

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОСКОЙ ФАР С РАЗРЫВНОЙ АПЕРТУРОЙ

Лыткина Ю.А.,

научный руководитель канд. техн. наук, доц. Вяхирев В.А.

*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время фазированные антенные решетки (ФАР) широко применяются в Вооружённых силах Российской Федерации. Большое количество научных работ ведется в области исследования и разработки радиолокационных комплексов с ФАР. На сегодняшний день существуют различные варианты расположения излучателей в пространстве: линейные, дуговые, кольцевые, выпуклые и плоские. ФАР с геометрией расположения излучателей первых четырех вариантов достаточно широко освещены в литературе как с точки зрения теории, так с точки зрения практики. Исследование плоских ФАР не нашло еще должного отражения в современной радиолокации в силу сложности математического моделирования из-за необходимости взаимосвязи измеряемых параметров в двух плоскостях: вертикальной и горизонтальной. Так же следует учесть, что математическое моделирование реализовано по большей части для одной решетки. Поэтому прогнозирование характеристик, анализ и дальнейшая реализация антенных комплексов, состоящих из нескольких ФАР, разнесенных в пространстве, бывает затруднительна.

Целью настоящей работы является создание модели описывающей работу РЛС, состоящей из трех плоских ФАР, разнесенных в пространстве на расстояние, соизмеримое с размерами одной антенной решетки.

В предлагаемой модели, реализующей радиолокационную систему с разрывной апертурой, используется один центральный и два разнесенных относительно него на величину  $\pm B$  (в общем случае имеющих различные значения) вспомогательных пунктов приема. Амплитудно-фазовое распределение, обеспечивающее управление положением приемной диаграммы направленности ФАР по пространственным координатам, выбирается следующим образом [1]:

$$\vec{X}^T(\beta) = \left\| \vec{X}_1(\beta)e^{j\pi\mu\vartheta_1} : \vec{X}_1(\beta) : \vec{X}_1(\beta)e^{-j\pi\mu\vartheta_1} \right\|, \quad \vec{Y}^T(\varepsilon) = \left\| \vec{Y}_1(\varepsilon)e^{j\pi\mu\vartheta_2} : \vec{Y}_1(\varepsilon) : \vec{Y}_1(\varepsilon)e^{-j\pi\mu\vartheta_2} \right\|,$$

$$\text{где } \vec{X}_1(\beta) = \left\| \exp\left[-j \cdot \frac{\pi}{M} \cdot (2 \cdot m - M - 1)\beta\right] \right\|; \quad \vec{Y}_1(\varepsilon) = \left\| \exp\left[-j \cdot \frac{\pi}{M} \cdot (2 \cdot m - M - 1)\varepsilon\right] \right\|; \quad m = \overline{1, M}; \quad \beta = \overline{1, M};$$

$\varepsilon = \overline{0, 1}$  в размерах антенной решетки;  $\mu = B/l$ ;  $\beta = \frac{M \cdot d}{\lambda} \sin(\theta_1)$ ;  $\varepsilon = \frac{M \cdot d}{\lambda} \sin(\theta_2)$ ;  $M$  – количество элементов плоской ФАР горизонтальной (азимутальной) и вертикальной (угломестной) плоскостях;  $\theta_1$  – угловое направление на источник полезного сигнала в горизонтальной плоскости, отсчитываемое от нормали к антенне;  $\theta_2$  – угловое направление на источник полезного сигнала в вертикальной плоскости отсчитываемое от нормали к антенне;  $\lambda$  – длина волны;  $l$  – размер антенной решетки.

Результаты моделирования.

На рис. 1 и 2 изображена двумерная пространственная характеристика направленности плоской ФАР в беспомеховой обстановке для одной решетки и для трех решеток соответственно.

При реализации данной статистической модели была предусмотрена возможность изменения направления прихода полезного сигнала в вертикальной и горизонтальной плоскостях, отсчитываемое от нормали к антенне в обеих плоскостях, что позволяет проводить сравнительный анализ поведения диаграмм направленности.

Так как при производстве антенной решётки расположение излучателей не является идеальным, соответствующим заданным значениям, а также тот факт, что во время работы самой станции элементная база подвержена внешним природным воздействиям, то необходимо предусмотреть возможность изменения неточности в изготовлении ФАР, расположении элементов, положении каждой решетки в пространстве. В модели данные случайные изменения учитываются дополнительным изменением набега фаз в виде

$$mm_m = 0.1 \cdot \frac{randn(1,1:M) + j \cdot randn(1,1:M)}{\sqrt{2}},$$

где  $randn(1,1:M) + j \cdot randn(1,1:M)$  - формирование массива вещественных чисел с нормальным законом распределения;  $M$  – количество элементов решётки.

Данный параметр учитывается при задании амплитудно-фазового распределения ФАР в каждой плоскости.

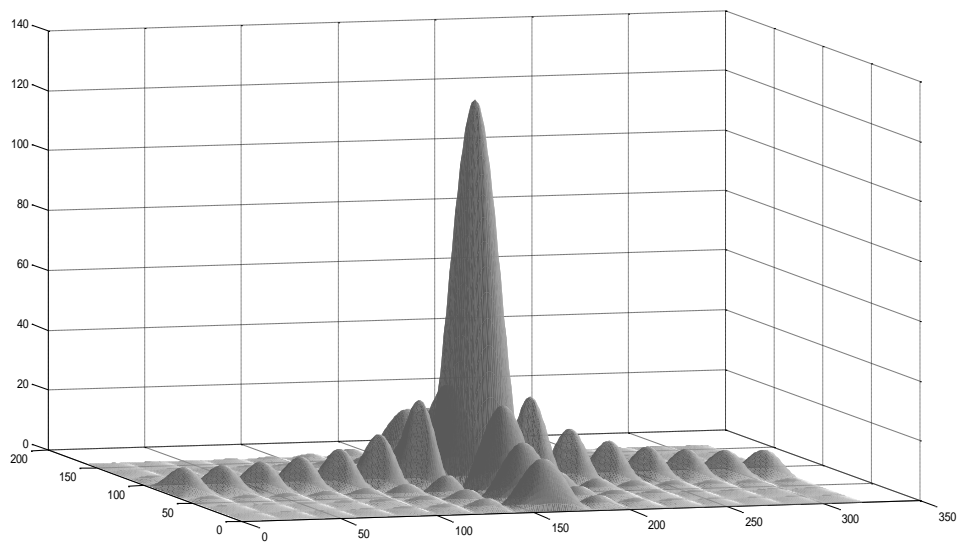


Рисунок 1 - Двумерная пространственная ХН измерителя с плоской одной ФАР

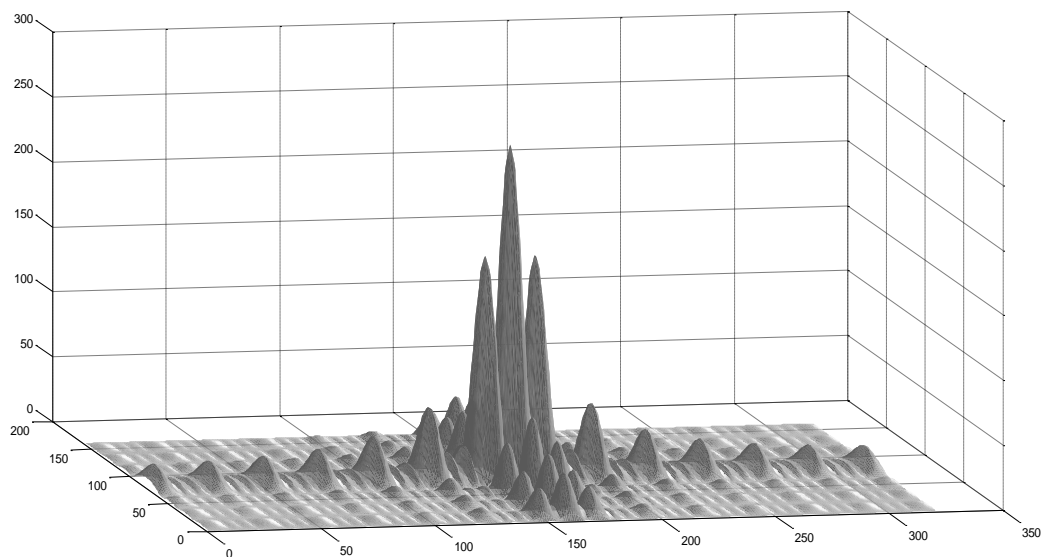


Рисунок 2 - Двумерная пространственная ХН измерителя для трех плоских ФАР

Таким образом, предложенная модель РЛС с разрывной апертурой в виде трёх плоских ФАР в беспомеховой обстановке является основой для дальнейшего исследования методом статистического моделирования РЛС в помеховой ситуации, а так же учитывающей изменение конфигурации и положения ФАР в результате огневого воздействия.

Список литературы:

1. Ботов, М.И. Введение в теорию радиолокационных систем: монография / М.И.Ботов, В.А.Вяхирев, В.В.Девотчак; ред. М.И.Ботов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 394 с., ил.
2. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с., ил.