

Национальный исследовательский университет

«МЭИ»

Кафедра «РТС»

Лабораторная работа №3

«Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной модели»

Выполнил студент 4-ого курса

Куксин В.А.

Группы ЭР-15-17

Преподаватель: Корогодин И.В.

Москва 2021

## Цель работы

1. Исследовать структуру и свойства функциональных элементов корреляторов АП СРНС.
2. Исследовать характеристики процессов, происходящих в корреляторах АП СРНС.
3. Ознакомиться с ИКД ГЛОНАСС.

## Домашняя подготовка

1. Выражения для статистических эквивалентов выходных отсчетов коррелятора

$$I_k = \sum_{i=1}^L y_{k,i} G_c(t_{k,i} - \tilde{\tau}_k) \cos(\omega_{i,f} t_{k,i} + \omega_{d,k} l T_d + \varphi_k);$$
$$Q_k = \sum_{i=1}^L y_{k,i} G_c(t_{k,i} - \tilde{\tau}_k) \sin(\omega_{i,f} t_{k,i} + \omega_{d,k} l T_d + \varphi_k);$$

Где:

- Модель шкалы времени:

$t_{k,l} = t_{k,0} + l T_d = t_{k,0} + L T_d = t_{k,0} + T$ , где  $T_d$  - интервал дискретизации,  $T$  - интервал накопления в корреляторе.

- Модель сигнала на выходе АЦП:

$$y_{k,l} = Q_u(y_{fe,k,l}), \text{ где } Q_u(\cdot) - \text{нелинейная функция квантования}$$

- Модель сигнала на выходе радиочастотного блока

$$y_{fe,k,l} = K_f(S_{k,l} + J_{k,l} + n_{k,l}), \text{ где:}$$

$K_f$  - операторный коэффициент передачи цифрового фильтра с заданной полосой;

$$S_{k,l} = A G_c(t_{k,l} - \tau_k) \cos(\omega_{i,f} t_{k,l} + \omega_{d,k} l T_d + \varphi_k) - \text{модель полезного сигнала;}$$

$$J_{k,l} = A_j \cos(\omega_i t_{k,l} + \varphi_{j,k}) - \text{модель гармонической помехи;}$$

$n_{k,l}$  - ДБГШ с дисперсией  $\sigma_n^2$

## 2. Схема формирования дальномерного кода для ГЛОНАСС L1 СТ:

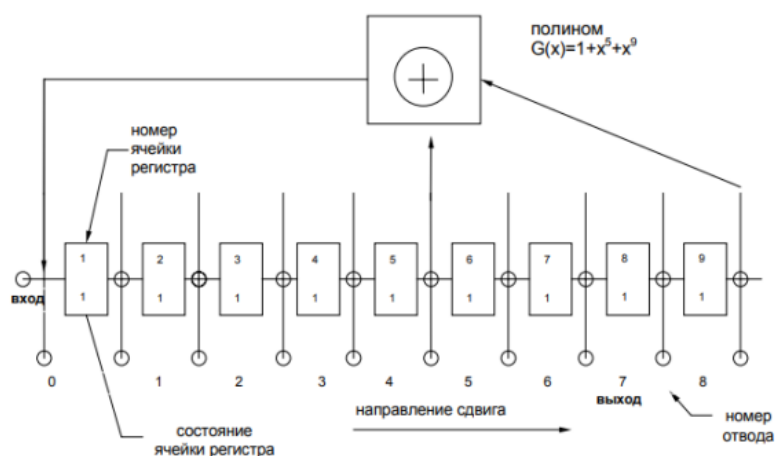


Рисунок 1 – Структура регистра сдвига, формирующего дальномерный код для ГЛОНАСС L1 СТ

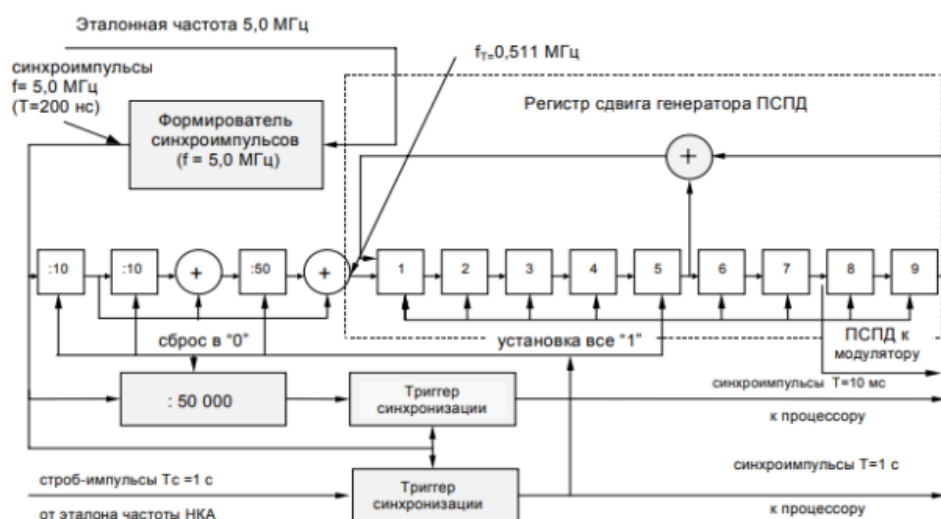


Рисунок 2 – Структурная схема формирования дальномерный код для ГЛОНАСС L1 СТ

### 3. Схема формирования дальномерного кода для GPS L1 C/A

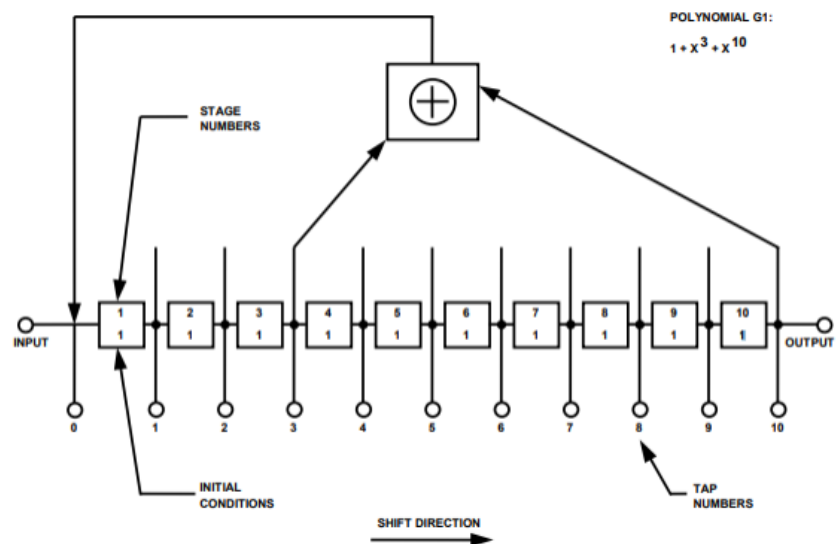


Рисунок 3 – Структура регистра сдвига G1, формирующего дальномерный код для GPS L1 C/A

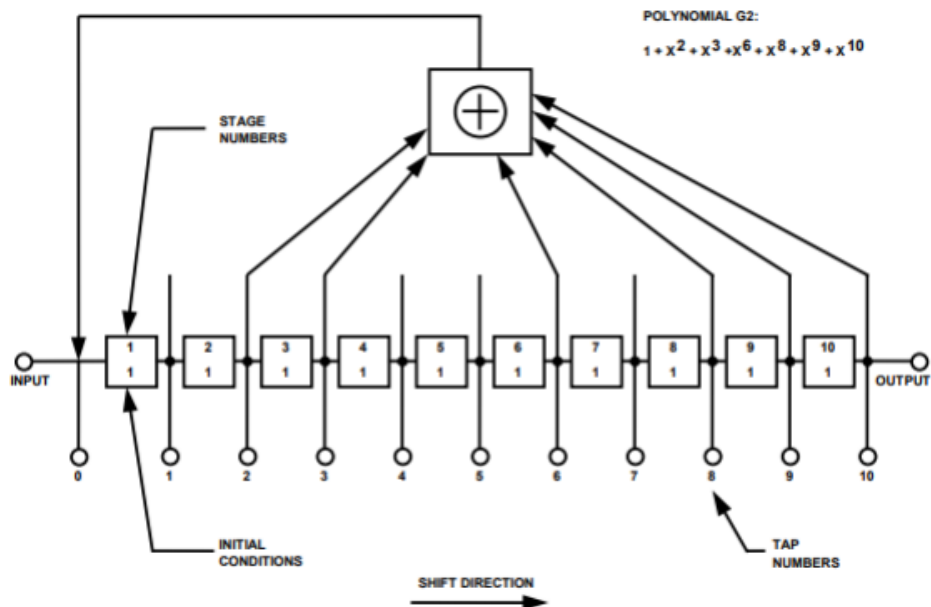


Рисунок 4 – Структура регистра сдвига G2, формирующего дальномерный код для GPS L1 C/A

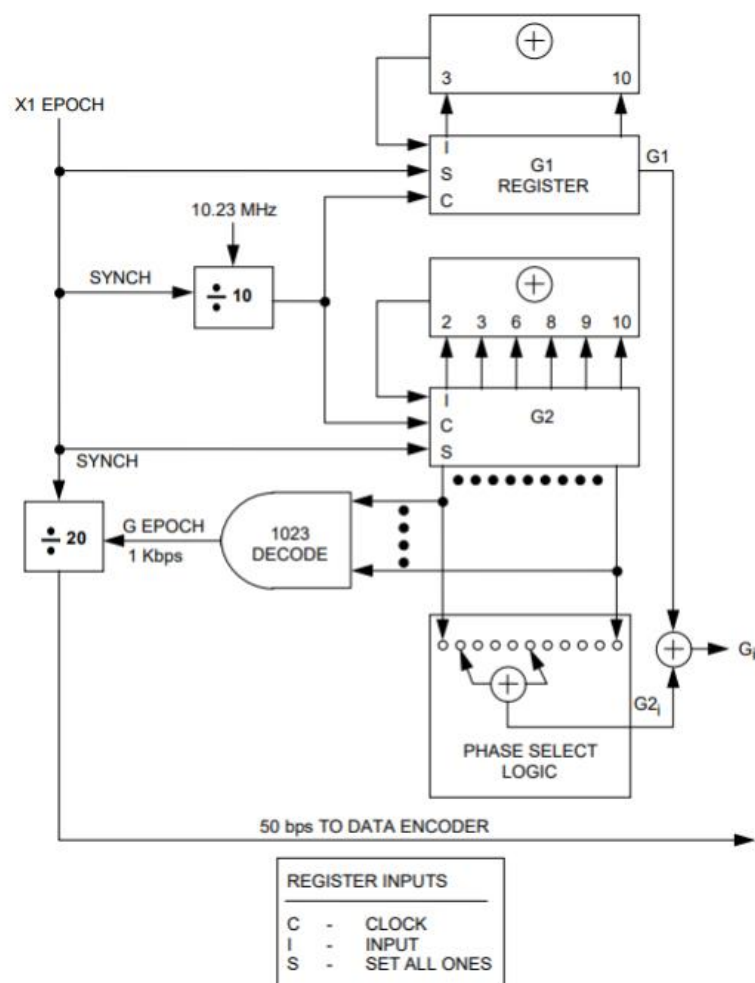


Рисунок 5 – Структура формирования дальномерный код для GPS L1 C/A

### Лабораторное задание

Отключить шум приемного устройства. Полоса фронтенда - «Бесконечность». Квантование принимаемой реализации и опорного сигнала отключено. Расстройка опорного сигнала по частоте  $dF=0$ . Параметры схемы формирования ДК установлены на основании ИКД. Определить промежуточную частоту сигнала, полосу сигнала.

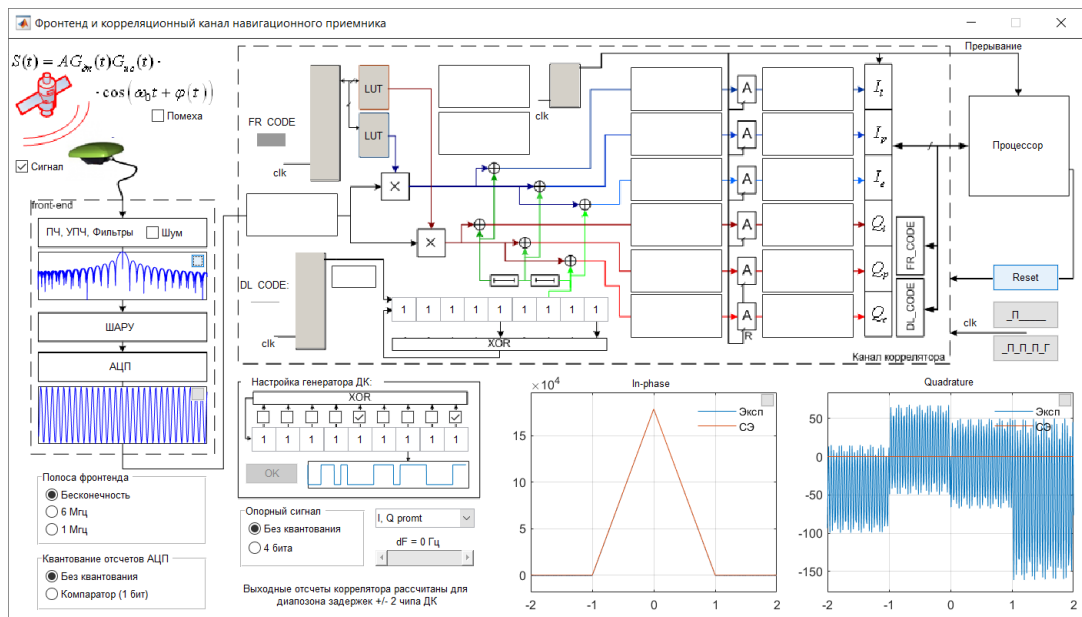


Рисунок 6 – Интерфейс имитационной модели с выполненной настройкой генератора

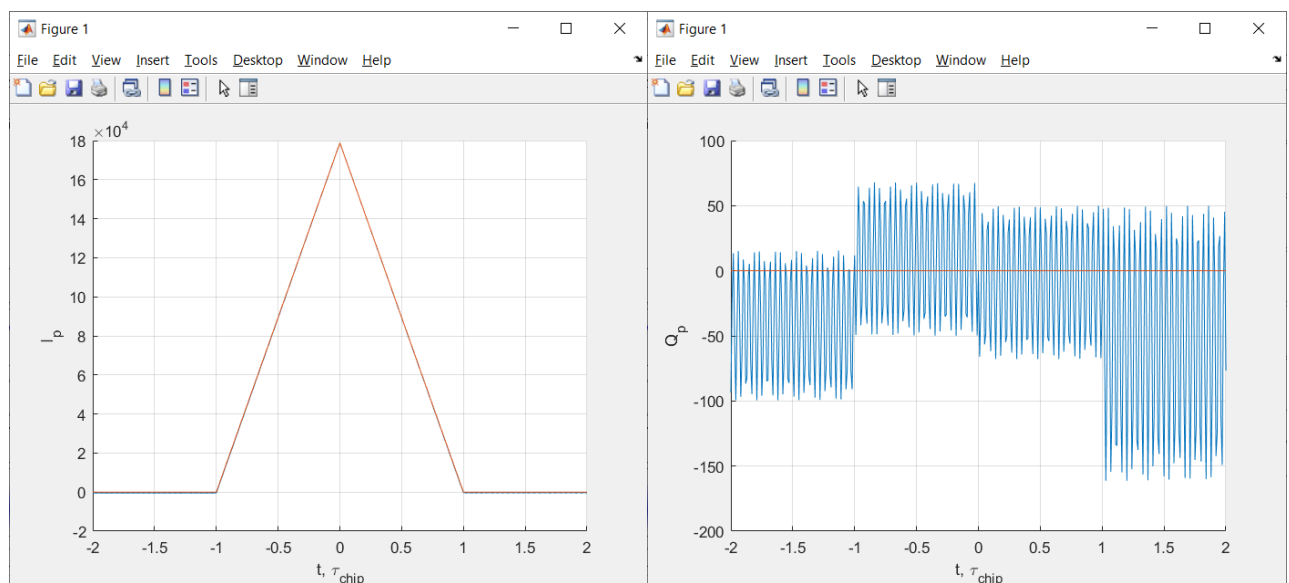


Рисунок 7 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

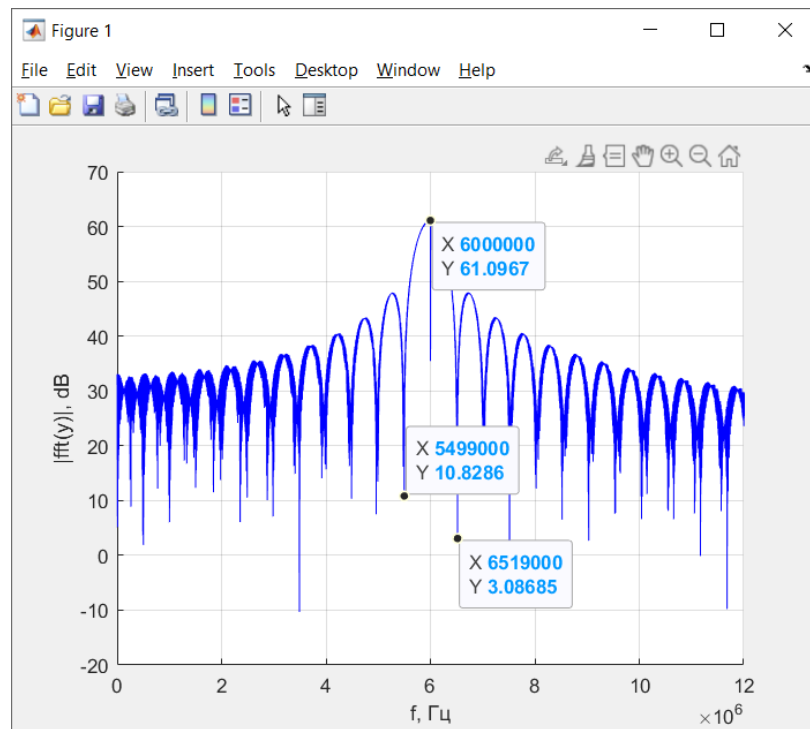


Рисунок 8 – Спектр радиосигнала

По виду спектра можно определить следующие параметры:

$$\Delta f = (6.519 - 5.499) \cdot 10^6 = 1.02 \text{ МГц} - \text{полоса сигнала}$$

Промежуточная частота 6 МГц

Установим полосу фронтеда равной 6 МГц, 1 МГц. Оценим групповое время запаздывания.

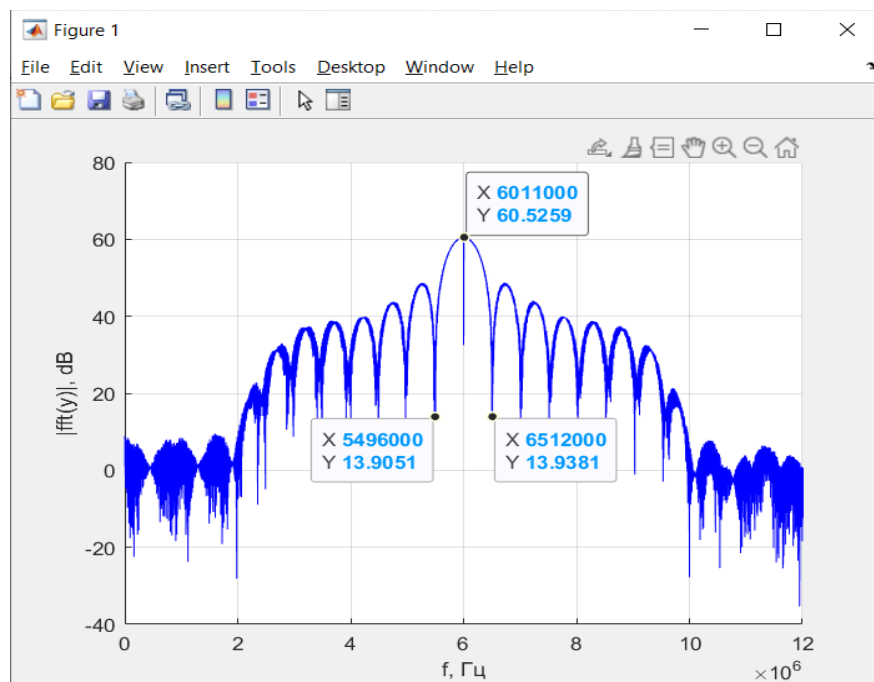


Рисунок 9 – Спектр радиосигнала при полосе фронтеда 6 МГц

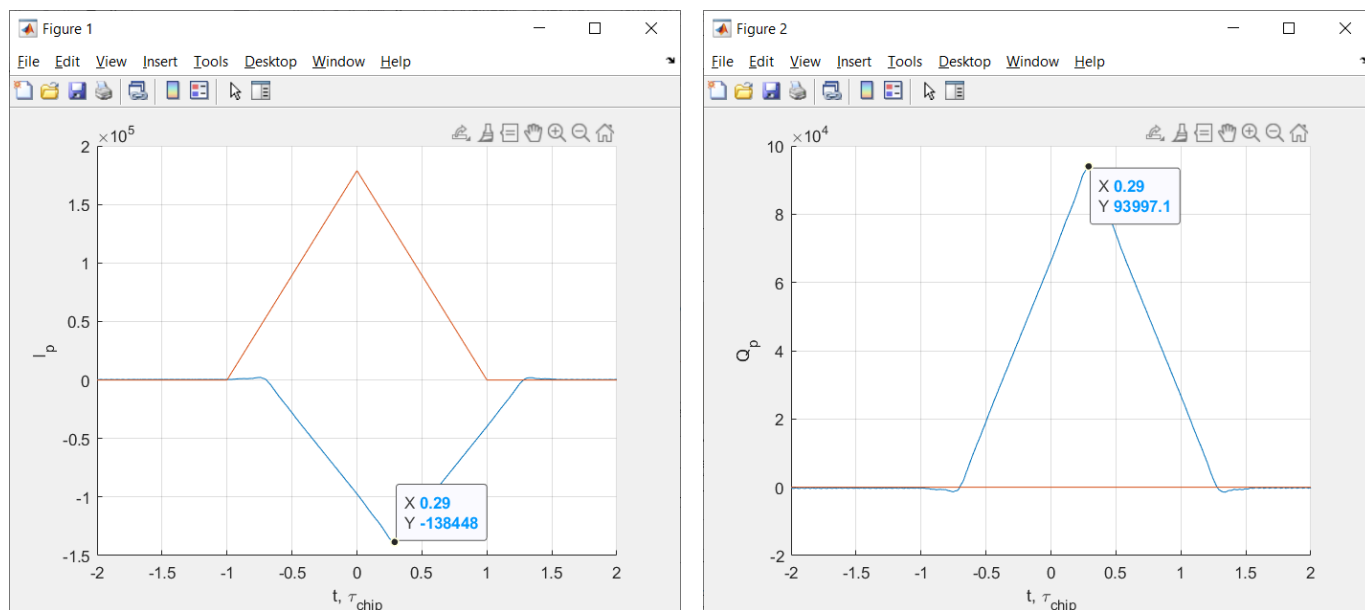


Рисунок 10 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтеда 6 МГц

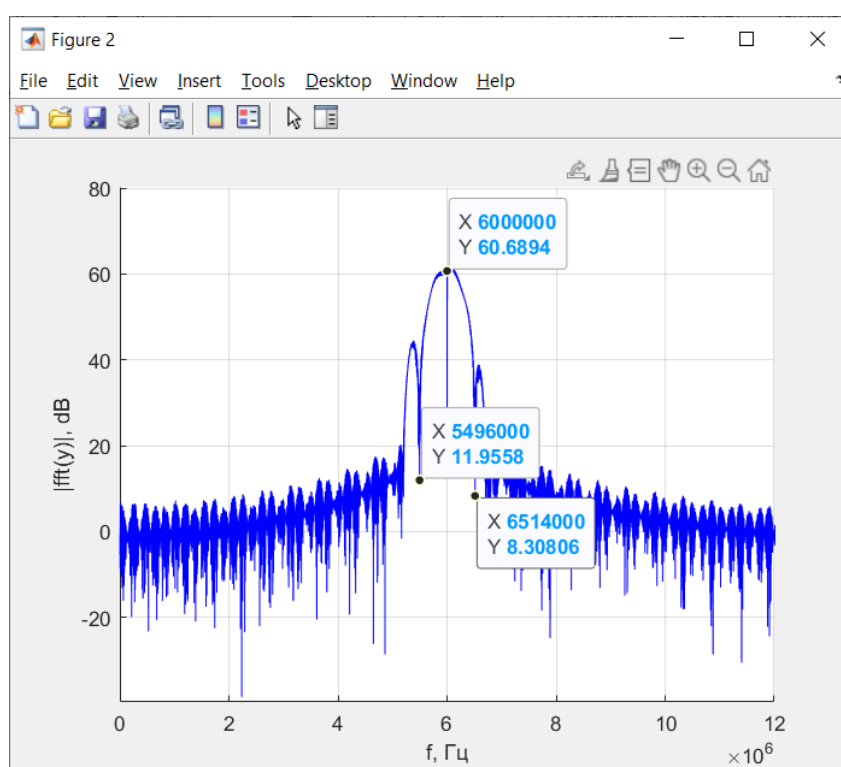


Рисунок 11 – Спектр радиосигнала при полосе фронтеда 1 МГц



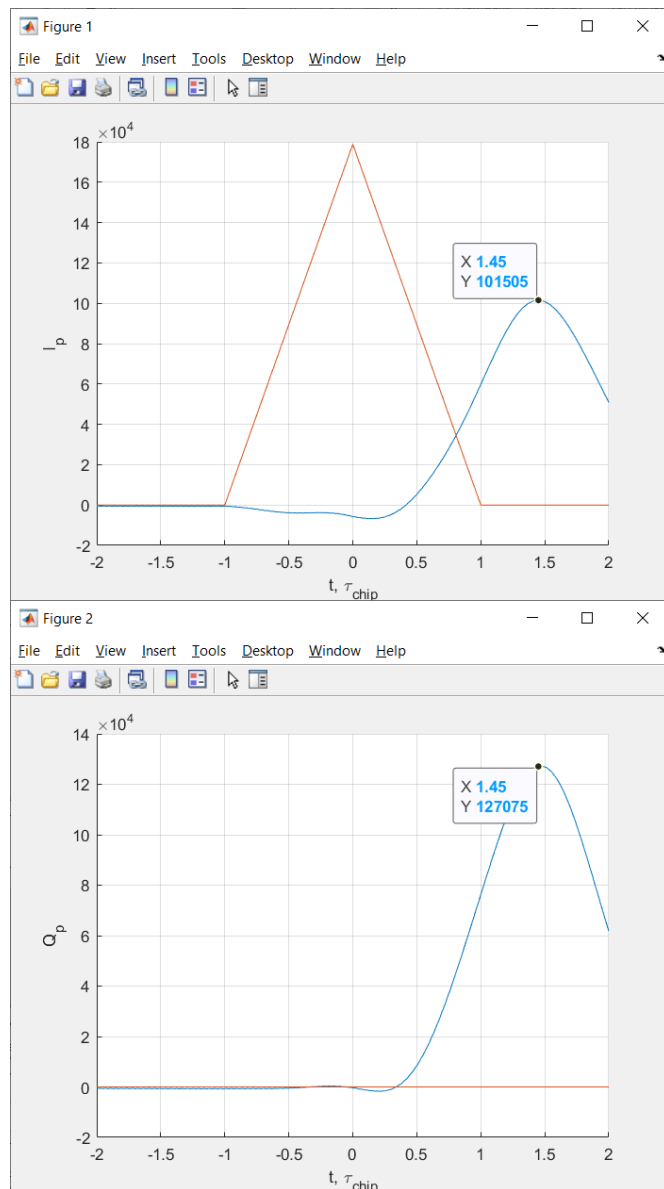


Рисунок 12 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтеда 1 МГц

Групповое время запаздывания для фронтеда:

Для 6 МГц, равно 0.29 мкс,

Для 1 МГц равно 1.45 мкс

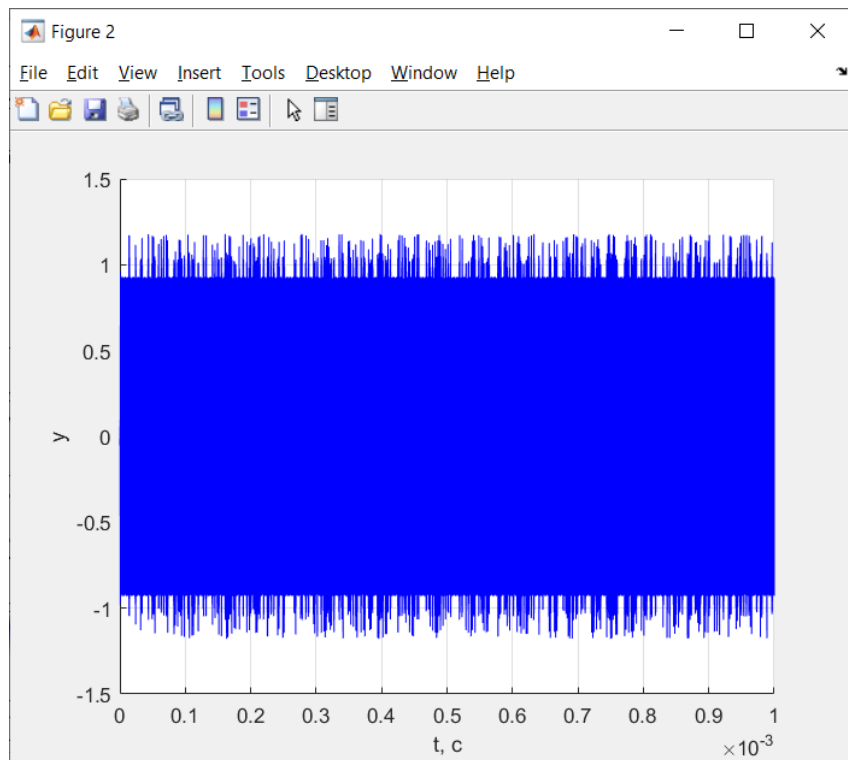


Рисунок 13 – Сигнал без шума

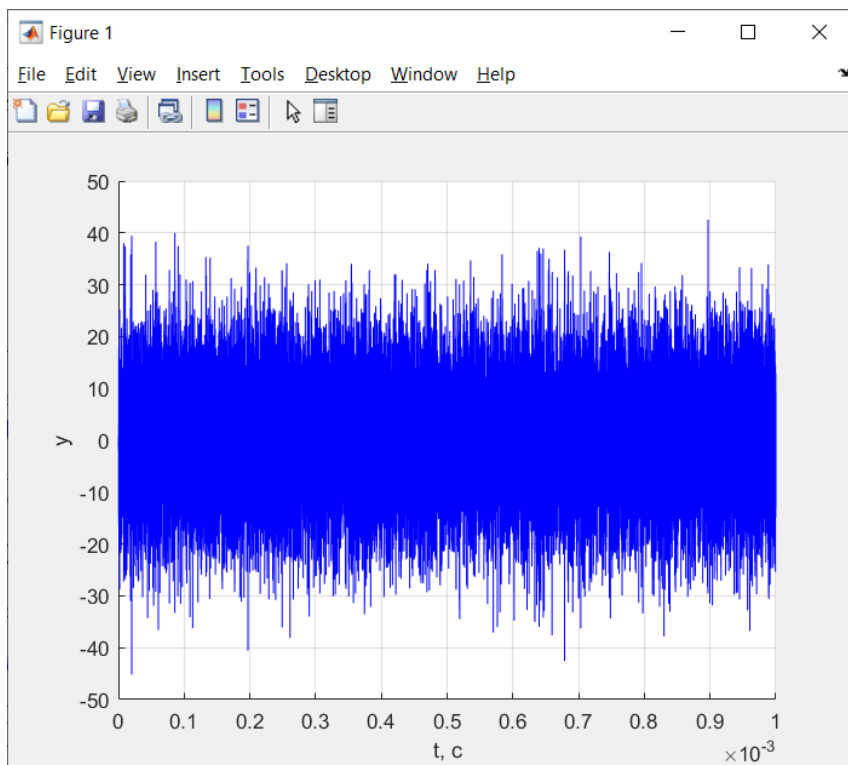


Рисунок 13 – Реализация шума

СКО шума:  $\sigma_n \approx 10 B$

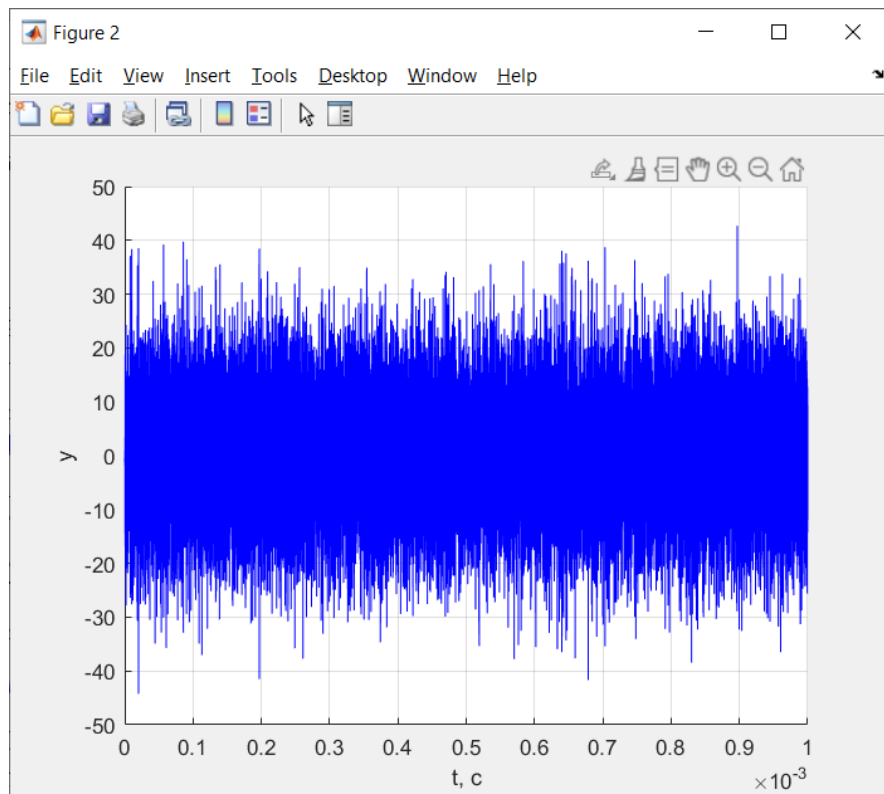


Рисунок 14 – Сигнал с шумом

Выполним расчёт отношения сигнал-шум:

$$q_{c/N_0} = \frac{P_s}{N_0} = \frac{U^2}{2 \cdot D_n \cdot T_{d\phi}} = \frac{U^2 \cdot F_d}{2 \cdot \sigma_n^2} = \frac{1 \cdot 49 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^2} = 2.44 \cdot 10^5 \text{ раз} = 52 \text{ дБГц}$$

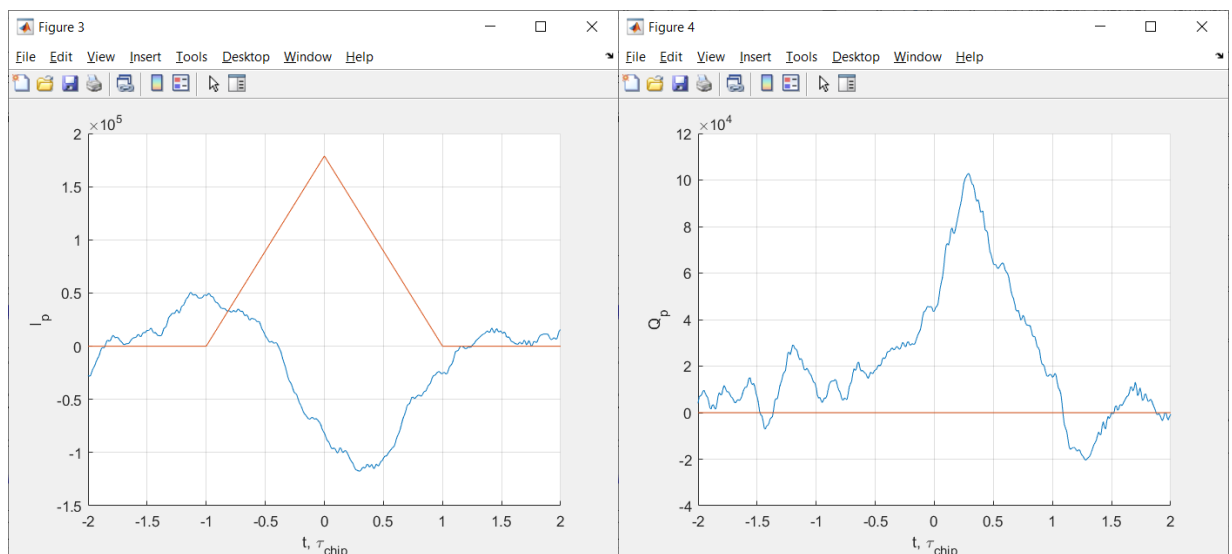


Рисунок 15 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

Наблюдать за изменением шумовой составляющей корреляционных функций при изменении полосы фронтеда. Исследовать зависимость мощности шумовой составляющей корреляционных компонент от полосы фронтеда, сделать соответствующие записи в отчете.

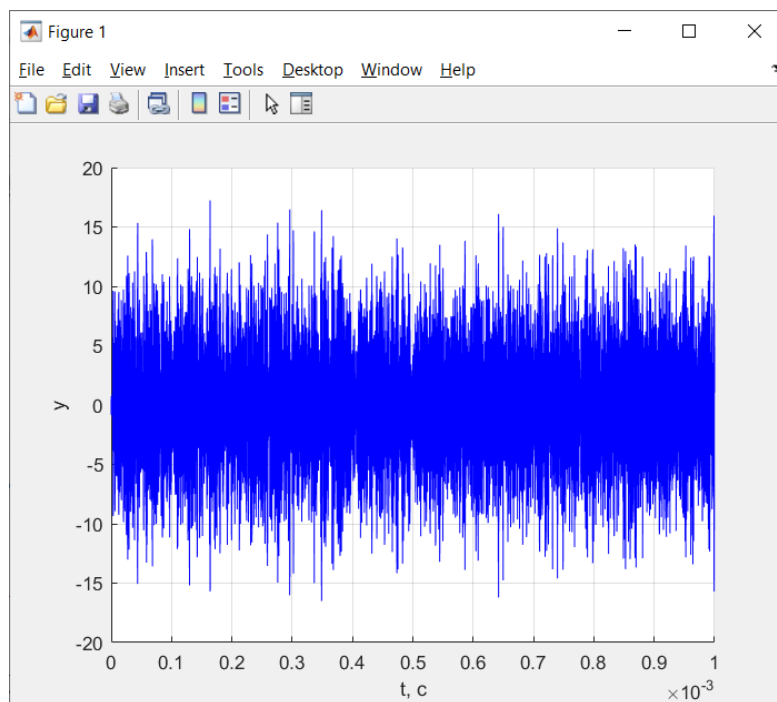


Рисунок 16 – Сигнал с шумом при 1 МГц и наличии шума

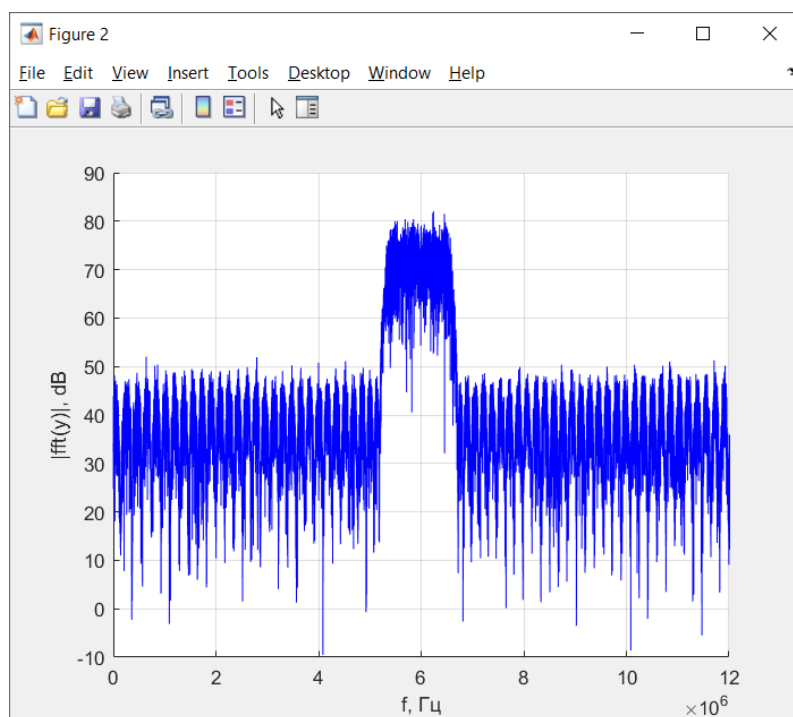


Рисунок 17 – Спектр радиосигнала при полосе фронтеда 1 МГц и наличии шума

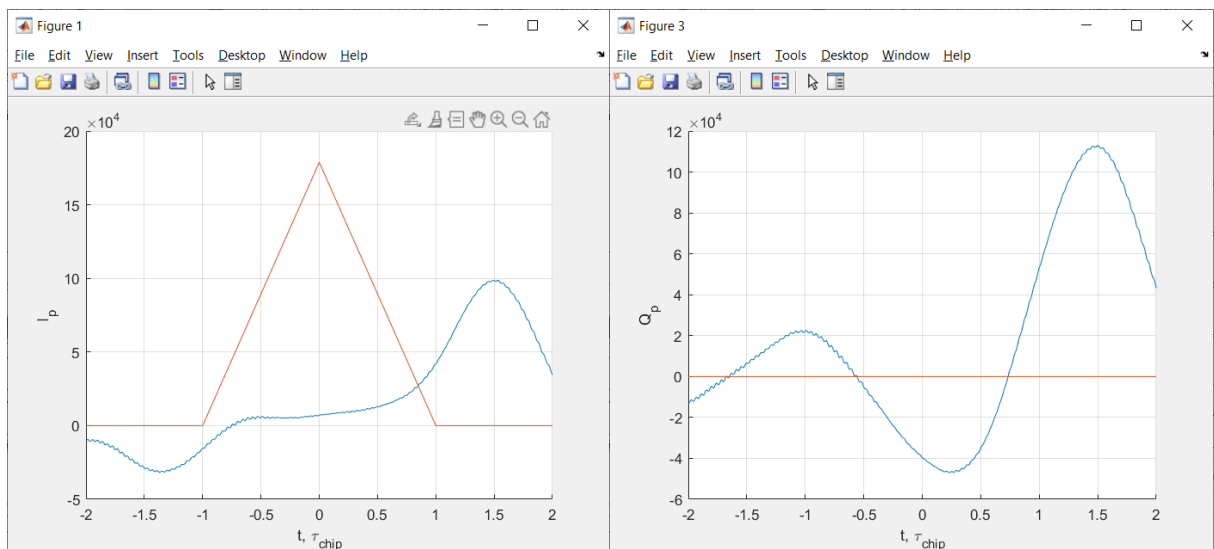


Рисунок 18 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтона 1 МГц и наличии шума

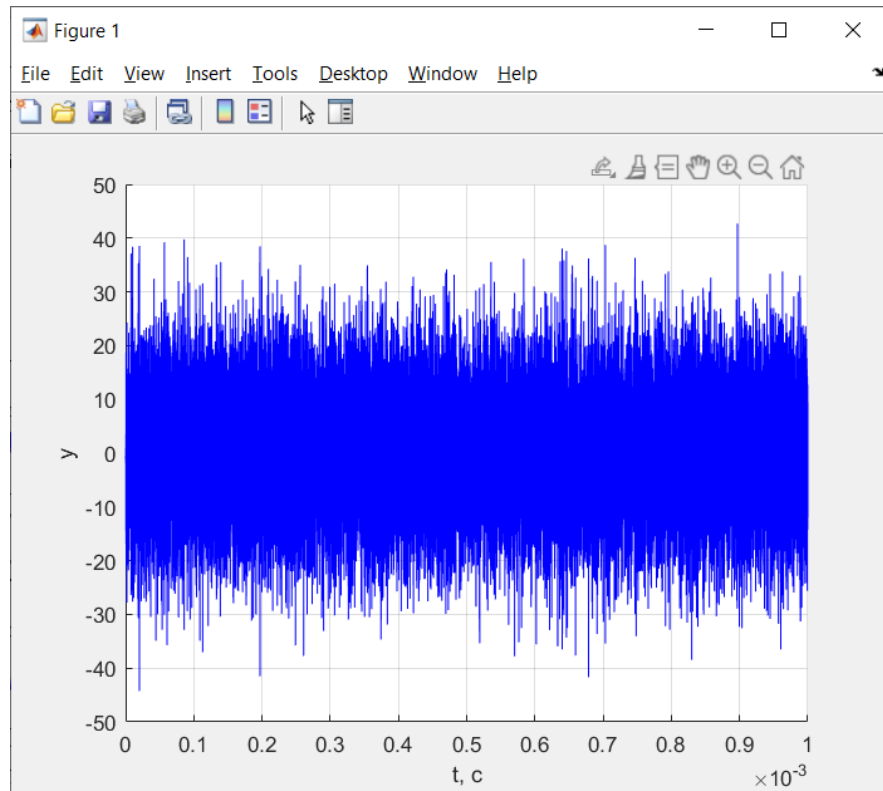


Рисунок 19 – Сигнал с шумом при 6 МГц и наличии шума

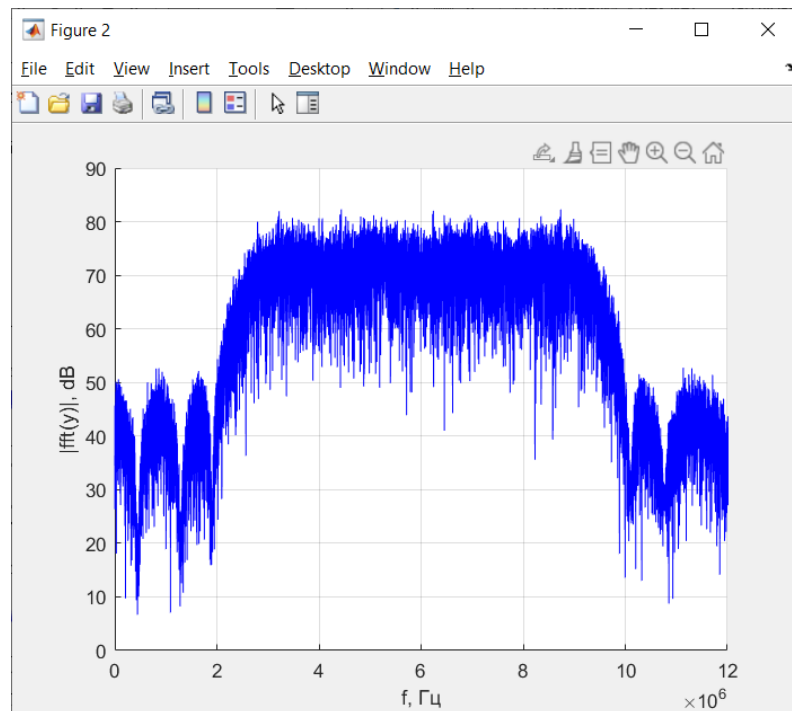


Рисунок 20 – Спектр радиосигнала при полосе фронтеда 6 МГц и наличии шума

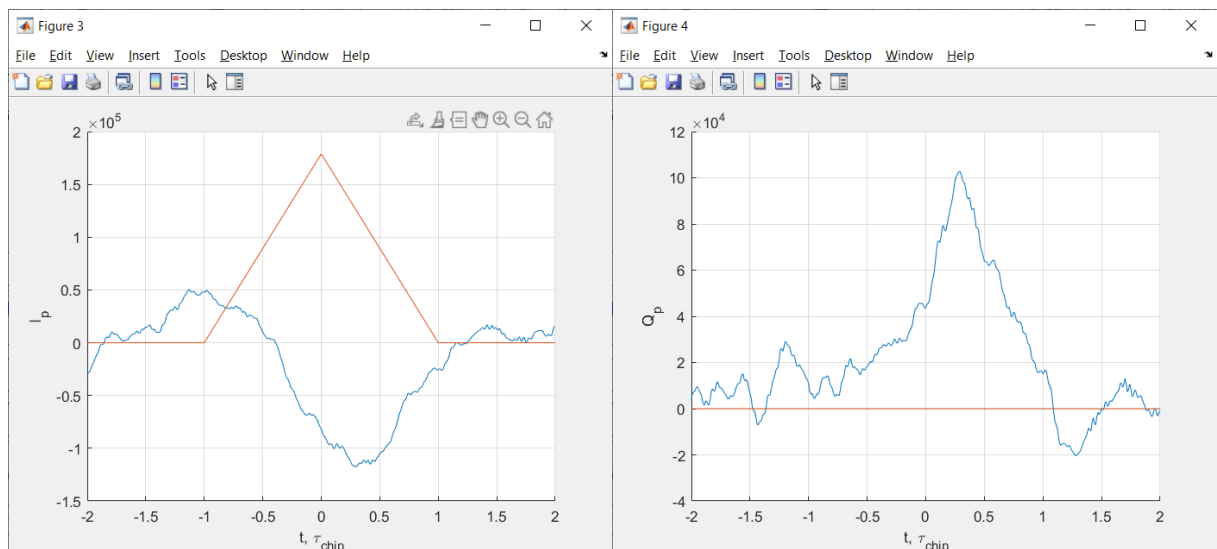


Рисунок 21 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтеда 6 МГц и наличии шума

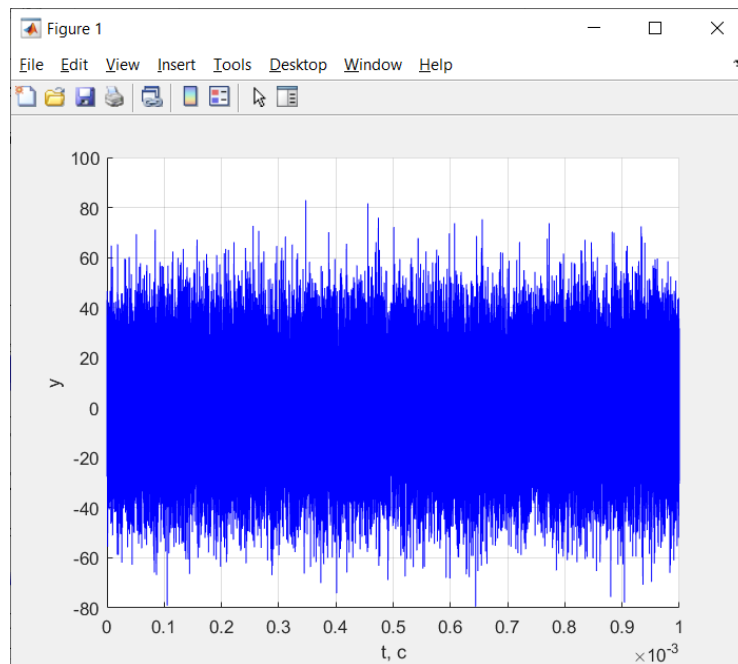


Рисунок 22 – Сигнал с шумом при полосе фронтеда – бесконечность и наличием шума

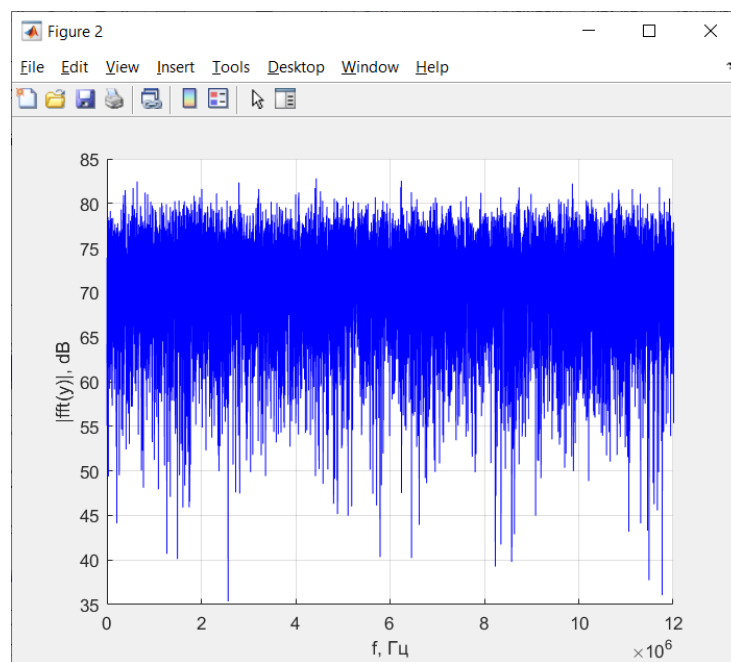


Рисунок 23 – Спектр радиосигнала при полосе фронтеда бесконечность и наличием шума

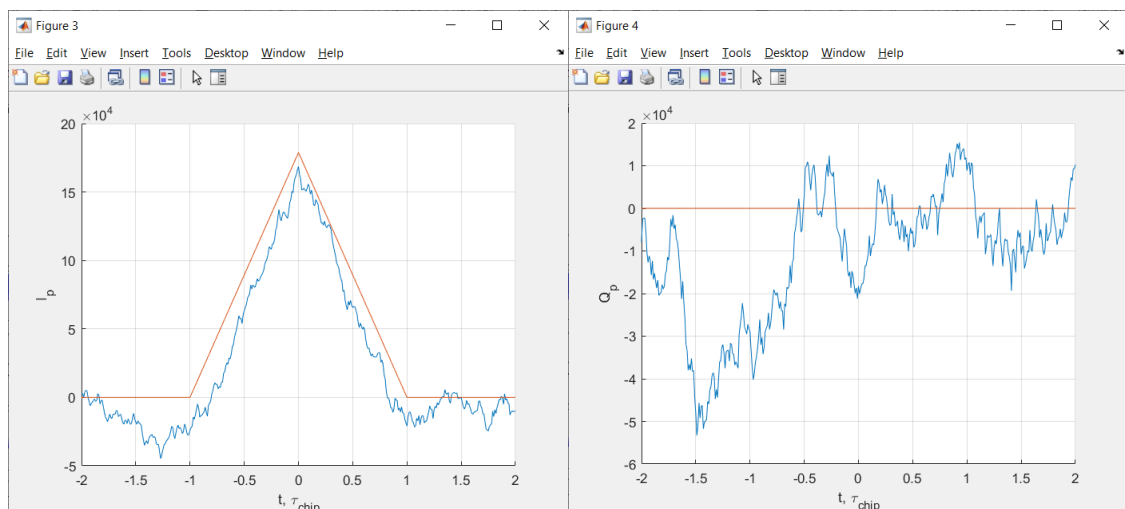


Рисунок 24 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтенда равной бесконечности и наличии шума

По полученным результатам видно, что увеличении полосы фронтенда приводит к росту мощности шумовой составляющей аддитивной смеси сигнала и шума, т.к. чем больше полоса, тем больше шума пройдет в нее.

Включить шум. Исследовать влияние квантования входных отсчетов и опорных сигналов на корреляционные суммы.

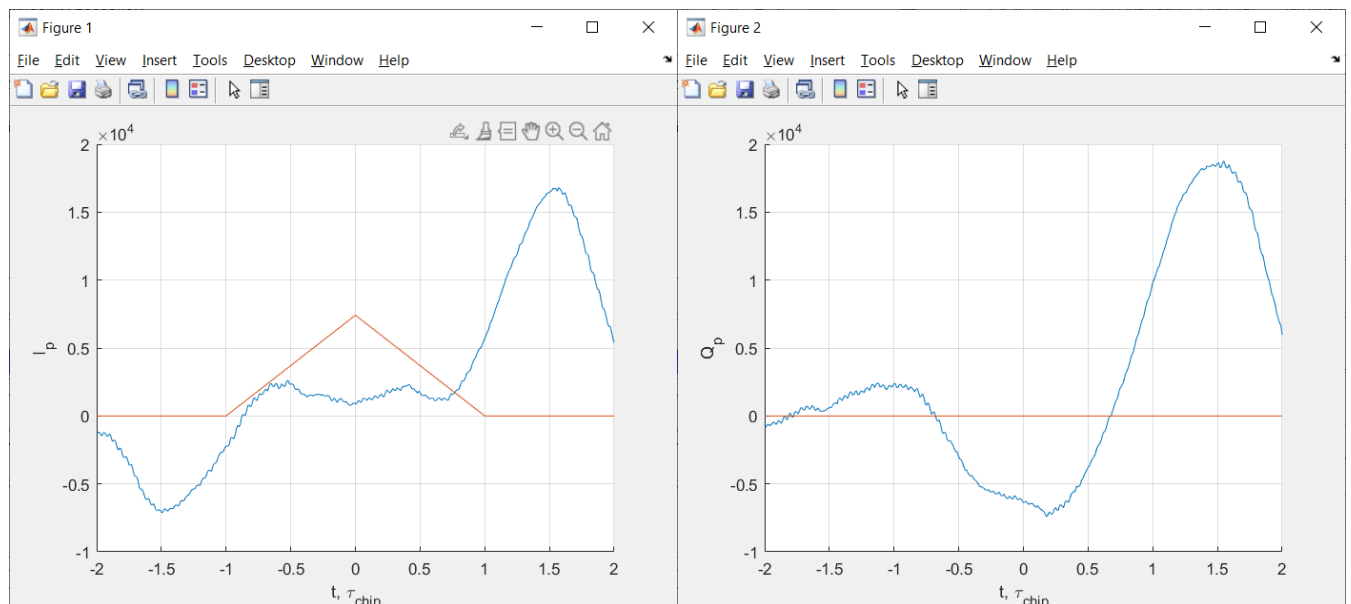


Рисунок 25 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтенда равной 1 МГц, наличием помехи и включенным квантователем отсчётов АЦП



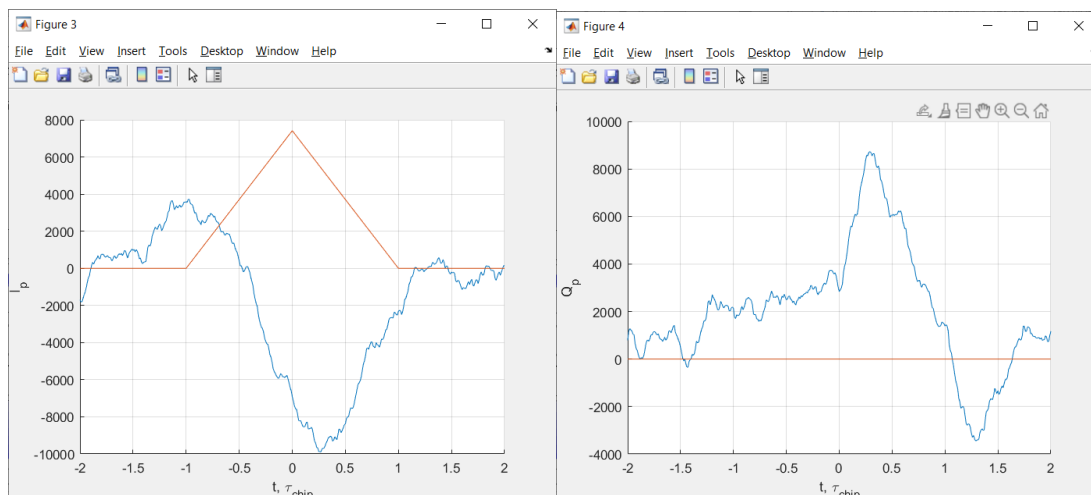


Рисунок 26 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта равной 6 МГц, наличием помехи и включенным квантователем отсчётов АЦП

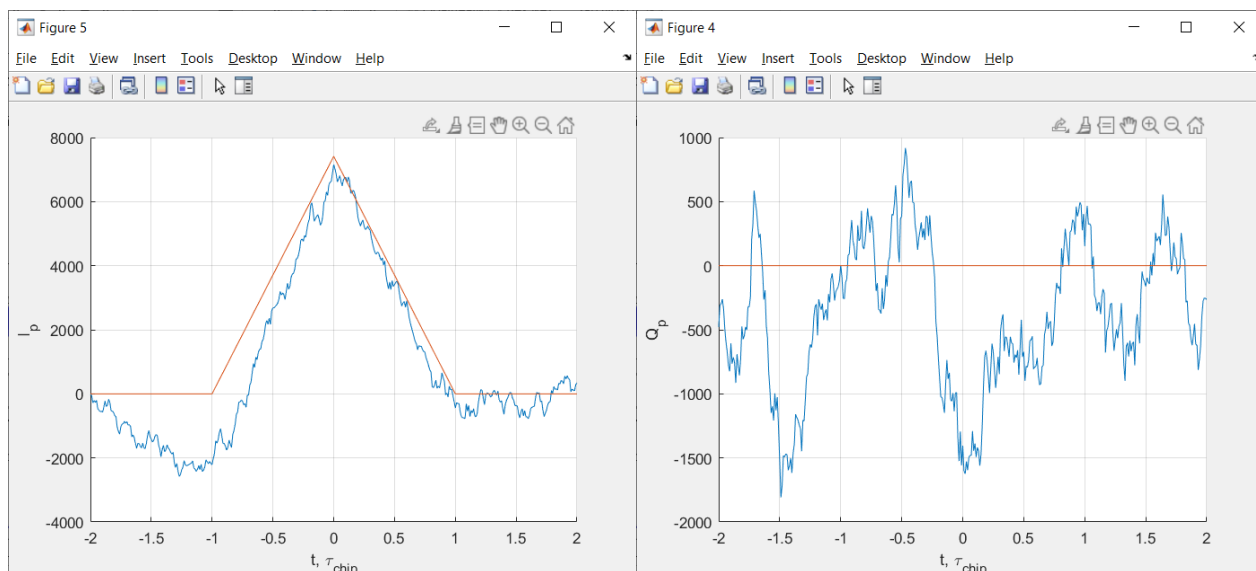


Рисунок 27 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта равной бесконечность

С расширением полосы фронта происходит увеличение ошибки квантования при аналого-цифровом преобразовании. Малая разрядность добавляет аддитивный шум квантования. Отношение сигнал/шум немного снижается.

Включить узкополосную помеху, исследовать её влияние на корреляционные суммы. Определить отношение мощности помехи к мощности сигнала.

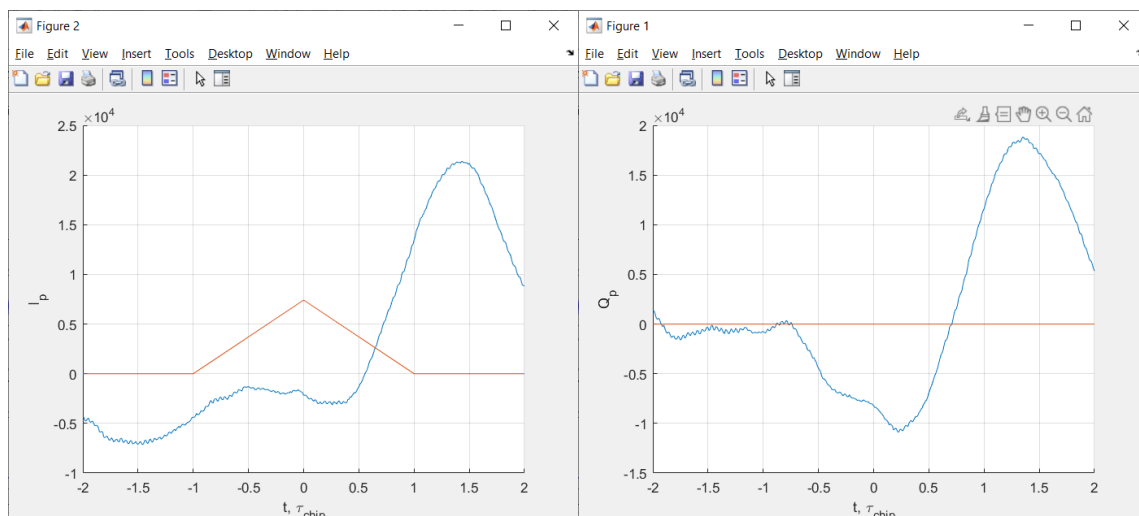


Рисунок 28 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтенда равной 1 МГц (при наличии помехи)

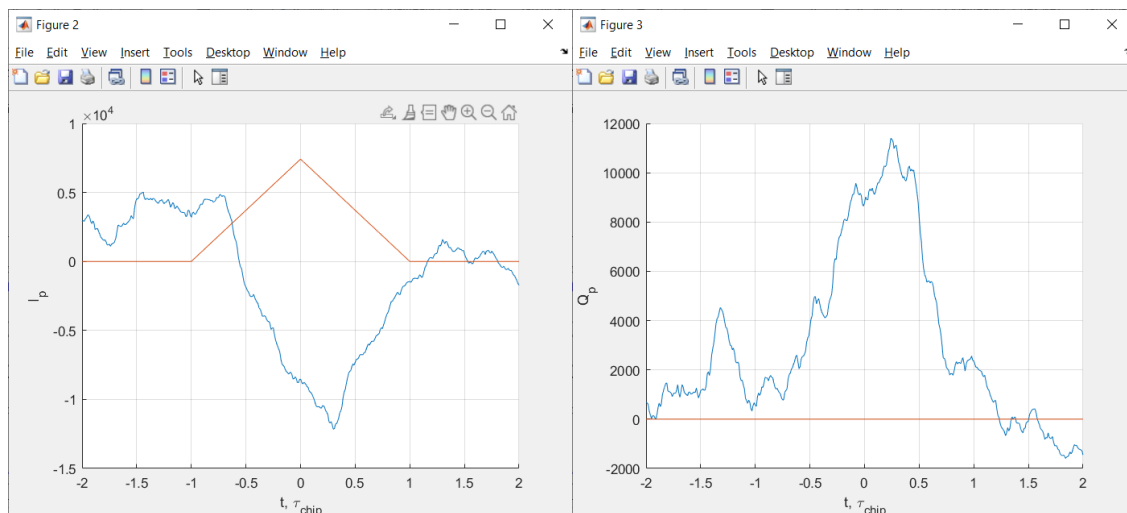


Рисунок 29 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтенда равной 6 МГц (при наличии помехи)

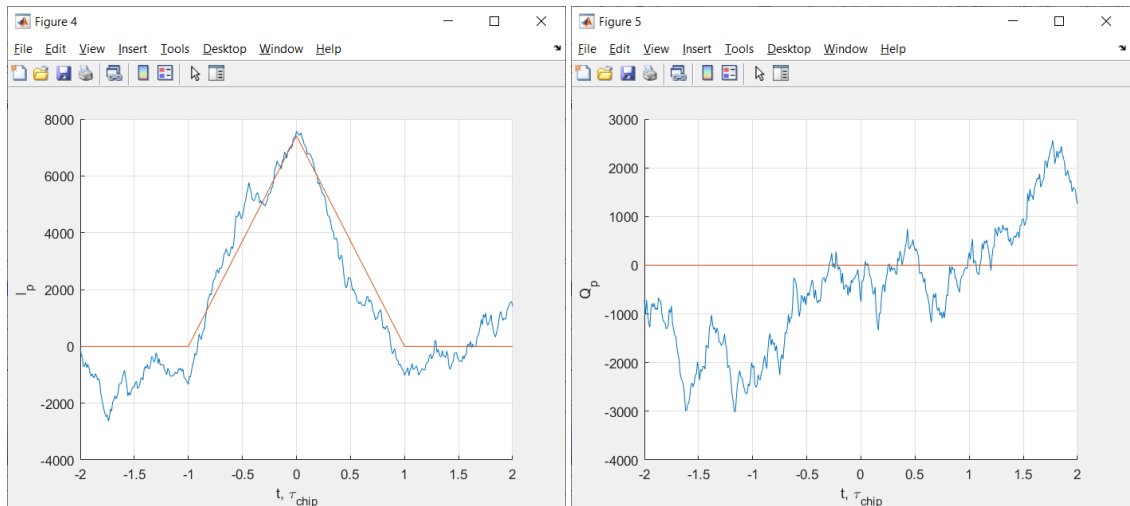


Рисунок 30 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтеда равной бесконечность (при наличии помехи)

По полученным результатам видно, что с добавлением узкополосной помехи в аддитивную смесь сигнала и шума приводит к увеличению сигнальной составляющей такой смеси. Это видно из рисунка 28, где максимальное значение статистического эквивалента ниже, чем значение синфазной составляющей корреляционной функции.

Установим нулевую ошибку по частоте. В отсутствии узкополосной помехи при наличии шума приемника проведем исследование процессов в пошаговой модели коррелятора.

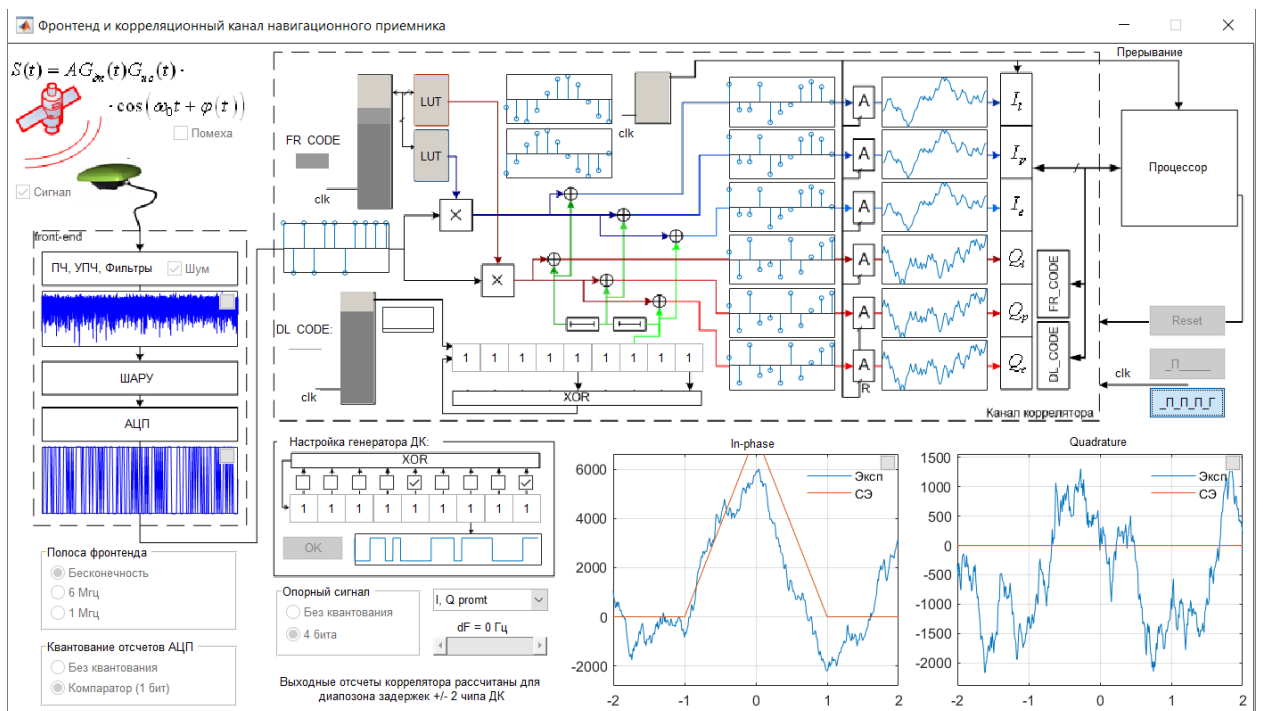


Рисунок 31 – Пошаговая модель коррелятора

## **Вывод**

В ходе лабораторной работы мы исследовали коррелятор. Исследовали структуру и свойства функциональных элементов корреляторов АП СРНС для ГЛОНАСС и GPS L1. Исследовали характеристики процессов, происходящих в корреляторах АП СРНС. Посмотрели, как влияет шум и узкополосная помеха на синфазные и квадратурные составляющие корреляционной функции.