

УДК 621.396.96

Е.Л. Казаков, А.Е. Казаков

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ О ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЦЕЛИ, ПОЛУЧАЕМОЙ ПО ОТРАЖЕННОМУ НЕКОГЕРЕНТНОМУ МНОГОЧАСТОТНОМУ СИГНАЛУ В СОВМЕЩЕННОМ И ВЫНЕСЕННОМ ПРИЕМНЫХ ПУНКТАХ

Получено выражение для некогерентного портрета радиолокационной цели при проведении обработки многочастотного сигнала в вынесенном приемном пункте. Проведен сопоставительный анализ с аналогичным выражением для некогерентного портрета, получаемого в совмещенном с основной РЛС пункте и показана зависимость данного портрета как от размера цели вдоль линии визирования РЛС, так и от ее размера в направлении, перпендикулярном этой линии.

**Ключевые слова:** некогерентный портрет, многочастотный сигнал, некогерентная обработка, линия визирования РЛС.

### Вступление

**Постановка проблемы.** В современной научно-технической литературе подробно рассматриваются вопросы анализа информации о геометрических характеристиках цели, получаемой при обработке принимаемого некогерентного многочастотного сигнала. Эти вопросы рассмотрены как применительно к однопозиционной РЛС, так и к системе разнесенных на местности РЛС.

Однако, при наблюдении за целями возможно использовать активно-пассивную систему РЛС, состоящую из совмещенной РЛС и вынесенного приемного пункта.

Применительно к такой системе вопросы анализа информации, содержащейся в некогерентном портрете цели, получаемые в вынесенном приемном пункте не рассматривались. Анализ данной информации может представлять несомненный интерес, в частности для решения задачи распознавания целей.

В ряде работ [1 – 3] детально рассмотрена информация, получаемая при некогерентной обработке отраженного многочастотного сигнала, принимаемого совмещенной РЛС.

В работе [2] подробно рассмотрены методы обработки этого сигнала для определения геометрических характеристик цели в однопозиционной РЛС. Работа [4] посвящена анализу информации, содержащейся в отраженном многочастотном сигнале, принимаемом вынесенной РЛС.

Однако, анализ информации, содержащейся в некогерентном портрете цели получаемом при обработке многочастотного сигнала в вынесенном приемном пункте, до настоящего времени не проводился.

**Целью статьи** является проведение анализа информации о геометрических характеристиках цели, содержащейся в некогерентном портрете, получаемом при обработке многочастотного сигнала в вынесенном приемном пункте.

### Основная часть

Как показано в [2], при проведении некогерентной обработки отраженного от цели МЧС, которая производится в совмещенной с РЛС приемном пункте, может быть получен некогерентный портрет данной цели. Этот портрет характеризует радиальный размер цели. Если в РЛС имеется вынесенный приемный пункт, то в нем также может быть получен некогерентный портрет цели. В этом портрете, по-видимому, будет содержаться дополнительная информация о геометрических характеристиках цели.

Рассмотрим эту информацию и возможности ее получения.

Пусть РЛС содержит основную и вынесенную приемные позиции, которые расположены в точках  $O_1$  и  $O_2$ , и их положение характеризуется углом разноса между линиями визирования  $\beta$ , как показано на рис. 1.

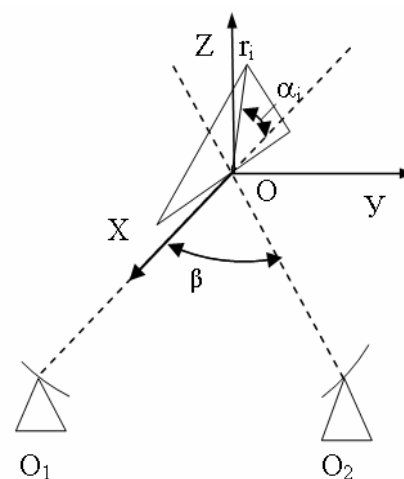


Рис. 1. Система координат

Обе приемные позиции наблюдают цель, состоящую из  $N$  отражающих элементов.

Допустим:

- начало системы координат  $O$  совмещено с условным центром цели;
- ось  $X$  направлена вдоль линии визирования РЛС;
- ось  $Z$  – перпендикулярна плоскости, проходящей через линии визирования основной РЛС и вынесенной приемной позиции;
- ось  $Y$  дополняет систему координат до правосторонней.

Тогда комплексная амплитуда суммарного сигнала, отраженного от совокупности  $i$ -х отражающих элементов и принимаемого вынесенной позицией на частоте  $\omega$  может быть записана в виде

$$\dot{E}_o(\omega, \beta) = \sum_{i=1}^N \dot{S}_i(\omega, \beta) \times \exp \left\{ j\omega \left[ -(\tau_o + \tau_{ci} + \tau_{ai}) / c \right] \right\}, \quad (1)$$

где  $\tau_o$  – расстояние между основной РЛС, условным центром цели и вынесенной приемной позицией;

$\tau_{ci}$  – расстояние между условным центром цели и  $i$ -ым отражающим элементом в направлении на основную РЛС;

$\tau_{ai}$  – расстояние между условным центром цели и  $i$ -ым отражающим элементом в направлении на вынесенную приемную позицию.

Учитывая, что координаты  $i$ -го отражающего элемента относительно условного центра цели определяется углом  $\alpha_i$  и радиус-вектором  $r_i$  (рис. 1), выражение (1) может быть записано в виде:

$$\dot{E}_o(\omega, \beta) = \sum_{i=1}^N \dot{S}_i(\omega, \beta) \times \exp \left\{ j\omega \left[ -(\tau_o + \tau_{ci} + \tau_{ai} \cos(\beta - \alpha_i)) \right] \right\}. \quad (2)$$

После несложных алгебраических преобразований, выражение для квадрата амплитуды суммарного сигнала, отраженного от совокупности отражающих элементов и принимаемого вынесенной позицией определяется следующим образом

$$\left| \dot{E}_o(\omega, \beta) \right|^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \dot{S}_i(\omega, \beta) \dot{S}_k^*(\omega, \beta) \times \exp \left\{ j\omega \left[ (\tau_{xk} + \tau_{xk} \cos \beta + \tau_{yk} \sin \beta) - (\tau_{xi} + \tau_{xi} \cos \beta + \tau_{yi} \sin \beta) \right] \right\}. \quad (3)$$

Примем во внимание, что многочастотный сигнал является дискретным и предположим, что комплексные коэффициенты отражения отражающих элементов  $\dot{S}_i$  не зависят от частоты.

Тогда выражение для НП, получаемого в вынесенном приемном пункте путем обратного преобразования Фурье от квадратов амплитуд отраженных

сигналов, можно представить в виде:

$$G_B = \sum_{l=1}^M \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \dot{S}_i(\beta) \dot{S}_k^*(\beta) \times \exp \left\{ j(\omega_o + l\Delta\omega) \left[ (\tau_{xk} + \tau_{xk} \cos \beta + \tau_{yk} \sin \beta) - (\tau_{xi} + \tau_{xi} \cos \beta + \tau_{yi} \sin \beta) \right] \right\},$$

где  $l$  – номер частотной составляющей многочастотного сигнала;

$M$  – количество используемых частот;

$\Delta\omega$  – расстояние между соседними частотами.

Выражение для комплексной огибающей НП в этом случае при малом угле  $\beta$  будет иметь вид

$$Y_{\hat{A}} = \sum_{l=1}^M \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \dot{S}_i(\beta) \dot{S}_k^*(\beta) \times \exp \left\{ j l \Delta\omega t \left[ 2(\tau_{xk} - \tau_{xi}) + \beta(\tau_{yk} - \tau_{yi}) \right] \right\}. \quad (5)$$

При  $\beta = 0$  это выражение совпадает с аналогичным выражением, полученным при совмещенном приеме.

Из анализа выражения (5) следует, что комплексная огибающая НП, получаемая в вынесенном приемном пункте, зависит как от количества отражающих элементов цели, расположенных вдоль линии визирования основной РЛС и расстояний между ними, так и от количества отражающих элементов, расположенных в направлении, перпендикулярном этой линии визирования, а также от величины угла разнеса между основной РЛС и вынесенным приемным пунктом.

Сравнительный анализ выражения (5) с аналогичным выражением, полученными для совмещенного приема, позволяет сделать вывод о том, что они отличаются друг от друга множителем

$$\exp \left\{ \beta(\tau_{yk} - \tau_{yi}) \right\},$$

который характеризует удлинение некогерентного портрета за счет расстояний между отражающими элементами, наблюдаемыми в направлении, перпендикулярном линии визирования основной РЛС, т.е. в поперечном направлении.

С целью подтверждения этих выводов, методом математического моделирования были построены некогерентные портреты по пачке многочастотных сигналов, принятых в совмещенном и вынесенном пунктах.

При этом использовалась математическая модель цели в виде совокупности четырех отражающих элементов, два из которых расположены вдоль линии визирования РЛС, а два других – в перпендикулярном линии визирования направлении.

Результаты расчетов показаны на рис. 2, который отображает некогерентные портреты цели, полученные в вынесенном приемном пункте.

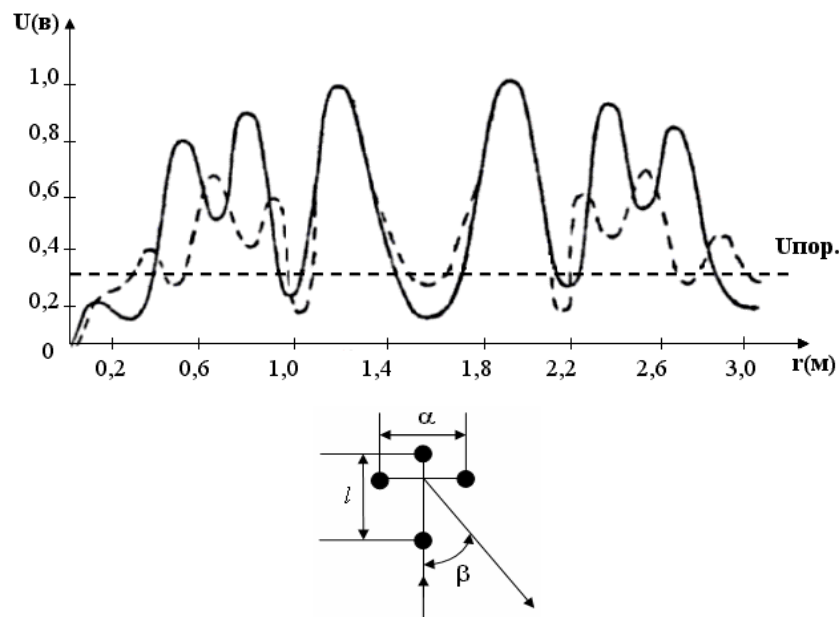


Рис. 2. Некогерентные портреты цели в вынесенном пункте

Сплошной линией обозначен НП при отношении поперечного размера цели к ее продольному размеру, равном 0,16. Пунктирной линией обозначен НП при отношении этих размеров, равном 0,3. При этом угол разноса  $\beta = 7^\circ$ .

### Выводы

Таким образом, чем больше поперечный размер цели, тем больше длительность некогерентного портрета этой цели, полученного в вынесенном приемном пункте, по сравнению с длительностью аналогичного портрета, рассчитанного в совмещенном с основной РЛС приемном пункте при малых углах разноса.

### Список литературы

1. Вишин Г.М. Многочастотная радиолокация / Г.М. Вишин. – М.: Радио и связь, 1986 – 183 с.

2. Казаков Е.Л. Радиолокационные признаки распознавания при многопозиционной локации / Е.Л. Казаков и др. – Х.: АСС, 2005. – 188 с.

3. Казаков С.Л. Анализ інформації, що міститься в матриці частотних кореляційних функцій інтенсивностей відбитих сигналів, в інтересах розпізнавання / С.Л. Казаков, О.Є. Казаков // Збірник наукових праць Об'єднаного наукового інституту Збройних Сил. – Х.: ОНДІ ЗС, 2005. – Вип. 1 (1). – С. 113-119.

4. Казаков Е.Л. Анализ информации, содержащейся в автокорреляционной функции квадратов амплитуд отраженных многочастотных сигналов, принимаемых вынесенной РЛС / Е.Л. Казаков, Д.Г. Васильев // Збірник наукових праць Об'єднаного наукового інституту Збройних Сил. – Х.: ОНДІ ЗС, 2007. – Вип. 1 (6). – С. 102-106.

Поступила в редколлегию 5.03.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Н. Ланецкий, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЇ О ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЦІЛІ, ОТРИМАНОЇ ПО ВІДБИТОМУ НЕКОГЕРЕНТНОМУ БАГАТОЧАСТОТНОМУ СИГНАЛУ У СУМІЩЕНОМУ ТА ВИНЕСЕНОМУ ПРИЙМАЛЬНИХ ПУНКТАХ

С.Л. Казаков, О.Є. Казаков

Отримано вираз для некогерентного портрета радіолокаційної цілі при проведенні обробки багаточастотного сигналу у винесеному приймальному пункті. Проведен порівняльний аналіз з аналогічним виразом для некогерентного портрета, що отримується в суміщеному з основною РЛС пункті і показана залежність даного портрета як від розміру цілі уздовж лінії візування РЛС, так і від її розміру в напрямі, перпендикулярному цій лінії.

**Ключові слова:** некогерентний портрет, багаточастотний сигнал, некогерентна обробка, лінія візування РЛС.

### INFORMATION ANALYSIS ABOUT GEOMETRICAL TARGET DESCRIPTIONS, GOT ON THE REFLECTED NON-COHERENT MULTIFREQUENCY SIGNAL IN COMBINED AND TAKEN AWAY RECEIVING POINTS

E.L. Kazakov, A.E. Kazakov

Expression for the non-coherent portrait of radio-location target is got during the leadthrough of the multifrequency signal processing in the taken away receiving point. A comparable analysis is conducted with analogical expression for a non-coherent portrait, got in combined with radar base point and dependence of portrait from the size of target along radar line-of-sight and from its size in direction, perpendicular this line.

**Keywords:** non-coherent portrait, multifrequency signal, non-coherent treatment radar line-of-sight.