

# ОЦЕНИВАНИЕ УГЛОВОЙ КООРДИНАТЫ ПО ВРЕМЕНИ ЗАДЕРЖКИ В СИСТЕМАХ СО СВЕРХБЫСТРЫМ СКАНИРОВАНИЕМ ЛУЧА

Аникеев С. В., Куренёв В. А., Лопухов А. В.

Кафедра тактики и вооружения войсковой ПВО, кафедра систем автоматического управления, факультет противовоздушной обороны, Военная академия Республики Беларусь

Минск, Республика Беларусь

E-mail: serega.anikeev2016@yandex.ru

*В статье рассмотрено оценивание угловой координаты цели в системах со сверхбыстрым сканированием луча по задержке сигнала относительно начала сканирования на прием и задержке пачки относительно исходного положения томографического слоя видимости.*

## ВВЕДЕНИЕ

Угловая координата в системах со сверхбыстрым сканированием луча [1, 2, 3] оценивается на основе совместного (комплексного) использования информации, содержащейся в задержке относительно начала сканирования на прием  $\tau_{del}$  и задержке пачки относительно исходного слоя видимости  $\tau_d$ . При связи временных задержек совместная обработка позволяет повысить точность оценки угловой координаты цели  $\theta_a(t)$ .

## I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Модель наблюдения в одном периоде повторения сигнала записывается в виде (1), где  $P_{ck}$  – средняя мощность сигнала цели при приёме на антенну с качанием луча за время длительности импульса;

$\dot{G}_d(t)$ ,  $\dot{G}_\theta(\Omega t)$  – комплексные диаграммы направленности (по мощности), модулирующие сигналы при качании луча;

$\dot{u}(t)$  – комплексный закон модуляции зондирующего сигнала;

$\tau_d$ ,  $\tau_a$  и  $\tau_{del}$  – временные запаздывания сигналов, обусловленные дальностью и угловым положением цели;

$\omega_0$  – несущая частота;

$n(t)$  – шум наблюдения с односторонней спектральной плотностью  $N$ .

Требуется получить оценку случайной угловой координаты цели. Характеристика дискриминатора угловой координаты имеет множество точек устойчивого равновесия как показано на рисунке 1, г. Апостериорная плотность вероятности (п.в.) имеет максимумы (пики), общее число таких пиков на интервале неопределенности  $\tau_d$  равно целой части числа  $\frac{T_d}{T_r} = K$ . Применение обычной многоканальной схемы может оказаться практически неприемлемым из-за большого числа каналов. Если, например, оценивать  $\tau_{del}$  с ошибкой порядка  $\delta\tau_{del} = \frac{T_r}{18000}$ , соответствующей ошибке оценивания угловой координаты  $\delta\theta_a = 4'$ , то потребуется  $18000K$  каналов. Решение научной проблемы оценивания угловой координаты в системах со сверхбыстрым сканиро-

ванием луча сводится к решению задачи фильтрации многомодальной апостериорной п.в.

## II. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Возможны варианты оценивания угловой координаты  $\theta_a(t)$  только по задержке сигнала относительно начала сканирования на прием  $\tau_{del}$  или только по задержке пачки относительно исходного положения томографического слоя видимости  $\tau_d$ . Т.к. в системах со сверхбыстрым сканированием луча угловая координата жестко связана с обеими задержками, то для повышения точности необходимо использовать совокупную информацию.

Суть методов решения задач фильтрации многомодальных апостериорных п.в. состоит в том, чтобы аппроксимировать функцию (рисунок 1, а, в), определить параметры аппроксимирующего распределения, по ним найти параметры получающейся аппроксимации и получить оценку угловой координаты  $\theta_a(t)$ . Оценка угловой координаты совпадает с положением максимума пика, ближайшего к положению максимума огибающей. Этот результат позволил при синтезе алгоритмов дискриминирования учитывать только полуширину дискриминационной характеристики 1, г находящуюся в пределах нуля характеристики 1, б.

## III. ВЫВОДЫ

Для оценивания угловой координаты цели необходимо осуществлять слежение за временным положением пачек и временным положением импульсов с помощью электронных схем. Возможности по повышению точности заключаются в комплексной обработке информации о временных задержках.

## IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинзбург, В. М. Формирование и обработка изображений в реальном масштабе времени: Методы быстрого сканирования / В. М. Гинзбург. – М.: Радио и связь, 1986. – 232 с.
2. Куренёв, В. А. Статистический синтез и анализ оптимальных измерителей со сверхбыстрым сканиро-

- ванием диаграмм направленности / В. А. Куренёв. – Минск: ВА РБ, 2004. – 84 с.
3. Аникеев, С. В. Синтез двухкоординатного измерителя со сверхбыстрым сканированием диаграмм на-

правленности / С.В.Аникеев, В.А.Куренёв // Известия НАН. Серия физ.-техн. наук – 2015. – №1. – С. 112–117.

$$y(t) = \sqrt{2P_{ck}} \operatorname{Re}\left\{\dot{G}_d\left(\frac{t-\tau_d}{T_e}\right)\dot{G}_\theta[\Omega(t-\tau_a-\tau_{del})]\dot{u}(t-\tau_a)e^{j\omega_0 t}\right\} + n(t) \quad (1)$$

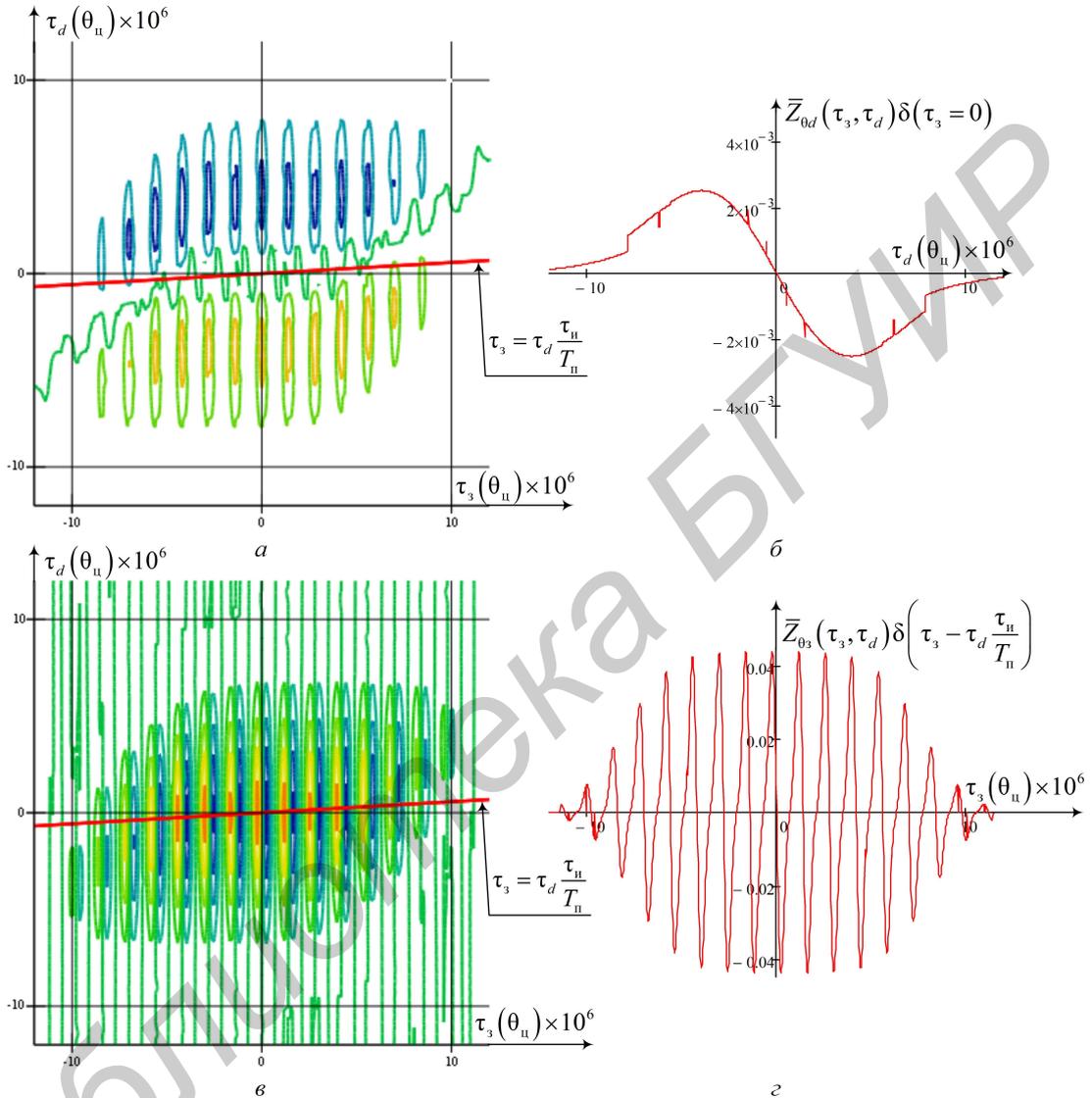


Рис. 1 – Многомерные дискриминационные характеристики угломерного канала  $\bar{Z}_{\theta d}$  (а),  $\bar{Z}_{\theta del}$  (в) и их сечения (б), (г)