

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ОСВОЕНИЕ РАСЧЁТА ХАРАКТЕРИСТИК ПОИСКА И ОБНАРУЖЕНИЯ НАВИГАЦИОННОГО СИГНАЛА

Для определения характеристик обнаружения навигационного сигнала необходимо задать его математическую модель.

В качестве математической модели навигационного сигнала, рассматривается фазоманипулированный двоичной псевдослучайной последовательностью сигнал (*BPSK* сигнал).

В общем виде *BPSK* сигнал, действующий на вход системы поиска аппаратуры потребителя (АП) ГНСС можно представить как:

$$y(t) = A_0 \cdot g(t - \tau) \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi) + n(t),$$

где: A_0 - амплитуда сигнала;

$g(t - \tau)$ - модулирующая ПСП;

ω_0 - несущая частота;

φ - случайная начальная фаза;

$n(t)$ - помеха.

В качестве помехи рассмотрен белый гауссовский шум (БГШ), ограниченный полосой пропускания приемного тракта АП ГНСС.

Сформируем на выходе корреляторов АП ГНСС синфазную и квадратурную компоненты:

$$I = \int_0^T y(t) \cdot g(t - \tau) \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi) dt$$
$$Q = \int_0^T y(t) \cdot g(t - \tau) \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi) dt$$

где: τ - задержка опорных сигналов;

φ - фаза опорных сигналов;

T - интервал накопления, в общем случае равный длительности *BPSK* сигнала.

Сформируем напряжение равное:

$$Z = \sqrt{I^2 + Q^2}$$

В соответствии с критерием Неймана-Пирсона определим порог обнаружения:

$$h_0 = \sigma_{\Pi} \sqrt{2 \ln(1/F)}$$

σ_{Π} - значение напряжения помехи;

F - вероятность ложной тревоги;

h_0 - пороговый уровень.

Тогда решающее правило можно представить в следующем виде:

$$Z \geq h_0$$

Если напряжение Z превышает пороговый уровень, то принимается решение о наличии навигационного сигнала.

Упрощённая схема системы поиска приведена на рисунке 1



Рис. 1 Упрощённая схема системы поиска

В аппаратуре потребителей ГНСС используется циклический параллельно-последовательный алгоритм поиска навигационного сигнала. При этом подсистема поиска включает l каналов, каждый из которых является одноканальным обнаружителем. Сначала подсистема поиска анализирует l ячеек разрешения. Если навигационный сигнал не обнаружен, то подсистема поиска перестраивается на следующие l ячеек разрешения. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не произойдёт обнаружение навигационного сигнала или постоянно будет наблюдаться ложная тревога. Характеристики циклического параллельно-последовательного поиска определяются выражением:

$$P_{обн} = \frac{D \cdot (1 - F)^{m-1}}{1 - (1 - D) \cdot (1 - F)^{m-1}}$$

$P_{обн}$ - вероятность завершения поиска обнаружением навигационного сигнала;

m - количество ячеек разрешения;

D - вероятность правильного обнаружения в ячейке разрешения;

ЗАДАНИЕ 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБНАРУЖЕНИЯ НАВИГАЦИОННОГО СИГНАЛА

Для исследования характеристик навигационных сигналов сначала производим запуск среды *MatLab*. Затем запускаем приложение *MatLab* среду *Simulink*. В среде *Simulink* открываем файл *CT_POI.mdl*. Данный файл представляет собой модель системы поиска навигационного СТ сигнала ГНСС ГЛОНАСС.

Скриншот модели приведен на рисунке 2

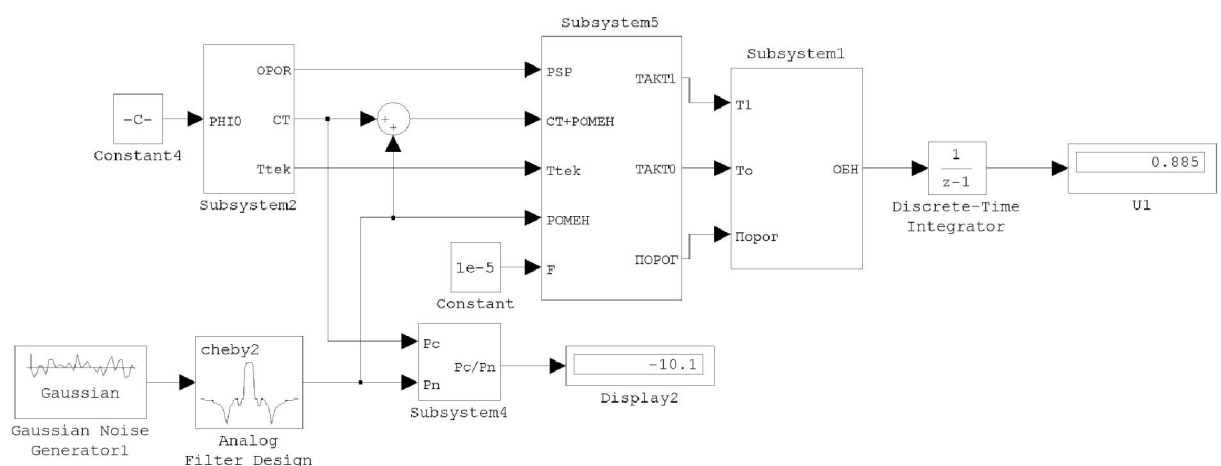


Рис. 2 Скриншот модели системы поиска навигационного СТ сигнала

Данная модель предназначена для вычисления вероятности правильного обнаружения сигнала при воздействии помех методом статистических испытаний.

Структура модели системы поиска навигационного сигнала включает в себя:

- блок навигационного сигнала;
- источник помехи;
- канал обнаружения;
- канал формирования порога с пороговым устройством;
- блоки регистрации и визуализации.

Блок навигационного сигнала формирует фазоманипулированный псевдослучайной последовательностью сигнал с заданным значением амплитуды, частоты начальной фазы и задержки. При этом закон фазовой манипуляции соответствует структуре навигационного сигнала. В качестве источника помехи используется стандартный блок среды Simulink, который формирует гауссовскую помеху с заданным математическим ожиданием и среднеквадратическим значением. После чего формируется аддитивная смесь навигационного сигнала и помехи, которая поступает на вход канала обнаружения.

Канал обнаружения построен по схеме квадратурного коррелятора, где осуществляется формирование с помощью перемножителей и интеграторов напряжений синфазной и квадратурной составляющих аддитивной смеси сигнал + помеха. При этом время интегрирования равно длительности навигационного сигнала. После сброса интеграторов по сигналу тактового генератора напряжения с выходов интеграторов возводятся в квадрат и суммируются. Затем выполняется операция извлечения корня квадратного.

Затем уровень порога сравнивается с напряжением выхода канала обнаружения и делается решение о наличии или отсутствии навигационного сигнала. Решение о наличии или отсутствии навигационного сигнала отображается в блоках регистрации и визуализации. При каждом новом испытании изменяется начальная фаза навигационного сигнала и начальное состояние генератора гауссовской помехи. Тогда вероятность правильного обнаружения навигационного сигнала в ячейке разрешения определяется по формуле:

$$D = \frac{N}{M}$$

D - вероятность правильного обнаружения в ячейке разрешения;

N - количество испытаний, в которых произошло правильное обнаружение навигационного сигнала;

M - общее количество испытаний.

Для получения зависимости вероятности правильного обнаружения изменим отношение сигнал/помеха от -30 до -14 с шагом 2 дБ. Вероятность ложной тревоги составляет 10^{-5} . Результаты занести в таблицу №1.

Таблица №1.

Вероятность правильного обнаружения	Отношение сигнал/помеха, дБ								
	-30	-28	-26	-24	-22	-20	-18	-16	-14
D									

По полученным результатам сделать выводы.

ЗАДАНИЕ 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДСИСТЕМЫ ПОИСКА НАВИГАЦИОННОГО СИГНАЛА

В среде *Simulink* открыть файл *WER_OBN.mdl*. Данный файл предназначен для вычисления вероятности завершения поиска правильным обнаружением навигационного сигнала.

Скриншот модели приведен на рисунке 3.

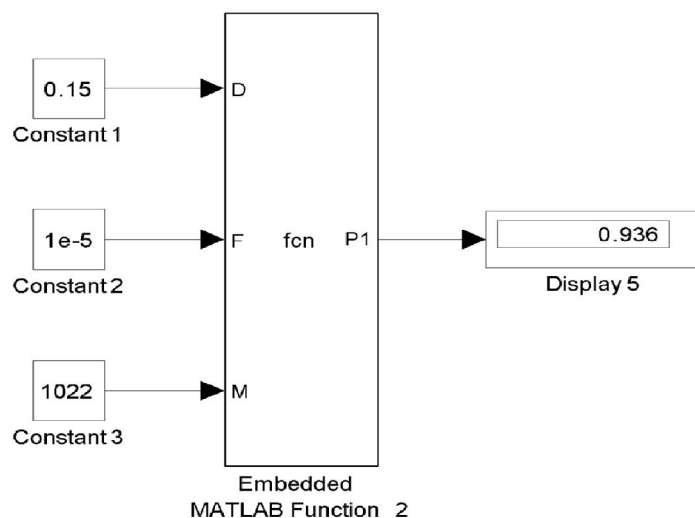


Рис. 3 Скриншот модели вычисления вероятности обнаружения

Исходными данными для расчёта вероятности завершения поиска правильным обнаружением навигационного сигнала используются следующие исходные данные:

- вероятность правильного обнаружения;
- вероятность ложной тревоги;
- количество ячеек разрешения.

Для получения зависимости вероятности завершения поиска правильным обнаружением навигационного сигнала в качестве исходных данных взять значения вероятности правильного обнаружения правильного обнаружения из таблицы №1. Вероятность ложной тревоги 10^{-5} . Количество ячеек разрешения 1022. Результаты занести в таблицу №2.

Таблица №2.

Вероятность завершения поиска обнаружением сигнала	Отношение сигнал/помеха, дБ								
	-30	-28	-26	-24	-22	-20	-18	-16	-14
$P_{об}$									

По полученным результатам сделать выводы.