - предвычисленный вектор перемещения цели в соответствии с пунктами 3.4.6, 3.6, 3.8.2 и 3.8.3.

3.4.12 После переключения шкал дальности, на которых работает САРП, или после изменения режима отображения вся информация по прокладке должна визуально отображаться в течение периода времени, не превышающего 1 оборота антенны.

### 3.5 Эксплуатационные предупреждения

3.5.1 САРП должно быть способно предупреждать наблюдателя с помощью светового и звукового сигналов о любой различимой цели, которая сближается на определенное расстояние или пересекает зону, выбранную наблюдателем. Цель, в связи с которой дано предупреждение, должна быть четко указана на дисплее соответствующими символами\*.

3.5.2 САРП должно быть способно предупреждать наблюдателя с помощью светового и звукового сигналов о любой сопровождаемой цели, которая согласно предвычислениям должна сблизиться на минимальное расстояние в течение минимального периода времени, избираемые наблюдателем. Цель, в связи с которой дано предупреждение, должна быть четко указана на дисплее соответствующими символами\*.

3.5.3 САРП должно четко указывать о сбросе цели с сопровождения, кроме случая, когда цель выходит за шкалу дальности, при этом последнее сопровождаемое положение цели должно быть четко указано на дисплее.

3.5.4 Наблюдатель должен иметь возможность включать или выключать звуковой предупредительный сигнал.

## 3.6 Требования к информации

3.6.1 Наблюдатель должен иметь возможность выбирать любую сопровождаемую цель для получения информации. Выбранные цели должны быть отмечены соответствующим символом\* на дисплее радиолокатора. Если требуется информация более чем по одной цели одновременно, каждый символ должен быть помечен отдельно, например у каждого символа ставится номер.\*

3.6.2 Следующая информация для каждой отобранной цели должна быть четко и недвусмысленно идентифицирована, а также немедленно и одновременно отображена в буквенно-цифровой форме за пределами рабочего диаметра дисплея:

- .1 текущая дальность цели;
- .2 текущий пеленг цели;
- .3 предвычисленная дистанция кратчайшего сближения ( $D_{кр}$ );
- .4 предвычисленное время кратчайшего сближения ( $T_{кр}$ );
- .5 вычисленный истинный курс цели; и
- .6 вычисленная истинная скорость цели.

3.6.3 Отображение информации, указанной в пунктах 3.6.2.5 и 3.6.2.6, должно включать также указание на то, на основе какой стабилизации представлена информация - относительно воды или грунта.

3.6.4 Если отображается информация о нескольких целях, одновременно для каждой выбранной цели должно отображаться не менее двух элементов информации из перечисленных в 3.6.2. Если элементы информации отображаются парами для каждой цели, они должны группироваться следующим образом:

- элементы 3.6.2.1 и 3.6.2.2;
- элементы 3.6.2.3 и 3.6.2.4;
- элементы 3.6.2.5 и 3.6.2.6.

## 3.7 Имитация маневра

3.7.1 САРП должно быть способно имитировать маневр своего судна на расхождение со всеми сопровождаемыми целями с упреждением по времени относительно момента имитации или без него. При этом сопровождение целей и

отображение буквенно-цифровой информации по ним не должны прерываться. Имитация должна быть указана на дисплее соответствующим символом.

3.7.2 В наставлении по эксплуатации должно содержаться объяснение принципов, лежащих в основе техники имитации маневра, включая, если это предусмотрено, имитацию маневренных характеристик своего судна.

3.7.3 Должна быть предусмотрена возможность в любое время прервать имитацию маневра.

### 3.8 Точность

3.8.1 САРП должно обеспечивать точность не ниже той, которая указана в пунктах 3.8.2 и 3.8.3 для четырех ситуаций, описанных в дополнении 2. С учетом погрешностей датчиков информации, указанных в дополнении 3, приведенные значения соответствуют наилучшим возможным результатам, получаемым при ведении ручной прокладки в условиях бортовой качки  $\pm 10^\circ$ .

3.8.2 САРП должно через 1 мин устойчивого сопровождения отображать тенденцию относительного перемещения цели со следующей точностью (с вероятностью 95%).

Данные Ситуация	Относительный курс (градусы)	Относительная скорость (узлы)	$D_{кр}$ (морские мили)
1	11	2,8	1,6
2	7	0,6	-
3	14	2,2	1,8
4	15	1,5	2,0

Примечание 1.

В ситуации устойчивого сопровождения свое судно и цель следуют прямым курсом с постоянной скоростью.

Примечание 2.

Вероятность значений такая же, как уровень достоверности.

3.8.3 САРП должно через 3 мин устойчивого сопровождения отображать

перемещение цели со следующей точностью (с вероятностью 95%).

Данные Ситуация	Относительный курс (градусы)	Относительная скорость (узлы)	$D_{кр}$ (морские мили)	$T_{кр}$ (минуты)	Истинный курс (градусы)	Истинная скорость (узлы)
1	3,0	0,8	0,5	1,0	7,4	1,2
2	2,3	0,3	-	-	2,8	0,8
3	4,4	0,9	0,7	1,0	3,3	1,0
4	4,6	0,8	0,7	1,0	2,6	1,2

3.8.4 После того как сопровождаемая цель или свое судно завершат маневр, система должна через промежуток времени не более 1 мин отобразить тенденцию перемещения цели и через 3 мин отобразить экстраполированное перемещение цели в соответствии с пунктами 3.4.6, 3.6, 3.8.2 и 3.8.3. В данном контексте "маневр своего судна" должен заключаться в отклонении от курса на  $\pm 45^\circ$  в 1 мин.

3.8.5 САРП должно быть спроектировано таким образом, чтобы для ситуаций, описанных в дополнении 2, при наиболее благоприятных условиях перемещения своего судна, погрешность, вносимая САРП, была незначительной по сравнению с погрешностями, связанными с датчиками входной информации.

### 3.9 Сопряжение с другим оборудованием

3.9.1 САРП не должно ухудшать работу любых датчиков входной информации, а сопряжение САРП с любым другим оборудованием не должно ухудшать работу этого оборудования. Настоящее требование должно выполняться независимо от того, функционирует САРП или нет. Кроме того, САРП должно быть спроектировано таким образом, чтобы отвечать настоящим требованиям, насколько это практически возможно, при возникновении в нем какой-либо неисправности.

3.9.2 САРП должно обеспечивать индикацию при отсутствии входных данных от любого внешнего датчика. САРП должно также повторять любое сообщение об аварии или качестве входных данных от своих внешних источников, кото-

рые могут отрицательно повлиять на работу САРП.

### 3.10 Рабочие проверки и предупреждения

В САРП должны быть предусмотрены подходящие средства предупреждения о неправильной работе, позволяющие наблюдателю контролировать надлежащую работу системы. Кроме того, должны иметься программы проведения проверок, с тем чтобы периодически оценивать общую работу САРП, сравнивая выдаваемые им результаты с известным решением. При выполнении программы проверок на дисплее должны отображаться соответствующие символы проверки .

### 3.11 Стабилизация относительно воды и грунта

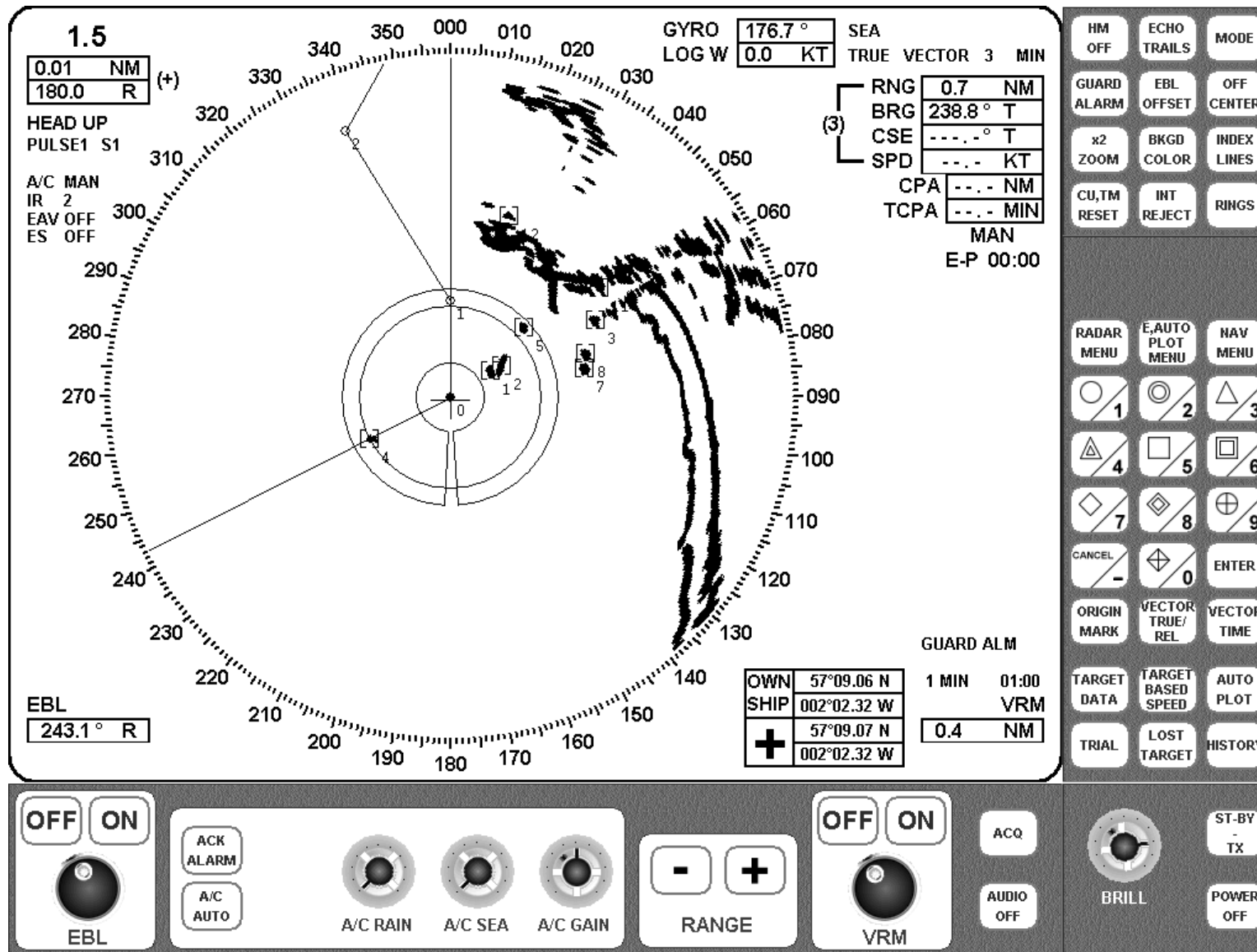
3.11.1 САРП должно быть способно осуществлять стабилизацию относительно воды и грунта.

3.11.2 Указатели скорости и пройденного расстояния, обеспечивающие для САРП входные данные, должны быть способны обеспечивать определение скорости судна относительно воды при движении передним и задним ходом.

3.11.3 Ввод информации, обеспечивающей стабилизацию относительно грунта, может обеспечиваться от лага, от электронной системы определения местоположения, если точность измерения скорости соответствует требованиям резолюции A.824(19), или от сопровождаемых стационарных целей.

3.11.4 Тип ввода и вид используемой стабилизации должны отображаться на дисплее.





Функциональная зона

Информационная зона

Контрольная зона  
Управление САРП

Зона управления  
Контроль помех

рис.7 Вид экрана РЛС Фуруно