

УДК 621.396.96

С.М. Галаган, А.И. Вовк, В.С. Попова

Одесская национальная морская академия, факультет Военно-Морских сил Одесса

ОБНАРУЖЕНИЕ И СЕЛЕКЦИЯ МОРСКИХ ЦЕЛЕЙ РЛС ВОЕННО-МОРСКИХ СИЛ КОРАБЕЛЬНОГО И НАЗЕМНОГО БАЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ РАЗЛОЖЕНИЙ

Излагаются вопросы обнаружения и селекции морских целей. Рассматриваются характеристики современных РЛС военно-морских сил, предназначенных для обеспечения кораблевождения, обнаружения надводных объектов и обзора определенной акватории. Показываются особенности структуры радиолокационных изображений таких РЛС и возможности расширения алфавита классов и словаря признаков систем обнаружения и селекции. Формулируется научная задача по разработке методов обнаружения и селекции малозаметных морских целей при длительном наблюдении за ними радиолокационными станциями военно-морских сил на основе спектральных портретов.

Ключевые слова: корабельные РЛС обеспечения кораблевождения, обнаружения надводных объектов; наземные РЛС обзора определенной акватории; структуры радиолокационных изображений и принятых сигналов; малозаметная морская цель; спектральное разложение; спектральный портрет; длительное наблюдение.

Постановка проблемы и анализ литературы

Радиолокационные станции (РЛС) военно-морских сил (ВМС) включают: корабельные, наземные и самолетные образцы. Основными задачами корабельных РЛС являются:

- обеспечение кораблевождения;
- обнаружение и определение координат надводных объектов и низколетящих летательных аппаратов;
- обнаружение и определение координат высоколетящих самолетов;
- управление зенитными управляемыми ракетами и зенитной артиллерией;
- обнаружение и определение координат баллистических ракет.

Наземные РЛС ВМС выполняют функции, аналогичные функциям РЛС других видов Вооруженных Сил (ВС), включая обзор определенной акватории [1].

В данной статье рассматриваются вопросы, применимые к корабельным РЛС обеспечения кораблевождения (радиоэлектронным средствам (РЭС) морской радионавигации), обнаружения надводных объектов и наземным РЛС обзора определенной акватории; самолетные станции не затрагиваются. Под морскими целями понимаются всевозможные корабли, катера, несамоходные баржи, байдарки, плоты, надувные лодки, а также любые другие инженерные сооружения, имеющие водонепроницаемый корпус и могущие находиться или перемещаться с определённой задачей по воде. Малозаметная мор-

ская цель – морская цель, вероятности обнаружения и селекции которой известными методами являются низкими вследствие малых размеров самой цели, небольшой скорости ее перемещения, значительной удаленности от станции зондирования, а также та, обнаружению и селекции которой мешают погодные условия (большие волнения морской поверхности, помехи дождя, снега и тд.). Спектр принятых сигналов от таких целей в частотном и энергетическом смысле лежит в области отражений морской поверхности, окружающих объектов.

В данной статье рассматриваются задачи радиолокационного обнаружения и селекции целей; под селекцией понимается выделение морских целей в пространстве на фоне ложных целей, искусственных или естественных помех [2]. Примеры: оценка момента перехода цели из одного состояния в другое, селекция истинной цели в группе ложных, селекция движущихся целей и другое. Известно, что обнаружение и селекция малозаметных морских целей представляют собой не простую задачу. При обнаружении и селекции объектов задействуются различные признаки, которые можно разделить на несколько групп. Среди них исходными являются так называемые признаки первичные, которые используют в радиолокации в основном при решении задачи идентификации объектов зондирования известного типа путем сравнения с эталонами. Они включают в себя структуры отраженных сигналов: спектральную (в силу эффекта Доплера), временную (как следствие отражения излученного импульса при его распространении в пространстве от элементов объекта), пространственную (здесь – модуляция це-

люю сигнала РЛС при обзоре пространства), поляризационную (имеется в виду зависимость принятых сигналов от вида поляризации). Структура отраженного сигнала определяется структурой цели. Для выделения структур отраженных сигналов возможно осуществить их спектральное разложение, используя систему ортонормированных базисных функций, исходя из фундаментального понятия обобщенного ряда Фурье. При этом может быть задействована та или иная система функций, например: гармонических, состоящих из экспонент с мнимыми показателями, Уолша, Котельникова, на основе каково-нибудь порождающего вейвлета, например, Хаара. Можно получить преобразование Фурье данного сигнала, в том числе быстрое, вейвлет-преобразование, ядром которого является вторая производная гауссова импульса [3-5]. Разложение отраженных сигналов графически показывается на плоскости или в пространстве, где некоторым образом изображаются коэффициенты, полученные в результате разложения. Получается своего рода спектральный портрет цели. Значения коэффициентов определяются отраженным сигналом и выбранной системой функций. Появляется возможность характеризовать отраженные сигналы системой коэффициентов вместо того чтобы изучать исходную функциональную зависимость, информация в которой имеет «скрытый» характер. Так, например, амплитудная диаграмма отраженного сигнала позволяет судить о процентном содержании тех или иных гармоник в спектре анализируемого сигнала. А это позволяет как обнаружить цель по превышению амплитудой основной гармоники выбранного порога, например, в 6 дБ, так и измерить ее скорость или даже распознать, в силу того, что частота основной гармоники есть частота Доплера, соответствующая ее радиальному перемещению, а амплитуда гармоники определяется энергией отраженного сигнала и зависит от размеров цели и ее составных частей. Наличие других составляющих исходный сигнал вспомогательных гармоник объясняется тем же эффектом Доплера и является причиной относительного движения элементов цели и тоже несет информацию о ней.

В статье предлагается сформулировать актуальную научную задачу разработки методов обнаружения и селекции малозаметных морских целей. Метод обнаружения и селекции радиолокационной цели образуют: сам принцип получения радиолокационных сигналов, выбранная система базисных функций для разложения отраженного сигнала, правило выбора порогов обнаружения (могут быть адаптивными), правило принятия решения об обнаружении и селекции. Метод обнаружения и селекции в свою очередь определит аппаратную и программ-

ную компоненты приемника РЛС, что можно тоже рассматривать составляющими метода. Традиционно в зависимости от принципа получения радиолокационных сигналов различают в основном три метода радиолокационного обнаружения: метод отраженного сигнала, метод активного ответа и метод пассивной радиолокации. В данном случае под методами следует понимать только разновидности метода отраженного сигнала, случаи активного ответа и пассивной радиолокации не рассматриваются.

Выбор той или иной системы базисных функций целиком зависит от характера поставленной задачи и от вида анализируемого сигнала. Так, тригонометрические системы базисных функций вполне адекватны задачам исследования сигналов, близким по характеру некоторым периодическим колебаниям; а система базисных функций Хаара позволяет исследовать локализацию во времени различных компонент сигнала. Это особенно полезно при длительном наблюдении за малозаметными целями, так как потенциально появляется возможность выделить то, что проявляется в динамике, во времени и при нестационарности реальных принимаемых сигналов [6]. Как пример можно привести часто встречающийся на практике случай появления отметки от цели на экране индикатора не во все периоды обзора окружающего пространства, а скажем три раза из пяти периодов, что может быть следствием больших волнений морской поверхности. Да и сама спектральная, временная, пространственная, поляризационная структуры отраженных сигналов при длительном наблюдении за целью потенциально более информативны, чем в случае малого времени контакта локационного сигнала с объектом зондирования. Так, например, при поступлении от объекта информации на протяжении одной секунды разрешение по частоте, точность ее определения составит один герц, а при десятой доли секунды – только десять герц; при этом в первом случае существует возможность выделения низкочастотных составляющих спектра отраженного сигнала и анализа его тонкой структуры, а во втором нет. Длительное наблюдение более полно «проявляет» особенности объекта зондирования, которые на длинных трассах цели выделяются. Это позволяет повысить вероятность обнаружения и селекции малозаметных целей при правильном выборе системы ортонормированных базисных функций.

Цель статьи: сформулировать актуальную научную задачу разработки методов обнаружения и селекции малозаметных морских целей при длительном наблюдении за ними определенными корабельными и наземными РЛС ВМС на основе спектральных портретов.

Корабельные РЛС обеспечения кораблевождения, обнаружения надводных объектов

Характеристики и возможности радиолокационных станций, для которых планируется разработка методов обнаружения и селекции, рассмотрим на примере РЛС обеспечения кораблевождения (РЭС морской радионавигации).

Такие корабельные РЛС предназначены для наблюдения за обстановкой, обнаружения окружающих корабль целей, обеспечения безопасности плавания в условиях ограниченной видимости и для определения места судна по навигационным ориентирам. Кроме этого, РЛС могут применяться в целях навигации в стесненных условиях, предупреждения столкновений судов и обнаружения опасных метеорологических явлений (снега, тайфунов, ураганов, шквалов и т.п.).

РЛС состоят из трех основных приборов: антенны, приемопередатчика и индикатора. Передат-

чик РЛС генерирует высокочастотные электромагнитные колебания, которые излучаются антенной в виде узкого луча. Отразившиеся от объектов эхосигналы принимаются той же антенной, поступают в приемник, усиливаются, после чего поступают на индикатор. В цепи антенны имеется переключатель, запирающий приемный канал на время посылки импульсов.

Характеристики и возможности РЛС с точки зрения их способности обнаруживать отдельно два объекта, находящихся близко друг от друга (в том числе при помощи индикатора) сведены в табл. 1.

Разрешающая способность станции в данном случае имеет принципиальное значение, так как физически определяет возможности по обнаружению и селекции целей. Ведь правильный выбор системы ортонормированных базисных функций не способен «проявить» особенности объекта зондирования там, где это физически не возможно. И в тоже время может быть полезен для станций среднего и высокого разрешений.

Таблица 1

Возможности РЛС по обнаружению и селекции целей

№	Характеристики и возможности РЛС	Значения параметров
1	Мощность в импульсе	1,5-6 кВт
2	Диапазон длин волн	работают, в основном, на волне примерно 3,2 см (9375 МГц); реже используется длина волны 10 см (3000 МГц) или 8 мм (37 500 МГц)
3	Ширина диаграммы направленности антенны (ДНА) в вертикальной плоскости	имеют значительную ширину (15-30°), что определяется, главным образом, необходимостью устойчивой работы РЛС в условиях качки, но одновременно уменьшает величину мертвой зоны
4	Ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости (разрешающая способность по направлению)	обычно доли градуса или единицы градусов
5	Разрешающая способность по дальности	зависит от длительности импульса и размера пятна засветки на экране индикатора; на шкалах крупного масштаба находится в пределах 10-30 м
6	Разрешающая способность по скорости	может составлять 0,57 - 1 м/с
7	Максимально измеряемые скорости цели	исходят из скорости движения морских судов, как правило, до 50 узлов, определяются частотами передачи зондирующих импульсов
8	Режим сканирования пространства	равномерное вращение с частотой 15-50 оборотов в минуту в горизонтальной плоскости
9	Количество шкал дальности	как правило, до 17 шкал дальности в пределах от 0,1 до 64 миль, экраны размером по диагонали 6-10 дюймов
10	Минимальная дальность действия	десятки, сотни метров
11	Максимальная дальность действия	десятки миль

Антенна РЛС равномерно вращается, облучая окружающее пространство. Синхронно с антенной на экране индикатора вращается направление радиуса развертки электронного луча, поэтому в любой момент оно совпадает с направлением излучения и приема антенны. В результате на экране последовательно высвечиваются окружающие объекты и их части, а вследствие послесвечения экрана на нем образуется радиолокационное изображение. Ис-

пользуемые индикаторы кругового обзора в основном телевизионного типа. Масштаб радиолокационного изображения отдельных участков может быть увеличен для детального изучения, например для опознавания береговой линии и навигационных ориентиров. Четкость этого изображения зависит от характеристик и настройки РЛС, расстояний до объектов и их отражающей способности, наличия помех и других факторов.

Изображение окружающей надводной обстановки на индикаторах РЛС может иметь различный вид (в относительном движении и в истинном движении) и различную ориентацию.

В РЛС применяются радиоволны сантиметрового диапазона, которые распространяются и отражаются с несколько большим коэффициентом рефракции по сравнению со световыми волнами и поэтому проникают дальше за видимый горизонт.

Дальность обнаружения в морских милях отдельных объектов с помощью РЛС можно рассчитать по формуле:

$D = 2,4(\sqrt{h} + \sqrt{H})$, где h - высота антенны РЛС в метрах, H - высота объекта в метрах.

В большинстве случаев дальность обнаружения объектов отличается от дальности, рассчитанной по этой формуле. Дальность обнаружения конкретного объекта зависит от размеров, формы, положения объекта и структуры его отражающей поверхности, а также от условий прохождения радиоволн и чувствительности радиолокационного приемника.

В качестве примера приведем современную станцию Icom MR-1000 R [7], обладающую такими разрешениями: по частоте Доплера (для точечных целей 36 Гц, 54 Гц, 72 Гц – в зависимости от скорости вращения антенны); дальности (12 м; 37,5 м;

52,5 м; 135 м – в зависимости от длительности импульса); азимуту (до 4°). РЛС позволяет с достаточной точностью фиксировать соответственно спектральные, временные, пространственные структуры отраженных сигналов и радиолокационных изображений объектов зондирования. Радиальная скорость цели соответственно определяется с точностью: 0,57 м/с, 0,86 м/с, 1,15 м/с. Максимально измеряемые частоты Доплера и отвечающие им скорости цели в узлах определяются частотами передачи зондирующих импульсов и составляют: 1440 Гц (45 узлов), 1080 Гц (33 узла), 360 Гц (11 узлов).

Радар Icom MR-1000 T/R используется на кораблях ВМС ВС Украины. Icom Incorporated один из мировых лидеров в разработке радиолокационного и профессионального оборудования связи сухопутного, морского и авиационного диапазонов, достигнув высочайшей надежности и качества японского производства.

Комплекс каждого радара состоит из мощного излучающего блока (рис. 1, а) и дисплея (рис.1, б), соединенных специальным кабелем. Два варианта излучающих антенн обеспечивают максимальную дальность действия 36 (MR-1000 R) или 48 (MR-1000 T) морских миль (большая дальность в 36 или 48 миль обеспечивает наблюдение высокого берега).



а
Максимальная дальность по индикатору выставлена 8 миль, интервалы между кольцами дальности 2 мили

Отметки от целей: радиолокационное изображение целей

Радиолокационное изображение береговой линии

б

Рис. 1. Комплект радара Icom MR-1000 R: излучающая антенна (а), индикатор кругового обзора (дисплей) – (б)

Радар Icom MR-1000 R имеет следующие возможности. Контрастный ЖК-дисплей (LCD MR-1000) с восемью градациями зеленого цвета и диагональю 10 дюймов (640x480 точек). Размеры дисплея (без подставки) 186x203x103 мм. Единицы представления расстояний: навигационная миля

(NM), километр. Излучающая антенна обеспечивают максимальную зону наблюдения 36 морских миль. Шкалы дальности дисплея (морские мили) – 1/8; 1/4; 1/2; 3/4; 1; 1,5; 2; 3; 4; 6; 8; 12; 16; 24; 32; 36. Интервалы между кольцами дальности (морские мили) для разных шкал разные, например, для шка-

лы 1/4 – 0,05; 2 – 0,5; 3 – 0,5; 6 – 1; 8 – 2 (как на рис. 1). Несколько вариантов языков отображения. Возможность подключения внешнего компаса или GPS-приемника. При подключении к GPS и/или компасу доступно несколько режимов: Истинное Движение (true motion), На Север (North-up), По курсу (Course-up) и По направлению (Heading-up). Вычисляется также скорость судна или другого объекта, позиция (широта и долгота) и курс. Функция автоплоттера (EPA) обеспечивает построение и прогнозирование траекторий движения до 10 объектов. Имеется два электронных пеленга (Electronic Bearing Lines) и два маркера дальности (Variable Range Markers), позволяющие следить за двумя целями одновременно. В дежурном режиме для экономии энергии возможна остановка сканирования. Автоматическая подстройка и автоматическое усиление сигнала; режимы защиты от помех дождя, морских волн и работающих вблизи радаров. Режим переключения на «малые объекты». Режим слежения за перемещением других судов. Сигнальное предупреждение о входе (выходе) объекта, другого судна из (в) зоны наблюдения. Комплект радара поставки включает: излучающую антенну, дисплей, 10-30 м соединительного кабеля, ответную часть разъема для подключения внешних устройств и крепежный комплект, рис. 1.

Тип и характер радара Icom MR-1000 R – РЭС морской радионавигации, GRN. Назначение – для обеспечения безопасности мореплавания. Зона наблюдения (обнаружения), морская миля – от 0.125 до 36. Мощность излучения импульсная, кВт – 4. Рабочие частоты (номиналы или формула их получения), МГц – 9410 +/- 30. Длительность импульса/частота передачи зондирующих импульсов – 80 нс при 2880 Гц, 80 нс при 2160 Гц, 250 нс при 2160 Гц, 350 нс при 2160 Гц, 900 нс при 720 Гц. Скорость вращения антенны, об/мин – 24, 36 или 48. Тип перестройки частоты – фиксированные частоты. Тип выходного прибора – магнетрон. Относительный уровень побочных излучений на гармониках (до 3fr), дБ – 50. Относительный уровень побочных излучений на гармониках (выше 3fr), дБ – 60. Относительная нестабильность частоты – 3E-6. Класс излучения – излучение последовательности немодулированных импульсов 7M00P0N. Тип приемника – супергетеродинный. Избирательность приемника по соседнему каналу, интермодуляционная и по другим побочным каналам приема, дБ – 70; по зеркальному каналу, дБ – 60. Чувствительность реальная, мкВ – 0,11. Промежуточная частота, МГц – 60. Тип антенны – щелевая. Назначение антенны – приемопередающая. Габаритные размеры антенны, мм – 607(d)x243(h). Коэффициент усиления антенны, дБ – 28. Ширина ДНА на уровне -3 дБ в горизонтальной плоскости,

(град.) – 4. Ширина ДНА на уровне -3 дБ в вертикальной плоскости, (град.) – 22. Тип фидера – волноводная линия. Волновое сопротивление, Ом – 50. Тип и характеристики поляризации – горизонтальная.

Структуры радиолокационных изображений, полученные радаром Icom MR-1000 R

Структура радиолокационного изображения отвечает структуре отраженных сигналов и структуре зондируемых целей, при этом позволяет наглядно показать задачи обнаружения и селекции целей, представляющие научный интерес. Для этого с помощью РЛС Icom MR-1000 R, размещенной на корабле ВМС, проводилось практическое зондирование различных объектов в районе одесского залива. В результате было получено достаточное количество радиолокационных изображений, пример которых представлен на рис. 2 – 4. На рис. 2 показана ситуация зондирования приближающегося маломерного судна (рис. 2, д), находящегося на расстоянии 0,23 мили и перемещающегося параллельным курсом из положения с курсовым углом 293°, рис. 2, а в положение с курсовым углом 285°, рис. 2, г. На рис. 2 максимальная дальность по индикатору выставлена 1/4 мили, интервалы между кольцами дальности 0,05 миль. В этом диапазоне расстояний разрешение станции по дальности составляет 12 м.

Спектральная структура изображения цели определяется физическим перемещением самой цели и отдельных ее частей и выражается движением отметки от цели на индикаторе кругового обзора. Динамика этого процесса на рисунке не видна, а радиолокационные изображения цели в начальной и конечной точках показаны на рис. 2, б, в. Такая цель является малозаметной, так как из десяти круговых обзоров пространства была обнаружена три раза. Причина – малый размер цели (около 20 м), волнение морской поверхности, низкая радиальная составляющая скорости ее перемещения (курсовой угол близок к 270°).

Необходимо отметить, что четкость и яркость изображения отметки от цели менялись от обзора к обзору, что видно при сравнении рис. 2, б и рис. 2, в; и при некоторых обзорах цель можно было принять за помеху. Повышение вероятности обнаружения и селекции подобных объектов является задачей актуальной, особенно в условиях применения противником маломерных плавающих средств с целью доставки, например, диверсионных групп или морских боевых пловцов в определенный район. В этом случае может быть полезно длительное наблюдение за объектом, а для выделения структур отраженных сигналов использование какой-то системы ортонормированных базисных функций.

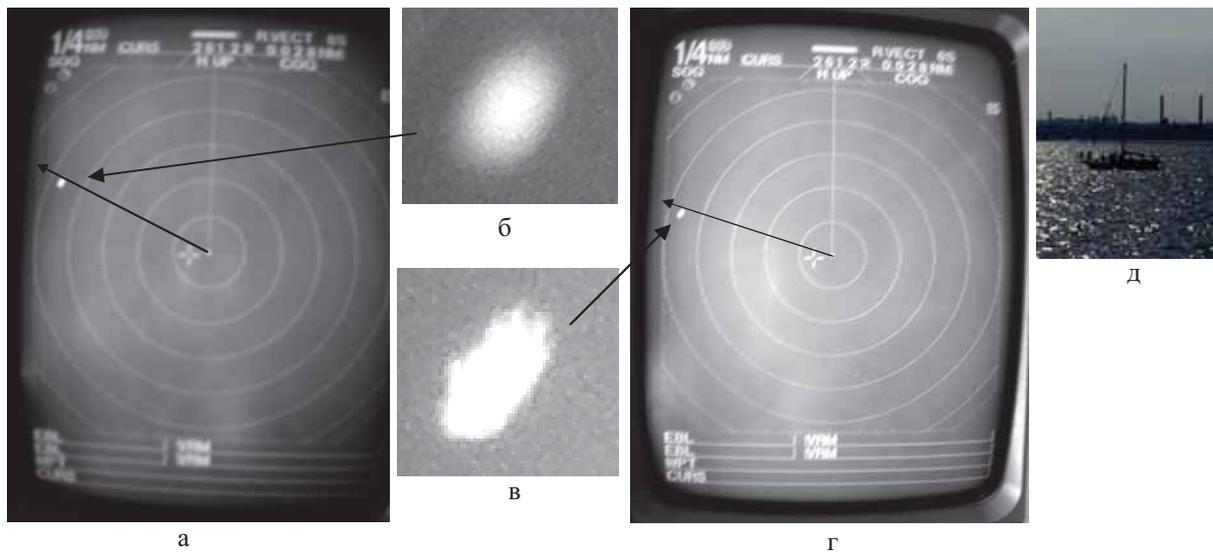


Рис. 2. Индикатор кругового обзора с радиолокационными изображениями (а, г) малозаметной цели (д); (б, в) – увеличенные радиолокационные изображения цели при различных ее положениях в процессе движения

На рис. 3 приводится пример зондирования транспортного судна, находящегося на расстоянии 1,5 миль. Максимальная дальность по индикатору выставлена 2 мили, интервалы между кольцами дальности 0,5 миль. Цель не являлась малозаметной и обнаруживалась при всех обзорах пространства, пока находилась на таком удалении. Пространственная структура радиолокационного изображения судна изображена на рис. 3, б, она получается в результате равномерного перемещения диаграммы направленности антенны из положения 1 в положение 2 (рис. 3, б) и есть модуляция целью сигнала при сканировании пространства. На рис. 3, б показан элемент радиолокационного изображения со-

ответствующий отражениям волн от носовой части судна, выделенной черным квадратом на рис. 3, в. Остальные элементы транспортного судна на радиолокационном изображении не детализируются, однако достаточное разрешение станции по азимуту (до 4°) позволяет это сделать, если проанализировать изменение амплитуды принятого сигнала при перемещении диаграммы направленности антенны из положения 1 в положение 2. При этом также возможно выделить на фоне транспортного судна маломерное судно, если оно будет находиться рядом. Здесь при анализе может быть полезна та или иная система ортонормированных базисных функций.

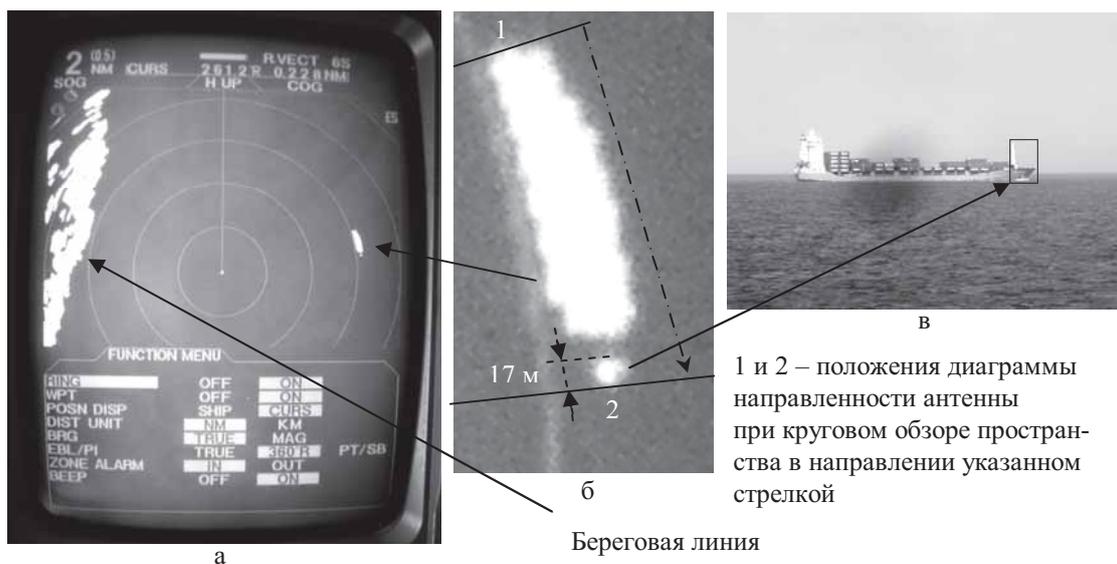


Рис. 3. Индикатор кругового обзора с радиолокационным изображением цели на фоне морской поверхности (а); в – цель (транспортное судно длиной 180 м); б – пространственная структура радиолокационного изображения судна

На рис. 4 показаны радиолокационные изображения различных объектов на фоне берега и морской поверхности. Максимальная дальность по индикатору выставлена 3 мили, интервалы между кольцами дальности 0,5 миль. Данные объекты могут представлять собой как части береговой линии, например пирсы, так и пришвартованные или стоящие маломерные суда, радиолокационное изображение которых «сливается» с береговой линией. В этом случае задача обнаружения переходит в селекцию истинной цели в группе ложных.

Необходимо селективировать малозаметную цель на фоне элементов береговой линии по структурам

радиолокационных изображений, структурам принятых от объектов сигналов. При этом важно, чтобы локационное средство имело достаточные разрешения по скорости (частоте Доплера), дальности, азимуту.

На рис. 4, г, д изображена пространственная структура объектов, полученная как и на рис. 3, б путем сканирования антенны. Объекты находятся на расстояниях соответственно 1,9 и 1,8 мили (здесь и для рис. 4, б, в расстояния указываются с точностью до десятой доли мили). На изображениях показаны элементы объектов длиной 135 м и 90 м, которые выделяются локацией.

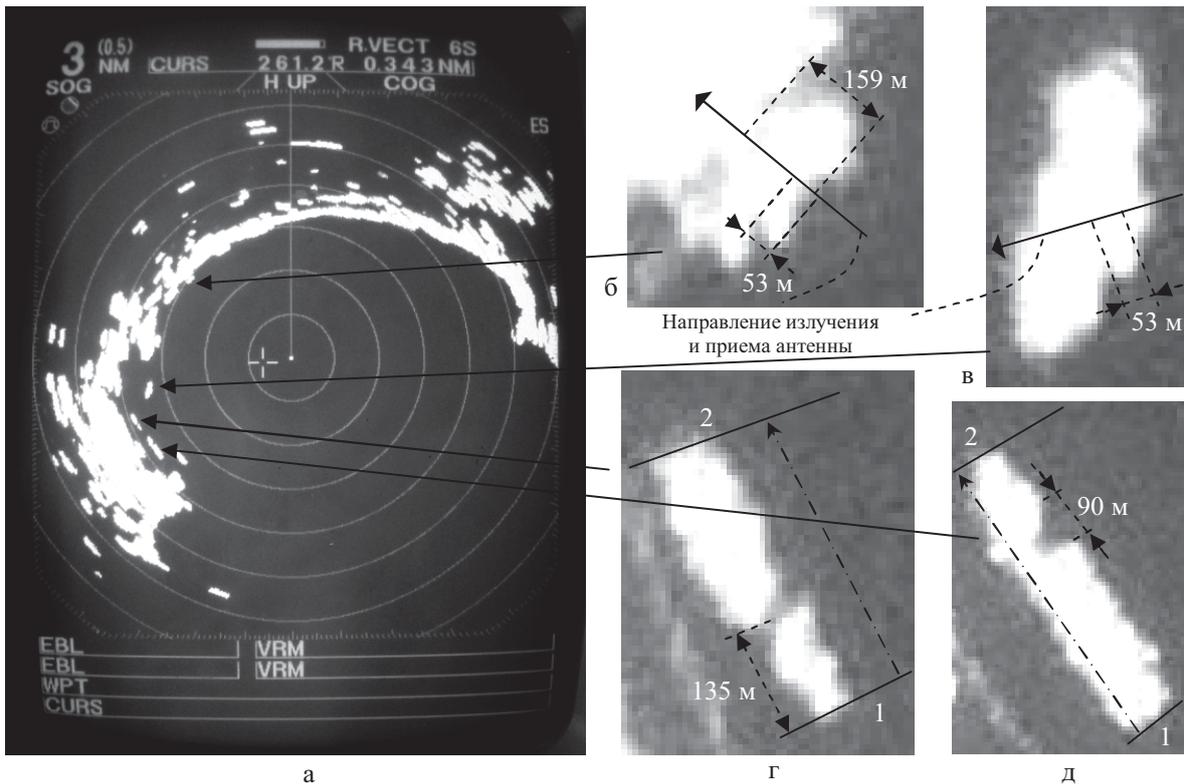


Рис. 4. Индикатор кругового обзора с радиолокационными изображениями различных объектов на фоне береговой линии (а); выделена временная (б, в) и пространственная (г, д) структуры изображений

Временные структуры радиолокационных изображений других объектов представлены на рис.4, б, в; дальности до объектов 1,4 и 1,6 мили соответственно. Временная структура образуется за счет последовательного отражения излученного импульса при его распространении в пространстве от элементов объекта; направления излучения импульса обозначены на рис. 4, б, в стрелками. На рис. 4, б, в также выделены элементы объектов зондирования длиной 53 м (совпадает с разрешением станции по дальности 52,5 м) и 159 м.

Необходимо отметить, что возможности по детализации объектов зондирования, которые продемонстрированы на рис. 4, б-д определяют и возможности селекции неподвижных и движущихся на их

фоне истинных целей. При этом в динамике, длительно наблюдая, возможно выделить малозаметные цели; а тонкий анализ структур сигналов (которые соответствуют продемонстрированным радиолокационным изображениям) на основе определенной системы базисных функций поможет решить эту задачу.

Выводы

В качестве научной задачи предполагается рассмотреть спектральные, временные, пространственные структуры отраженных сигналов от малозаметных морских целей при длительном наблюдении за ними. Показать случаи накопления информации в течении больших интервалов времени. Необходимо изобразить

результаты моделирования структур принятых сигналов и натурального длительного наблюдения за объектами на фоне различных морских волнений. Алфавит типов системы обнаружения и селекции должен содержать различные типы малозаметных морских надводных объектов и их характеры движения.

Требуется разработать методы обнаружения и селекции, применимые для случаев длительного наблюдения малозаметных морских целей. Методы должны быть основаны на математическом обосновании применимости конкретной системы ортонормированной базисных функций к задачам локации малозаметных морских целей и должны базироваться на использовании первичной спектральной, временной, пространственной структур отраженных сигналов и получении на ее основе наглядных представлений (спектральных портретов) и численных показателей, по которым возможны обнаружение и селекция целей. Так, что словарь признаков системы обнаружения и селекции должен содержать несколько основных компонент. Помимо этого наглядные представления, полученные за счет перевода сигнала из временной области, должны обеспечивать особую иллюстрацию исходной структуры, что в некотором смысле является нетипичным решением.

Идея длительного наблюдения за объектами не является новой, но вместе с тем заслуживает внимания и дальнейшего развития. Это наиболее простой и экономичный способ расширения алфавита классов и словаря признаков систем обнаружения и селекции, на что в последнее время нацелены многочисленные исследования. При этом могут задейст-

воваться современные взгляды на спектральный анализ сигналов с применением различных систем базисных функций, полноценно использоваться имеющиеся радиотехнические и вычислительные средства, прикладные математические пакеты.

Список литературы

1. Радиотехнические системы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов и др. – М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.
2. Селекция и распознавание на основе локационной информации / А.Л. Горелик, Ю.Л. Барабаш, О.В. Кривошеев, С.С. Эпштейн. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. пос. / С.И. Баскаков. – М.: Высш. шк., 2000. – 462 с.
4. Шитов А.Б. Разработка численных методов и программ, связанных с применением вейвлет-анализа для моделирования и обработки экспериментальных данных: дисс. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ / Шитов Андрей Борисович. Ивановский государственный университет. – Иваново, 2001. – 125 с.
5. Новиков Л.В. Основы вейвлет-анализа сигналов: Учеб. пособие / Л.В. Новиков. – СПб: ИАП РАН, 1999. – 153 с.
6. Бендат Дж. Прикладной анализ случайных данных / Дж. Бендат, А. Пирсол. Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
7. Технические характеристики радара морской радионавигации Icom MR-1000 T/R [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.icom-russia.ru>.

Поступила в редколлегию 19.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Д.Б. Кучер, факультет Военно-Морских сил Одесской национальной морской академии, Одесса.

ВИЯВЛЕННЯ ТА СЕЛЕКЦІЯ МОРСЬКИХ ЦІЛЕЙ РЛС ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ КОРАБЕЛЬНОГО ТА НАЗЕМНОГО БАЗУВАННЯ НА ОСНОВІ СПЕКТРАЛЬНИХ РОЗКЛАДЕНЬ

С.М. Галаган, О.І. Вовк, В.С. Попова

Викладаються питання виявлення та селекції морських цілей. Розглядаються характеристики сучасних РЛС військово-морських сил, призначених для забезпечення кораблеводіння, виявлення надводних об'єктів та огляду певної акваторії. Демонструються особливості структури радіолокаційних зображень таких РЛС і можливості розширення алфавіту класів і словника ознак систем виявлення та селекції. Формулюється наукова задача по розробці методів виявлення та селекції малопомітних морських цілей при тривалому спостереженні за ними радіолокаційними станціями військово-морських сил на основі спектральних портретів.

Ключові слова: корабельні РЛС забезпечення кораблеводіння, виявлення надводних об'єктів; наземні РЛС огляду певної акваторії; структури радіолокаційних зображень і прийнятих сигналів; малопомітна морська ціль; спектральне розкладення; спектральний портрет; тривале спостереження.

DETECTION AND SELECTION OF MARINE RADAR TARGETS BY RADAR NAVAL FORCES, SHIP-BASED AND GROUND PLATFORMS BASED ON SPECTRAL DECOMPOSITIONS

S.M. Galagan, O.I. Vovk, V.S. Popova

Given the issues of detection and selection of marine radar targets. Discusses the characteristics of modern radars belonging to the naval forces, designed to ensure the navigation, detection of surface targets and review of a particular area. It demonstrates the features of the structure of the radar images of these radars and the possible extension of the alphabet of classes and dictionary of the radar sign of the system of detection and selection. Formulate a scientific problem by developing methods of detection and selection stealth marine radar targets with long observation radars naval forces on the basis of spectral portraits.

Keywords: marine radars designed to ensure the navigation, detection of surface objects; ground radar of the review of a particular area; structure of the radar images and the received signals; stealth marine radar target; spectral decomposition; spectral portrait; long observation.