

Отчет по лабораторной работе №1

**Исследование рабочих характеристик оптимального  
обнаружителя сложных радиолокационных сигналов.**

Выполнил студент группы 0420ДМР1Г  
Шиков А.П.

Нижний Новгород, 2020

# 1. Введение

## 2. Практическая часть

### 2.1. Задание 1

*В начале отчета привести блок-схемы оптимального приемника радиолокационного сигнала с использованием корреляторов и согласованного фильтра, объяснить назначение их элементов. Привести теоретические формулы для РХП в случае обнаружения известного сигнала и сигнала со случайной фазой и амплитудой.*

Согласованный фильтр — это линейный оптимальный фильтр, построенный исходя из известных спектральных характеристик полезного сигнала и шума. Согласованные фильтры предназначены для выделения сигналов известной формы на фоне шумов. Под оптимальностью понимается максимальное отношение сигнал/шум на выходе фильтра, и так как фильтр линейный форма сигнала на выходе остается неизменной.

По определению детектор огибающей должен осуществлять измерение огибающей входного сигнала, т.е. формировать выходной сигнал вида  $u_{\text{вых}}(t) = K_{\text{дет}} A(t)$ .

Пороговое устройство фильтрует сигнал в зависимости от амплитуды выходного сигнала.

устройство синхронизации запускает генерацию сигнала и интегрирование, а по окончании этого процесса подключает к выходу интегратора пороговое устройство.

Для обнаружителя детерминированного сигнала на фоне белого гауссова шума РХП получается только в параметрическом виде, где параметром выступает порог обнаружения  $l_0$ :

$$P_{\text{по}} = F\left(\frac{\ln(l_0)}{d} - d/2\right), \quad P_{\text{лт}} = 1 - F\left(\frac{\ln(l_0)}{d} + d/2\right), \quad (1)$$

где  $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-y^2/2) dy$  - интеграл Лапласа,  $d^2 = 2E/N_0$  - отношение энергии сигнала к спектральной плотности мощности (СПМ) шума.

При неизвестной фазе выражение для РХП имеет вид

$$P_{\text{по}} = Q(d, \sqrt{2 \ln(1/P_{\text{лт}})}). \quad (2)$$

Здесь  $Q(v, u) = \int_u^\infty x I_0(vx) \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2}\right) dx$  - функция Маркума.

Если случайными являются фаза и амплитуда, выражение для РХП примет следующий вид (при условии что распределение амплитуды имеет вид Рэлеевского):

$$P_{\text{по}} = P_{\text{лт}}^{\frac{1}{1+d^2/2}}. \quad (3)$$

Для обнаружителя сигнала со случайной фазой нужно использовать два идентичных коррелятора на которые в качестве опорных подается излучаемый сигнал и его квадратура. На выходах корреляторов формируются действительная I и мнимая Q составляющие некоторого аналитического сигнала.

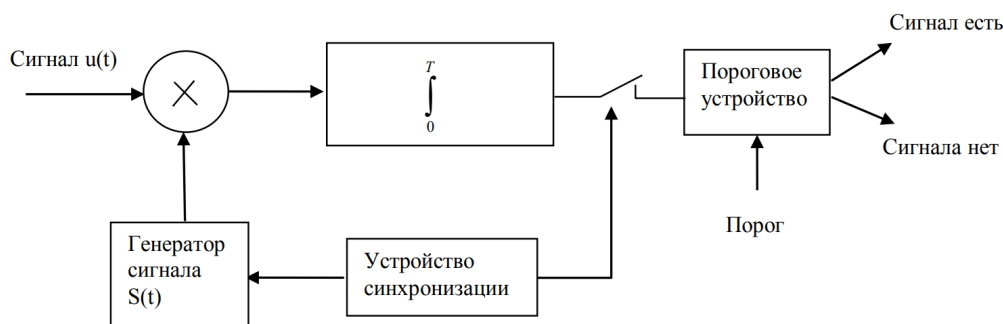


Рис. 1: Блок-схема оптимального обнаружителя известного сигнала на фоне белого гауссова шума

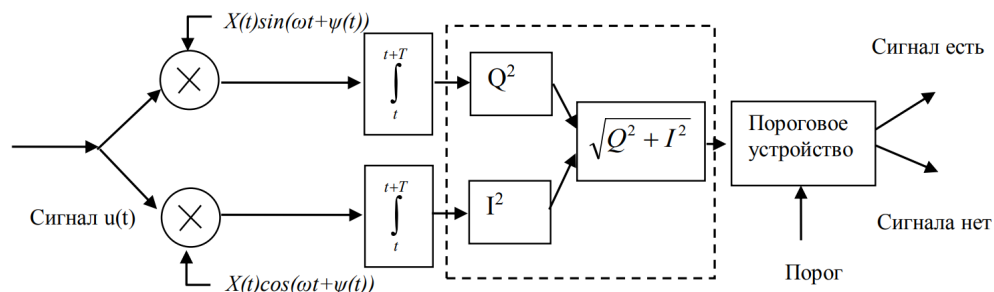


Рис. 2: Блок-схема обнаружителя сигнала со случайной фазой и амплитудой на фоне белого гауссова шума с использованием двух корреляторов (устройство синхронизации на данной схеме отсутствует, т.к. интегрирование ведется в скользящем окне)

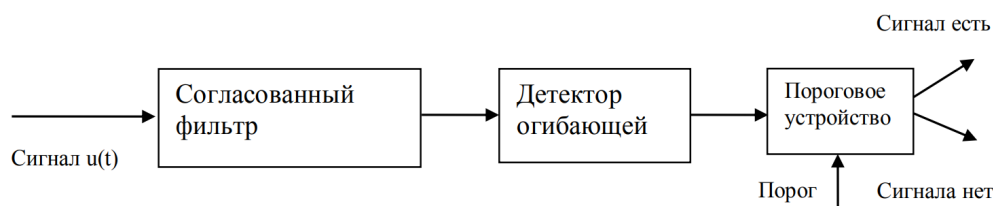
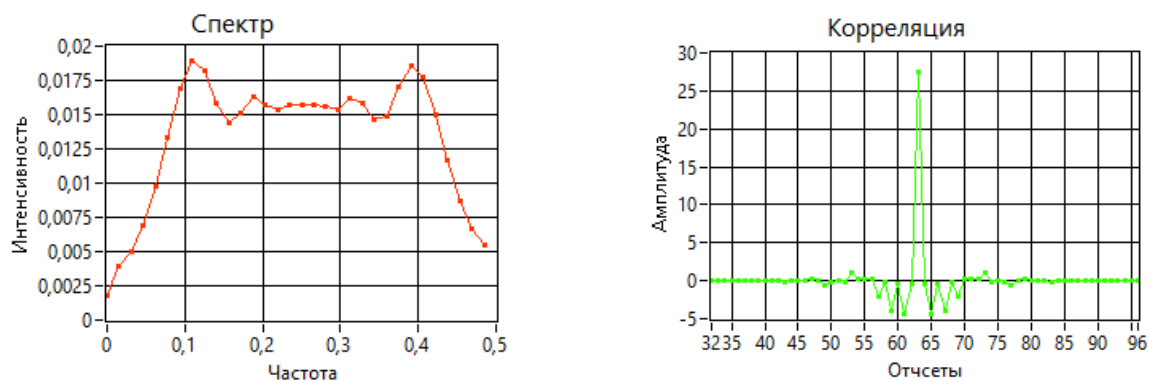
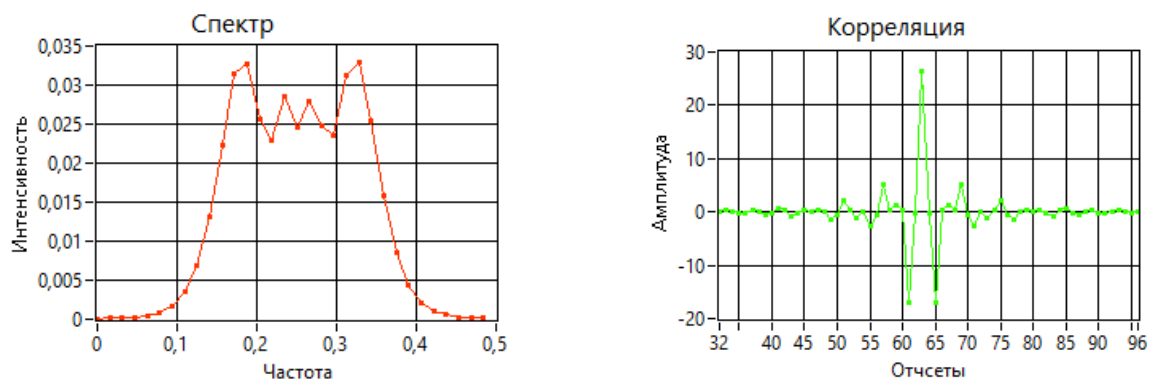
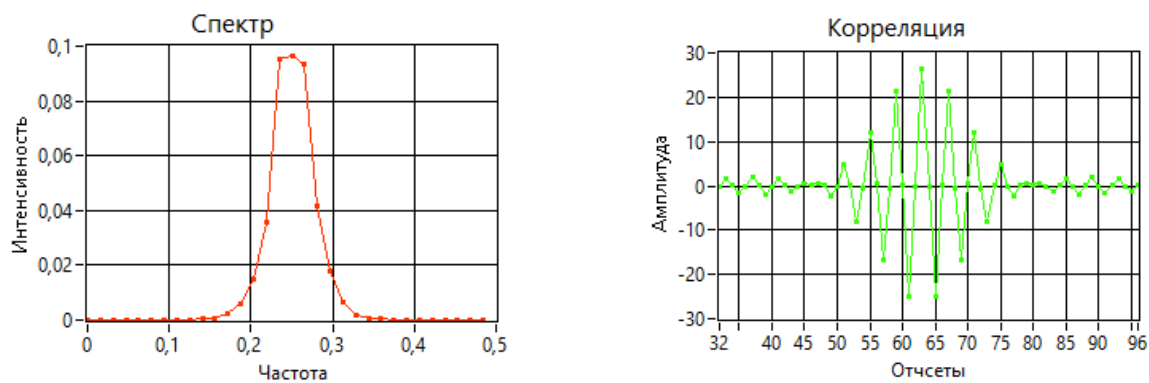


Рис. 3: Блок-схема обнаружителя сигнала со случайной фазой и амплитудой на фоне белого гауссова шума с использованием согласованного фильтра и детектора огибающей

## 2.2. Задание 2

Было проведено сравнение спектра и корреляционной функции ЛЧМ-сигнала для окна с плоской вершиной при различных значениях разности начальной частоты  $f_s$  и конечной частот  $f_e$ . Полученные графики приведены на рис. 4-7

Рис. 4: Разница частот 0.5 ( $f_s = 0, f_e = 0.5$ ). Разница фаз = 0Рис. 5: Разница частот 0.3 ( $f_s = 0.1, f_e = 0.4$ ). Разница фаз = 0Рис. 6: Разница частот 0.1 ( $f_s = 0.2, f_e = 0.3$ ). Разница фаз = 0

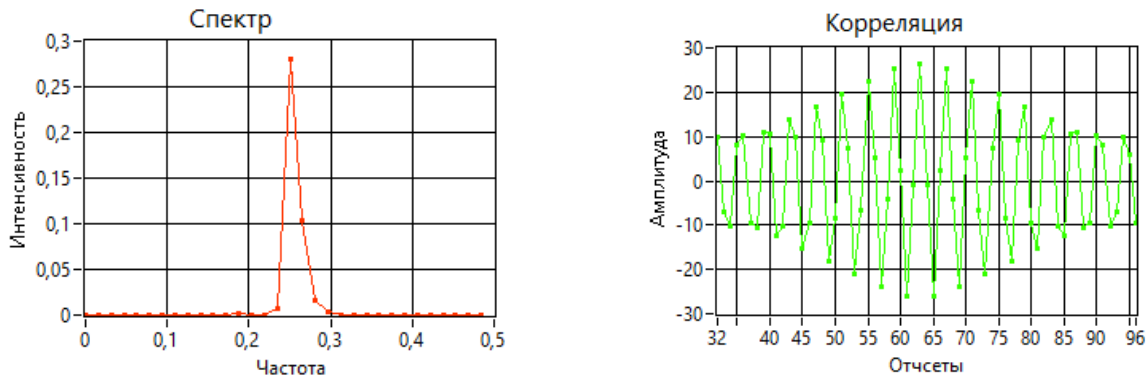


Рис. 7: Разница частот 0.01 ( $f_s = 0.25$ ,  $f_e = 0.26$ ). Разница фаз = 0

Из полученных результатов видно, что при уменьшении разницы между начальной и конечной частотой ширина корреляционной функции увеличивается, ширина спектра уменьшается, а значение базы сигнала уменьшается.

Очевидно, что при изменении частотной полосы ЛЧМ-сигнала его спектр пропорционально увеличивается. Исследуемый сигнал является стационарным в широком смысле случайным процессом, а значит его спектр связан с корреляционной функцией обратным преобразованием Фурье

$$K(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) \exp\{+j\omega\tau\} d\omega \quad (4)$$

А для пары преобразований Фурье мы можем написать соотношение неопределенности в виде:

$$\Delta\tau\Delta\omega \geq 2\pi, \text{ где} \quad (5)$$

$\Delta\omega$  – характерная ширина спектра,  $\Delta\tau$  – характерная ширина корреляции.

Уменьшение ширины спектра объясняется уменьшением количества частотных компонент, использованных в сигнале. Таким образом, при устремлении разницы частот к нулю, вид спектра будет приближаться к  $\delta$ -функции.

### 2.3. Задание 3

Построить на одном графике зависимости вероятности правильного обнаружения от вероятности ложной тревоги для трех значений отношения сигнал/шум при известном сигнале. Сделать то же для сигнала со случайной фазой и случайной фазой и амплитудой.

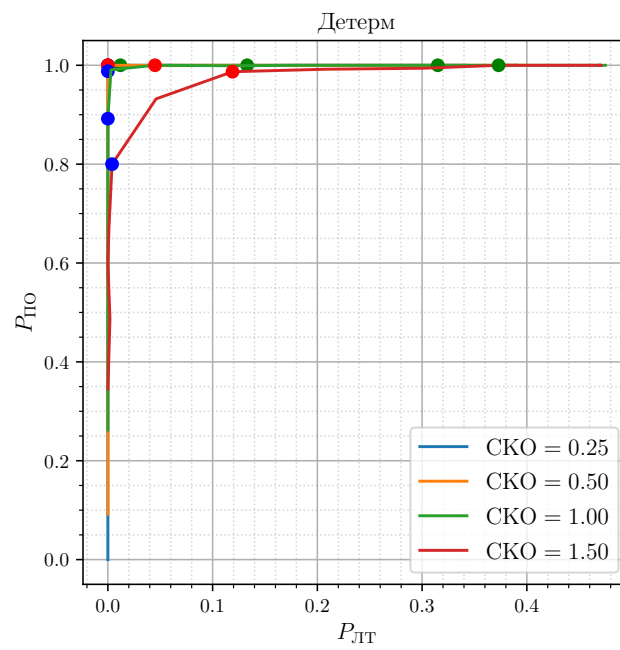


Рис. 8

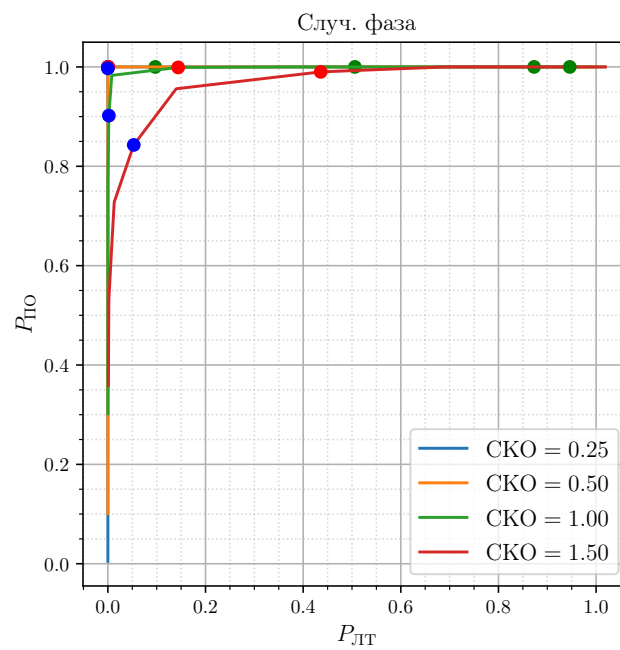


Рис. 9

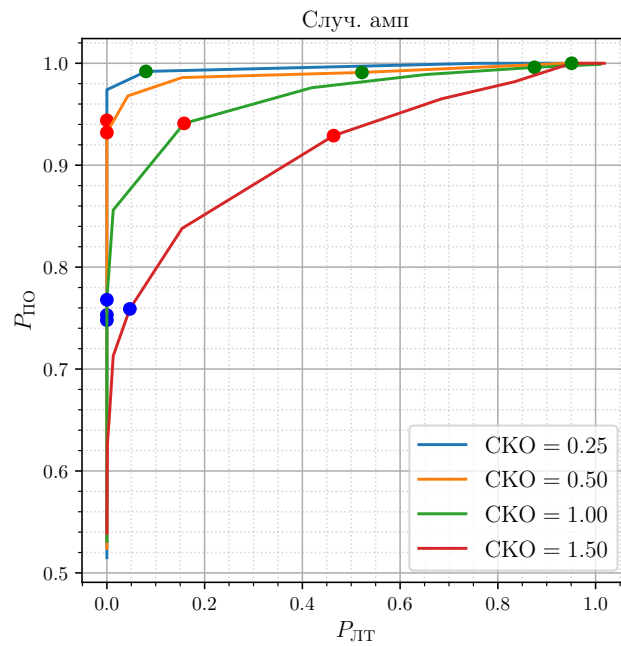


Рис. 10

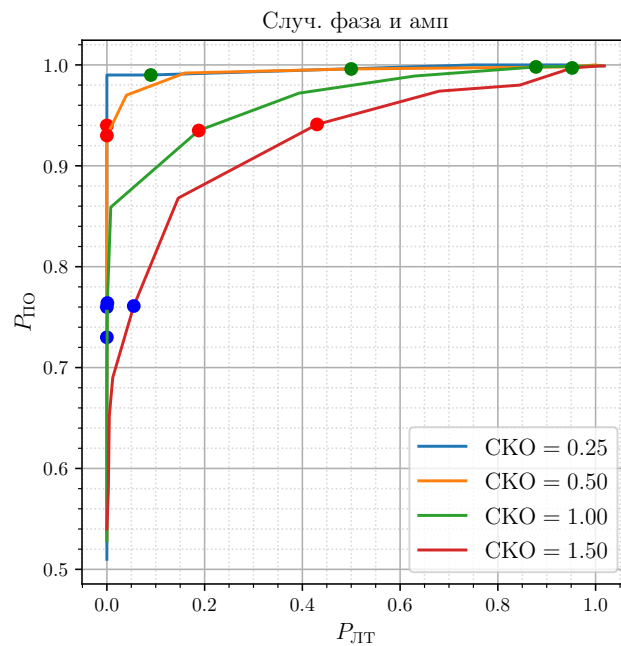


Рис. 11

## 2.4. Задание 4

На графиках указать несколько одинаковых значений порога. Объяснить различия между графиками. Используя формулы для РХП, сравнить экспериментальные результаты с теоретическими.

### **3. Вывод**