

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники

УДК

Мороз Александр Николаевич

**Алгоритмы пространственной обработки в радиолокационных
средствах со скрытым коническим сканированием**

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание академической степени магистра техники и технологии

по специальности 1-39 80 02

«Радиотехника, в том числе системы и устройства радионавигации,
радиолокации и телевидения»

_____ А.Н. Мороз

Научный руководитель

Козлов Сергей Вячеславович

доктор технических наук, доцент

Минск 201

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы определяется необходимостью улучшения качественных характеристик современных систем первичной обработки радиолокационной информации, повышения их помехоустойчивости.

Цель работы – повышение эффективности радиолокационных средств со скрытым коническим сканированием путем внедрения алгоритмов пространственной обработки совместно с измерением угловых координат отраженного сигнала.

Исходя из необходимости достижения заданной цели, *задачами* данной работы являлись:

- анализ научной литературы по принципам построения радиолокационных средств (РЛСр) с коническим сканированием и алгоритмам пространственной компенсации помех;
- синтез алгоритмов пространственной обработки и измерения угловых координат РЛС со скрытым коническим сканированием;
- разработка математической модели и исследование эффективности функционирования радиолокационных средств со скрытым коническим сканированием и пространственной компенсацией помех;
- определение путей практической реализации и разработка рекомендаций по построению радиолокационных средств со скрытым коническим сканированием и пространственной компенсацией помех.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Одним из основных направлений повышения помехоустойчивости является внедрение систем пространственной компенсации помех на базе многоканальных приемных систем. Они позволяют выделять слабые отраженные сигналы на фоне мощных помех, воздействующих по главному и боковым лепесткам диаграммы направленности основного канала.

При реализации пространственной обработки осуществляется взвешенное суммирование сигналов на выходе приемных каналов (ПК). При использовании конического сканирования в качестве полезного выступает амплитудно-модулированный сигнал, образующийся при круговом сканировании диаграммы направленности (ДН) антенны относительно предполагаемого направления на полезный сигнал. При реализации пространственной обработки по известным алгоритмам полезный сигнал будет подвергаться паразитной модуляции, обусловленной флуктуациями адаптированной ДН из-за изменения угла между осью ДН и направлениями на источники помех, а результирующая оценка будет ухудшаться.

Определение направления на объект или измерение его угловых координат называется пеленгованием объекта (в случае применения радиотехнических средств — радиопеленгованием объекта). Радиопеленгование возможно благодаря прямолинейному распространению электромагнитных волн в однородной среде.

Скорость распространения электромагнитных волн является величиной постоянной, что дает возможность, измеряя время их распространения до объекта, определять наклонную дальность.

Радиолокационные измерительные устройства (РИУ) являются дальномерными пеленгационными автоматическими радиотехническими устройствами, которые позволяют однозначно определять местоположение объекта в пространстве относительно некоторого начала координат — точки расположения самой радиолокационной станции.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Был произведен анализ известных источников по теме исследования.

Обоснованы алгоритмы пространственной обработки в радиолокационных средствах со скрытым коническим сканированием.

Для вектор-столбцов $y_i = (Y_{0_i}^{\&}, Y_{1_i}^{\&}, \dots, Y_{L_i}^{\&})^T$ отсчетов сигналов на выходах основной и компенсационных антенн при приеме i -го импульса отраженного сигнала запишем

$$y_i = y_{сш_i} + y_{п_i} + y_{с_i}$$

где $y_{сш_i} = (\xi_{ш_{i,0}}^{\&}, \xi_{ш_{i,1}}^{\&}, \dots, \xi_{ш_{i,1}}^{\&})^T$ - вектор-столбцы отсчетов собственных шумов; $\xi_{ш_{i,1}}^{\&}$ - отсчеты внутреннего шума 1-го приемного канала для i -го импульса пачки;

$$y_{с_i} = \xi_{с_i}^{\&} \sqrt{P_c} F_0(\alpha_{ai} - \alpha_c, \beta_{ai} - \beta_c) s(\alpha_{ai} - \alpha_c, \beta_{ai} - \beta_c),$$

$$y_{п_i} = \sum_{m=1}^M \xi_{п_{i,m}}^{\&} \sqrt{P_m} s(\alpha_{ai} - \alpha_{п_m}, \beta_{ai} - \beta_{п_m})$$

Была разработана математическая модель РЛС со скрытым коническим сканированием. Математическая модель предназначена для проверки работоспособности и исследования эффективности предложенных алгоритмов функционирования радиолокационных средств со скрытым коническим сканированием и пространственной компенсацией помех.

Модель построена по стохастическому принципу, что предполагает многократное воспроизведение реализаций входных сигналов, алгоритмов их обработки с получением выходных величин и показателей и статистическую обработку результатов моделирования.

Модель реализована в среде компьютерной математики MathCad.

Определены пути практической реализации и разработаны рекомендации по построению радиолокационных средств со скрытым коническим сканированием и пространственной компенсацией помех. Показано, что РЛС со скрытым коническим сканированием может быть реализована с использованием современной элементной базы – быстродействующих синхронных квадратурных аналогоцифровых преобразователей и программируемых логических интегральных схем с производительностью порядка 1000 млн. операций комплексного умножения со сложением в секунду при реализации циклического функционирования с задержкой в выдаче информации в два цикла функционирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате диссертационных исследований получены следующие основные результаты:

1. При реализации пространственной обработки осуществляется взвешенное суммирование сигналов на выходе приемных каналов (ПК). При использовании конического сканирования в качестве полезного выступает амплитудно-модулированный сигнал, образующийся при круговом сканировании диаграммы направленности (ДН) антенны относительно предполагаемого направления на полезный сигнал. При реализации пространственной обработки по известным алгоритмам полезный сигнал будет подвергаться паразитной модуляции, обусловленной флуктуация адаптивной ДН из-за изменения угла между осью ДН и направлениями на источники помех, а результирующая оценка будут ухудшаться.

2. Обоснованы алгоритмы пространственной обработки в радиолокационных средствах со скрытым коническим сканированием

3. Разработана математическая модель и исследована эффективность функционирования радиолокационных средств со скрытым коническим сканированием и пространственной компенсацией помех и установлены следующие закономерности:

если источник помех находится во втором и последующих лепестках ДН, функция правдоподобия по координатам азимут и угол места имеет вид симметричного «холма» с плоской вершиной; максимум функции правдоподобия находится в направлении цели;

при приближении источника помех к оси конического сканирования с 10 до 2 градусов функция правдоподобия перестает быть симметричной, а ее амплитуда уменьшается с 4500 до 800;

когда источник помех находится в главном лепестке ДН в его направлении формируется четко выраженный провал, по которому возможно определение угловых координат источника помех.

4) определены пути практической реализации и разработаны рекомендации по построению радиолокационных средств со скрытым коническим сканированием и пространственной компенсацией помех. Показано, что РЛС со скрытым коническим сканированием может быть реализована с использованием современной элементной базы – быстродействующих синхронных квадратурных аналогоцифровых преобразователей и программируемых логических интегральных схем с производительностью порядка 1000 млн. операций комплексного умножения со сложением в секунду при реализации циклического функционирования с задержкой в выдаче информации в два цикла функционирования.

Публикации по теме диссертации

1. С.В. Козлов, А.Н. Мороз. Подход к построению алгоритма пространственной обработки в радиолокационных средствах с коническим сканированием. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35274828>.

2. Ву Тхань Ха, С. В. Козлов, А.Н. Мороз. Особенности оценивания угловых координат в радиолокационных средствах с коническим сканированием и пространственной компенсацией активных шумовых помех // Сборник трудов XXV международной научно-технической конференции в 6 т. / Воронежский государственный университет; АО «Концерн «Созвездие» – Воронеж: издательский дом ВГУ, 2019. С. 253-260.

3 .А.Н. Мороз. Оценивание угловых координат в радиолокационных средствах с коническим сканированием и пространственной компенсацией активных шумовых помех // Материалы 55-й научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов БГУИР (2019 г., г. Минск). Режим доступа: <https://www.bsuir.by/ru/nauchnaya-konferentsiya-bguir>.