

ФГБОУ ВО
Национальный исследовательский университет
«МЭИ»
Кафедра РТС



Институт
Направление

Радиоэлектроники
Радиоэлектронные системы и комплексы

Лабораторная работа №3
по дисциплине «АП СРНС»

«Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной модели»

Выполнил:
Студент 4-го курса
группы ЭР-15-17
Муратов Н.С.

Принял:
Корогодин И.В.

Оценка: _____

Дата: _____

Подпись: _____

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:

Выражения для статистических эквивалентов выходных отсчетов коррелятора:

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

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

Модель шкалы времени:

$$t_{k,l} = t_{k,0} + l T_d = t_{k,0} + L T_d$$

Модель сигнала на выходе АЦП:

$$y_{k,l} = Q_u(y_{fe,k,l})$$

Модель на выходе радиочастотного блока:

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

Схема формирования дальномерного кода для ГЛОНАСС L1 СТ:

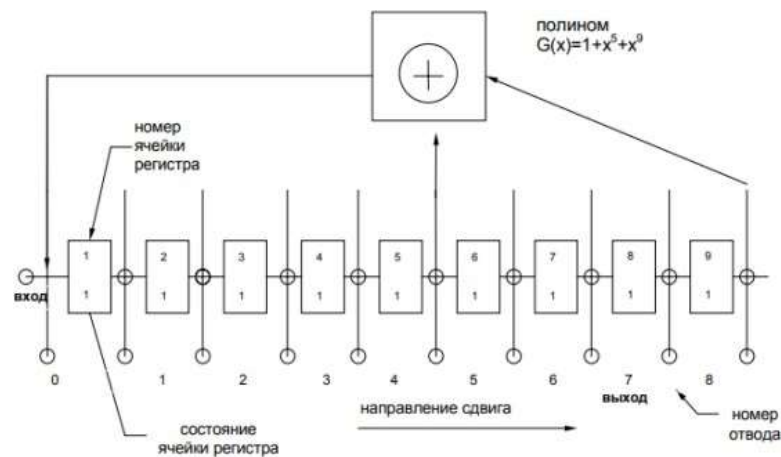


Рисунок 1 – Структура регистра сдвига, формирующего дальномерного кода для ГЛОНАСС L1 СТ

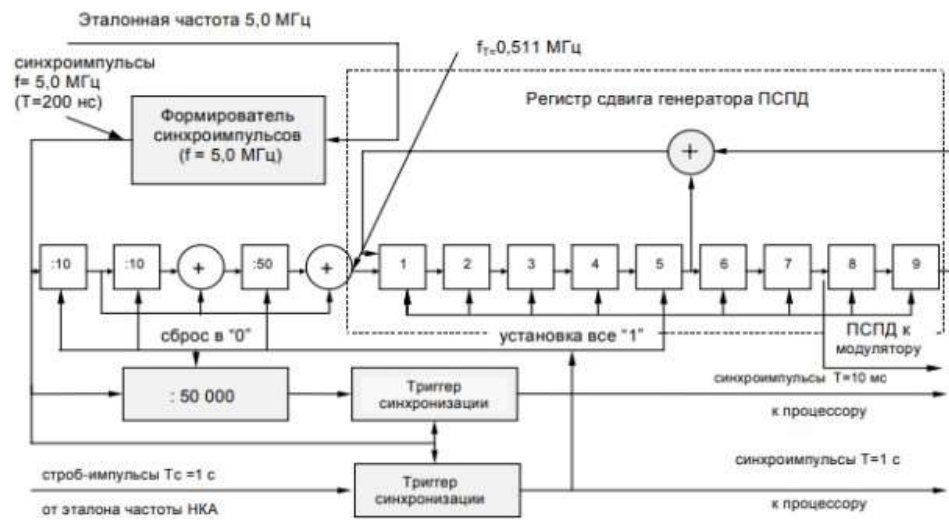


Рисунок 2 – Структурная схема формирования дальномерного кода для ГЛОНАСС L1 СТ

Схема формирования дальномерного кода для GPS L1 C/A

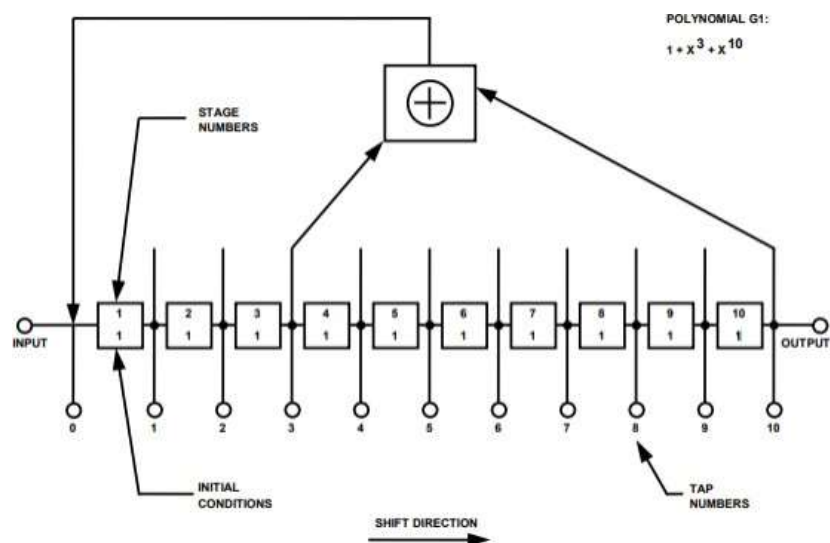


Рисунок 3 – Структура регистра сдвига G1, формирующего дальномерный код для GPS L1 C/A

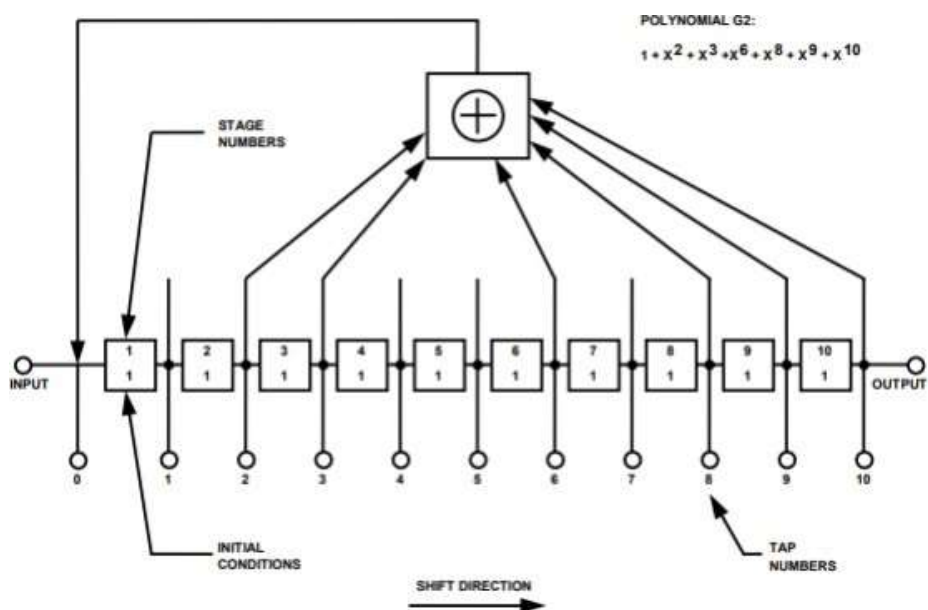


Рисунок 4 – Структура регистра сдвига G2, формирующего дальномерный код для GPS L1 C/A

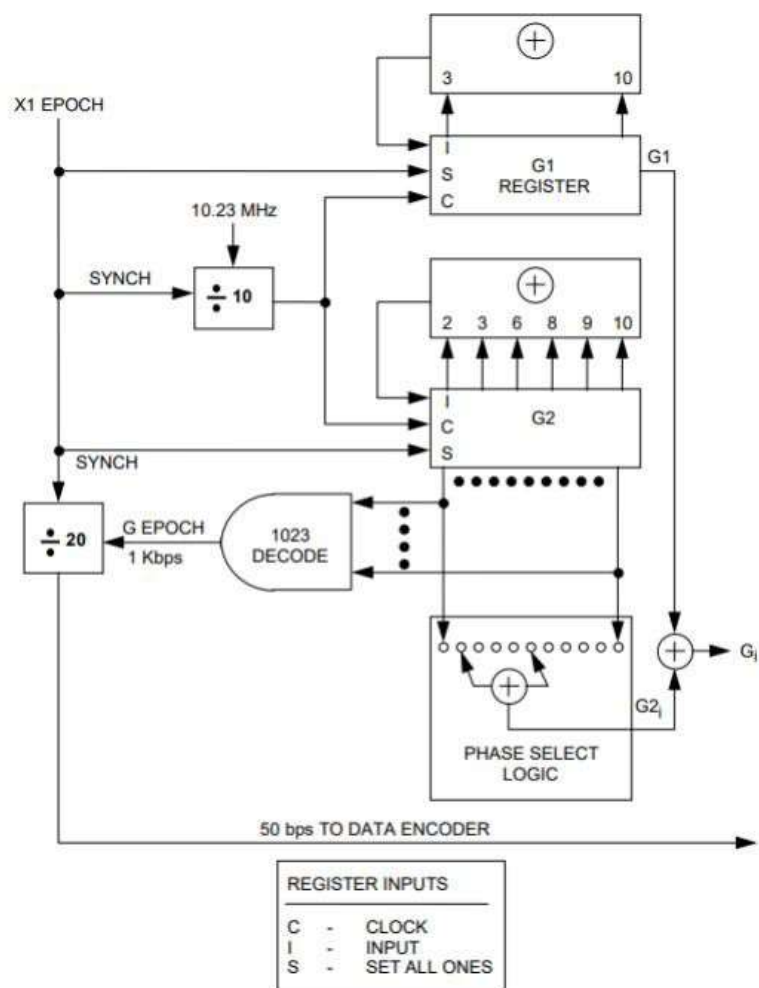


Рисунок 5 – Структура формирования дальномерного кода для GPS L1 C/A

Лабораторное задание:

Отключим шум приемного устройства. В качестве значения полосы фронтенда выбрана "Бесконечность". Квантование принимаемой реализации и опорного сигнала отключено. Расстройка опорного сигнала по частоте установлена нулевой.

На основании ИКД необходимо установить параметры схемы формирования дальномерного кода у ГЛОНАСС.

Согласно ИКД ГЛОНАСС, при инициализации во все разряды записываются единицы. При поступлении сигнала chip происходит сдвиг регистра: значение из первого разряда переписывается во второй, из второго в третий и т.д. В первый разряд записывает результат операции исключающее или для значений 5 и 9 разряда регистра до осуществления сдвига.

В модель для исследования записана последовательность: 1 1 1 1 1 1 1 1.

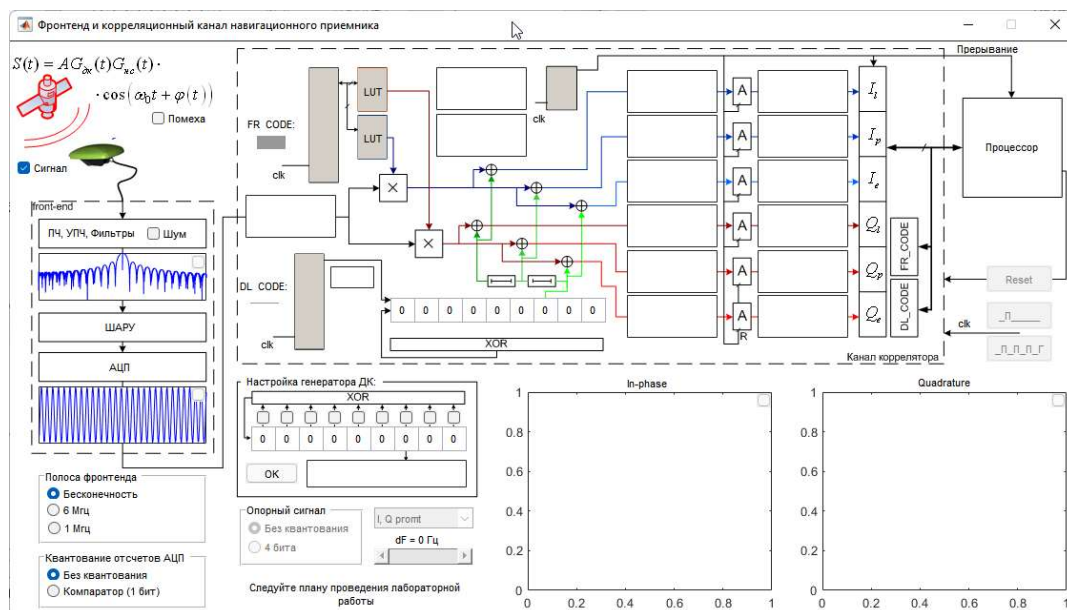


Рисунок 6 – Интерфейс имитационной модели

При помощи модели в Matlab получена вычисленная корреляционная функция.

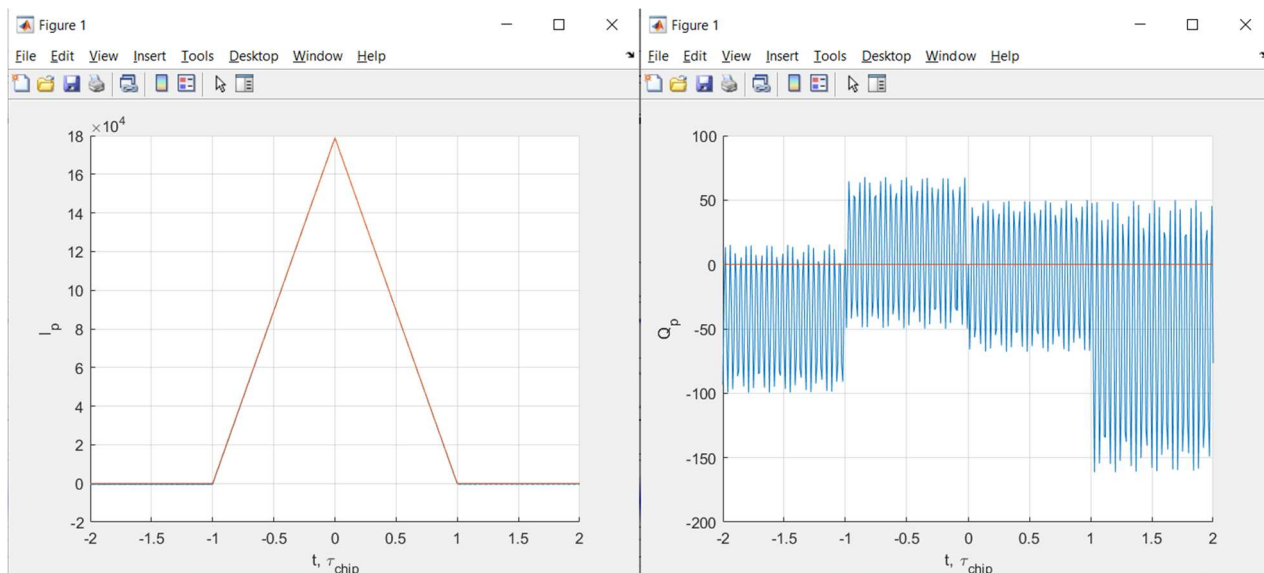


Рисунок 7 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

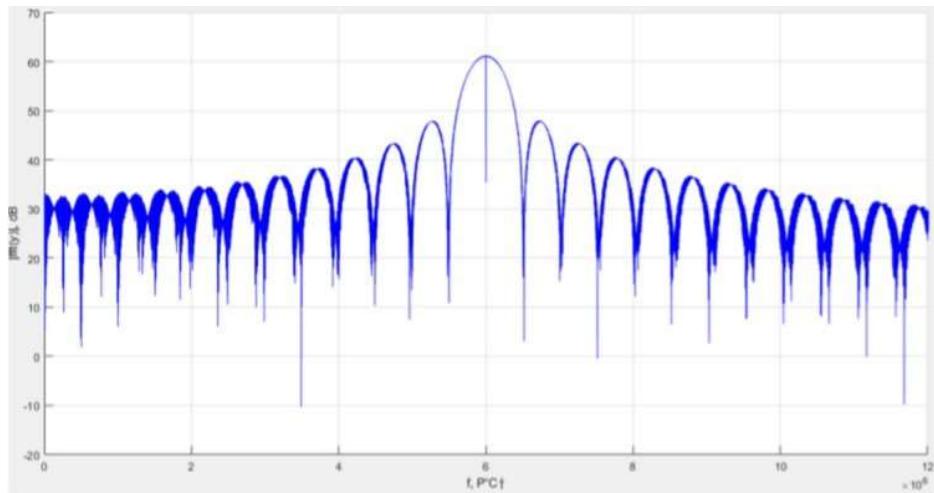


Рисунок 8 – Спектр сигнала

Исходя из графика на рисунке 8 определили:

- Промежуточная частота = 6 МГц
- Полоса сигнала $\approx 1,02$ МГц :

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

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

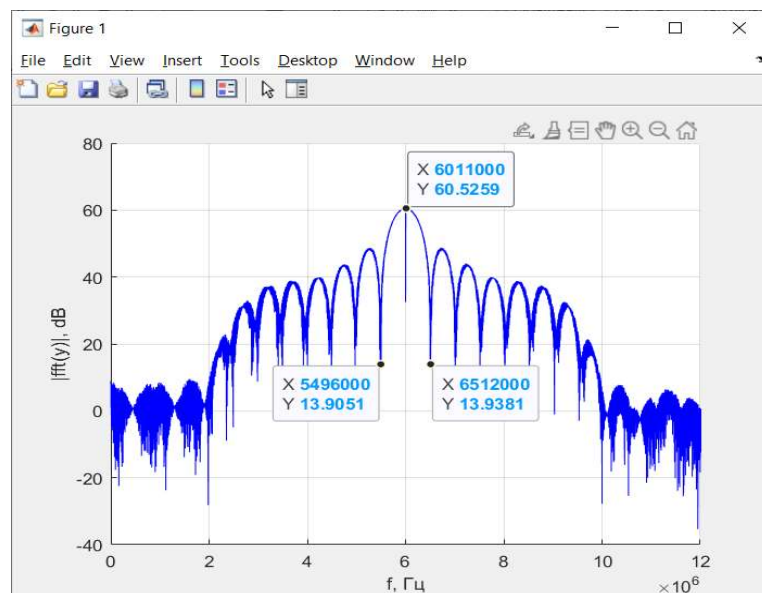


Рисунок 9 – Спектр радиосигнала при полосе фронтеда 6 МГц

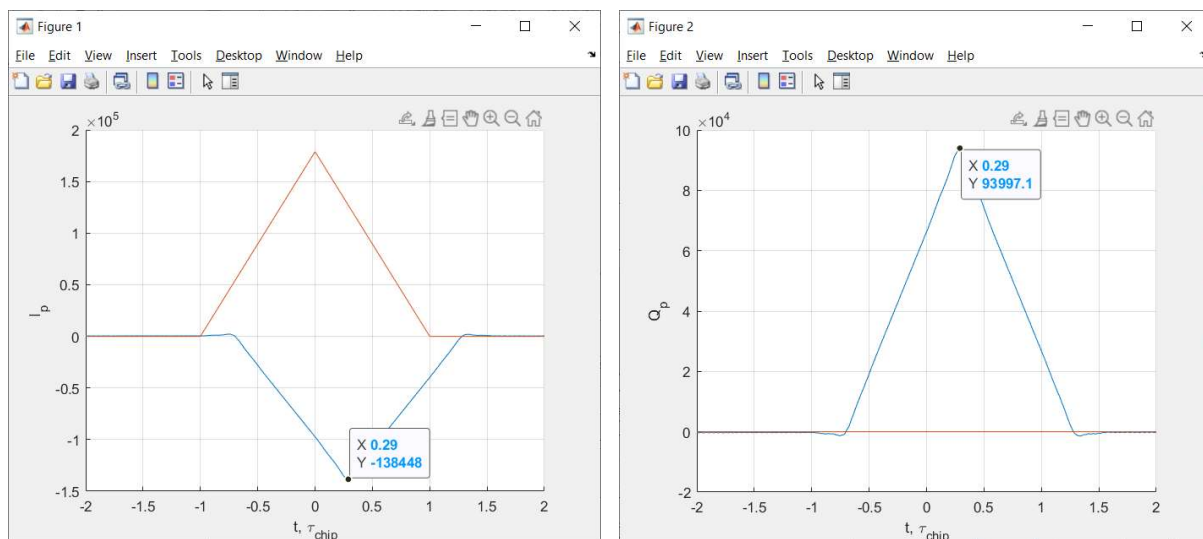


Рисунок 10 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтенда 6 МГц

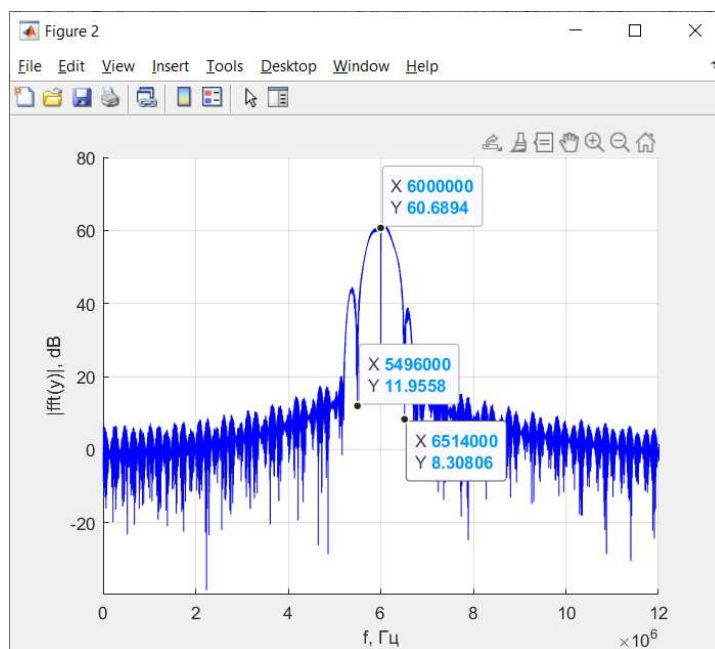


Рисунок 11 – Спектр радиосигнала при полосе фронтенда 1 МГц

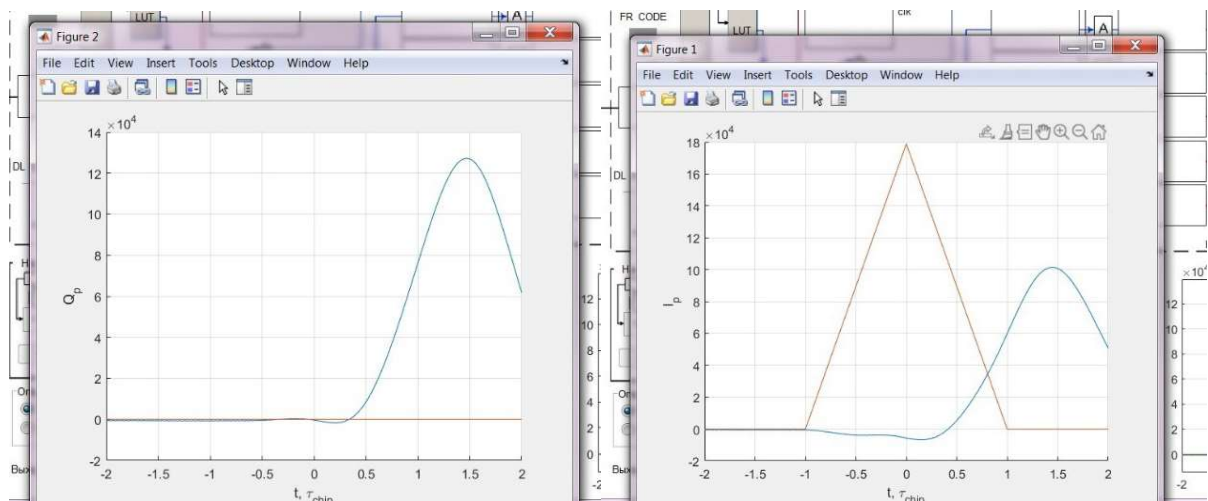


Рисунок 12 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта 1 МГц

Групповое время запаздывания для фронта:

Для 6 МГц – 0,29 мкс, для 1 МГц – 1,45 мкс.

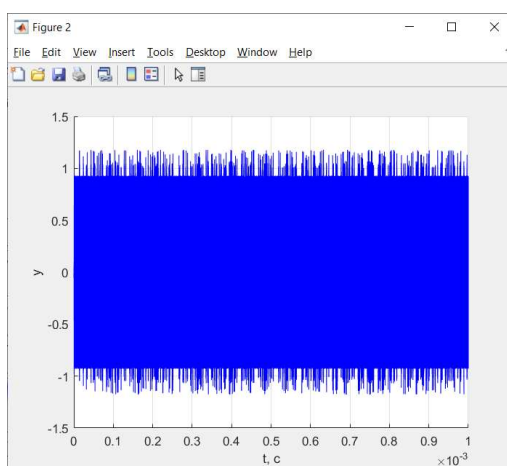


Рисунок 13 – Сигнал без шума

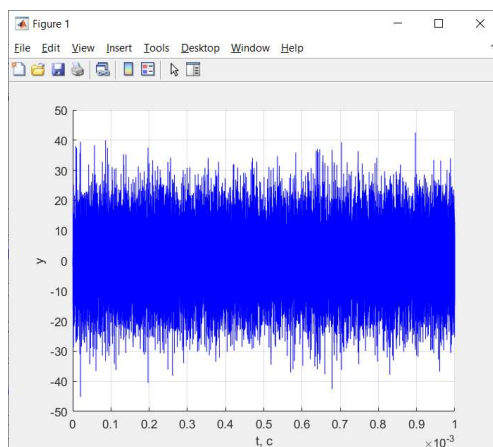


Рисунок 13 – Реализация шума

СКО шума: $\sigma_n \approx 10 B$

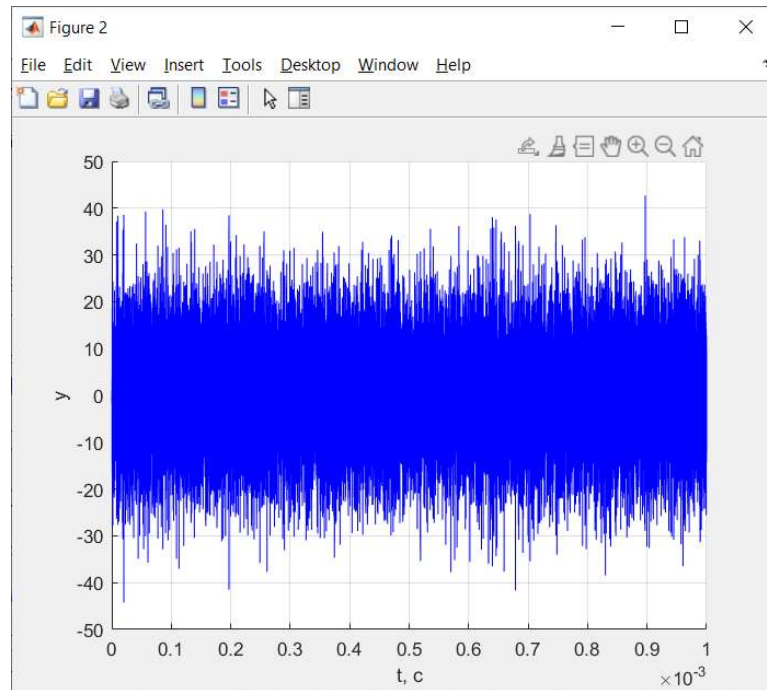


Рисунок 14 –Реализация сигнала с шумом

Выполним расчет отношения сигнал-шум (SNR):

$$q_c/N_0 = \frac{P_s}{N_0} \approx 45.4 \text{ дБ}$$

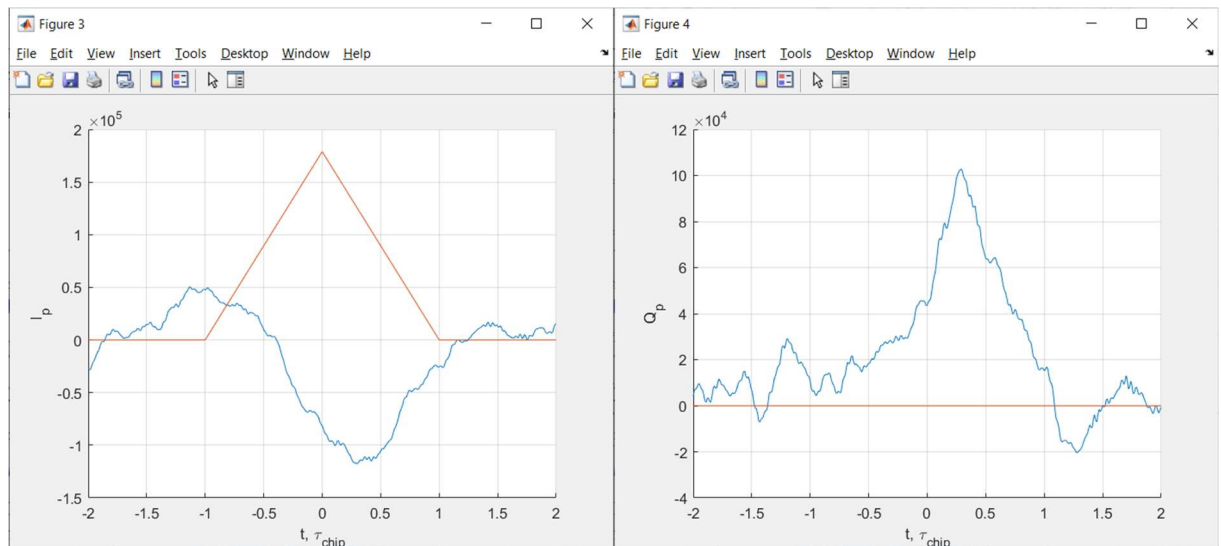


Рисунок 15 –Вычисленные корреляционные суммы как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

По полученным результатам можно сделать вывод, что шумовая составляющая тем сильнее, чем больше полоса фронтеда.

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.

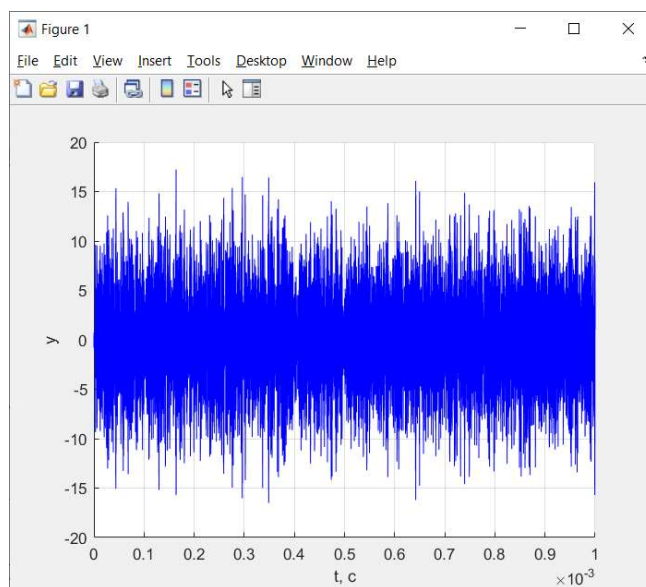


Рисунок 16 — Сигнал с шумом при 1 МГц и наличии шума

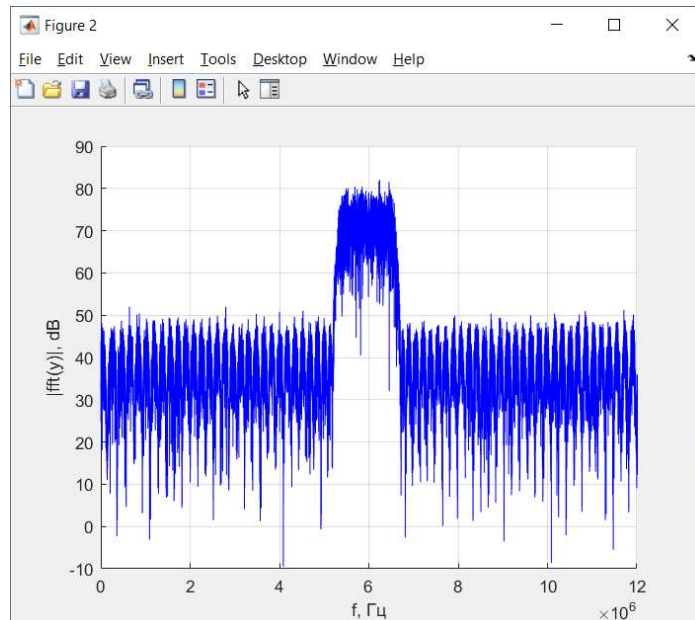


Рисунок 17 - Спектр радиосигнала при полосе фронтеда 1 МГц и
наличием шума

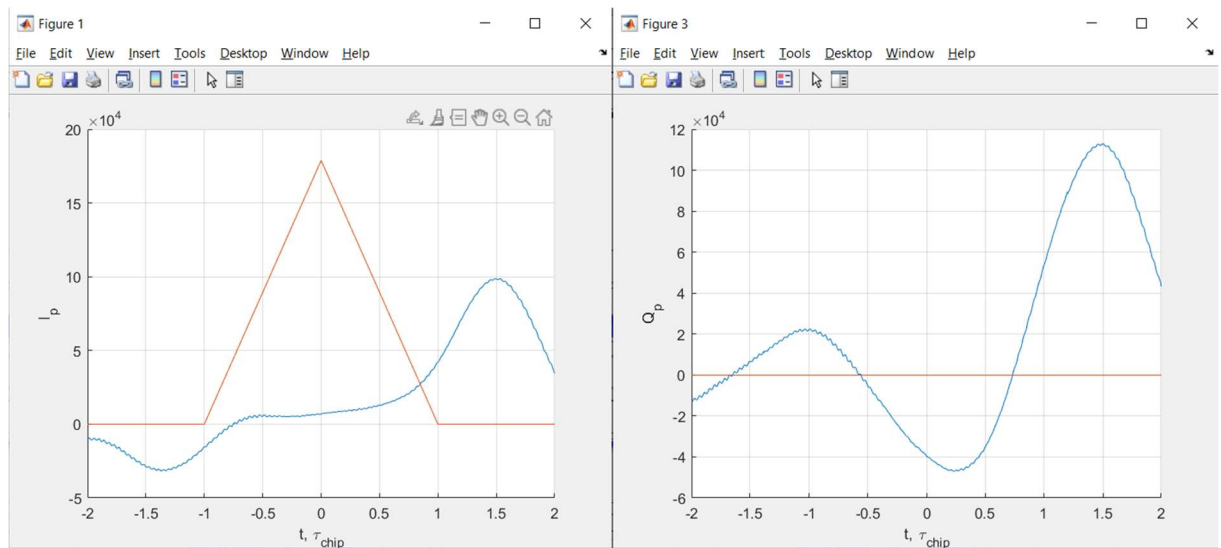


Рисунок 18 — Вычисленные корреляционные суммы как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтенда 1 МГц и наличии шума

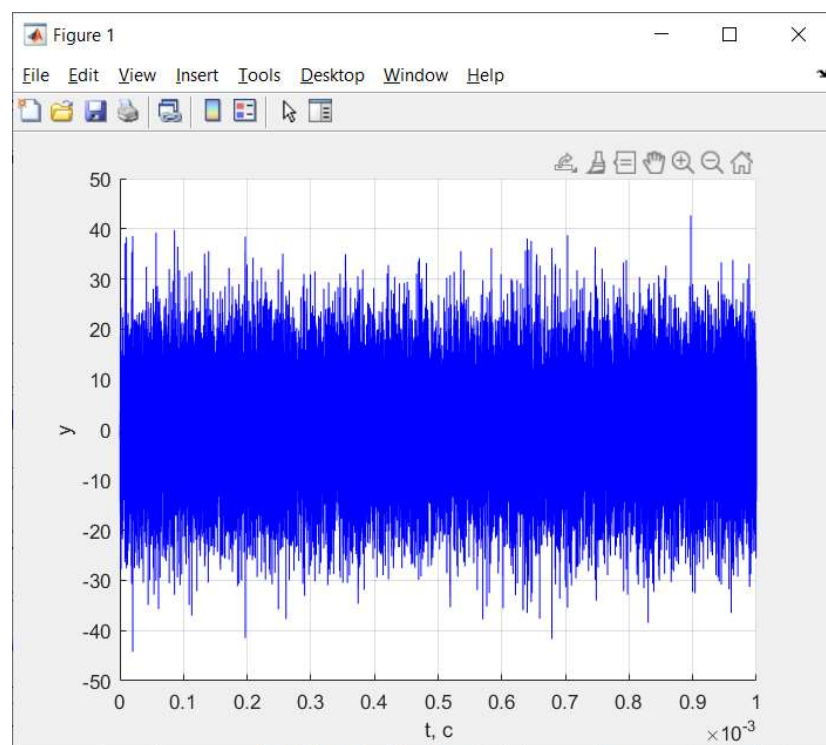


Рисунок 18 — Сигнал с шумом при 6 МГц и наличии шума

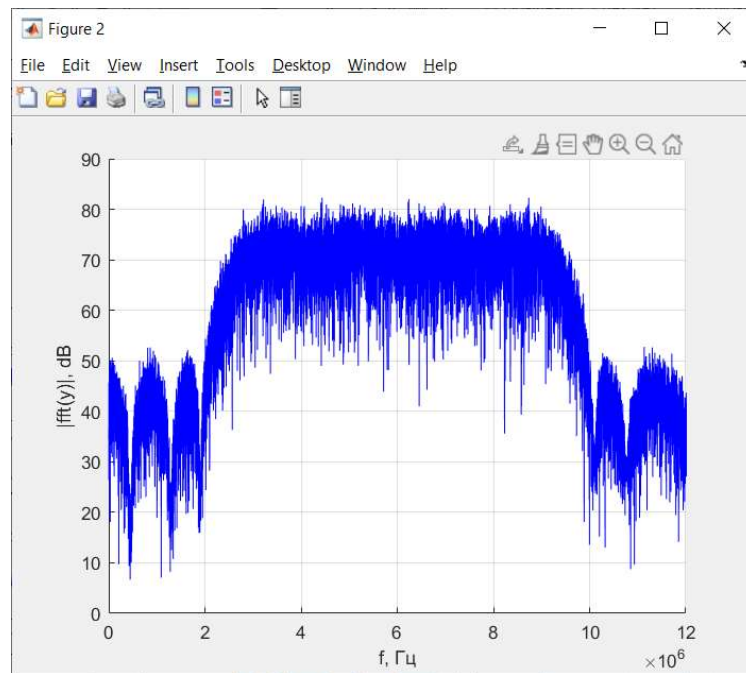


Рисунок 19 - Спектр радиосигнала при полосе фронтеда 6 МГц и с наличием шума

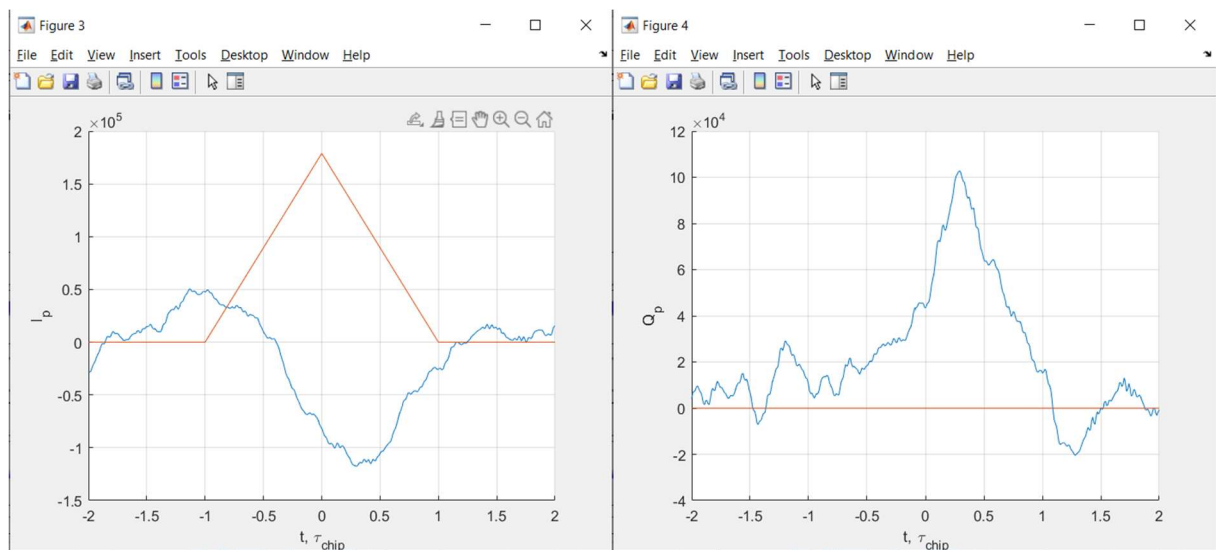


Рисунок 20 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтеда 6 МГц и наличии шума

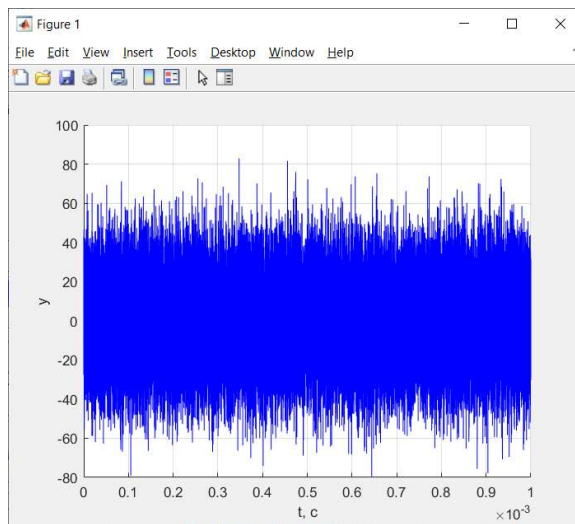


Рисунок 21 — Сигнал с шумом при полосе фронта — бесконечность и с наличием шума

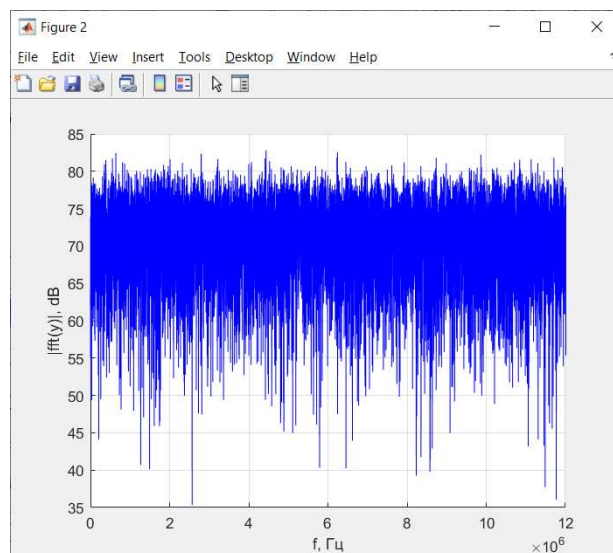


Рисунок 22 - Спектр радиосигнала при полосе фронта бесконечность и с наличием шума

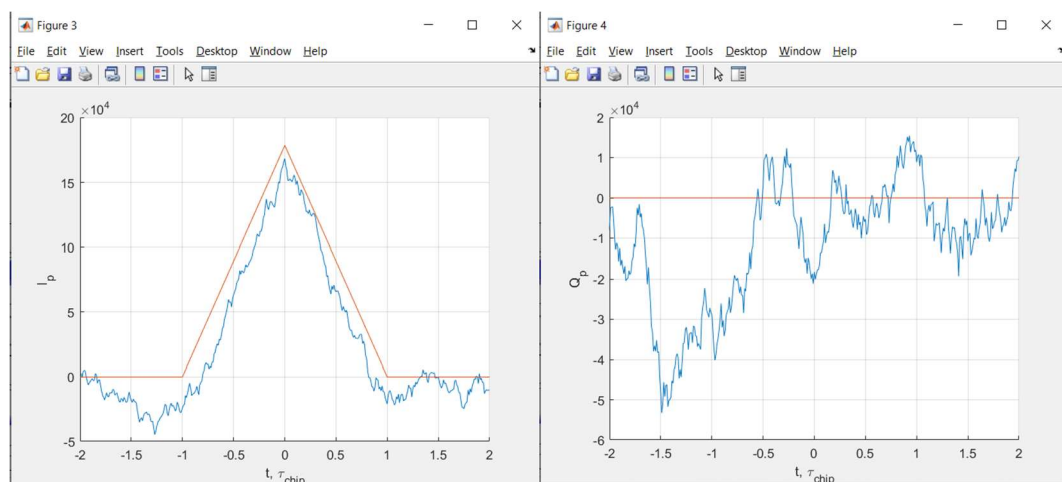


Рисунок 23 — Вычисленные корреляционные суммы как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта равной бесконечности и наличии шума

По полученным результатам видно, что увеличение полосы фронтенда приводит к росту мощности шумовой составляющей аддитивной смеси сигнала и шума, т.к. увеличение полосы ведет к увеличению шума пройденному через нее.

Включим шум. Исследуем влияние квантования входных отсчетов и опорных сигналов на корреляционные суммы.

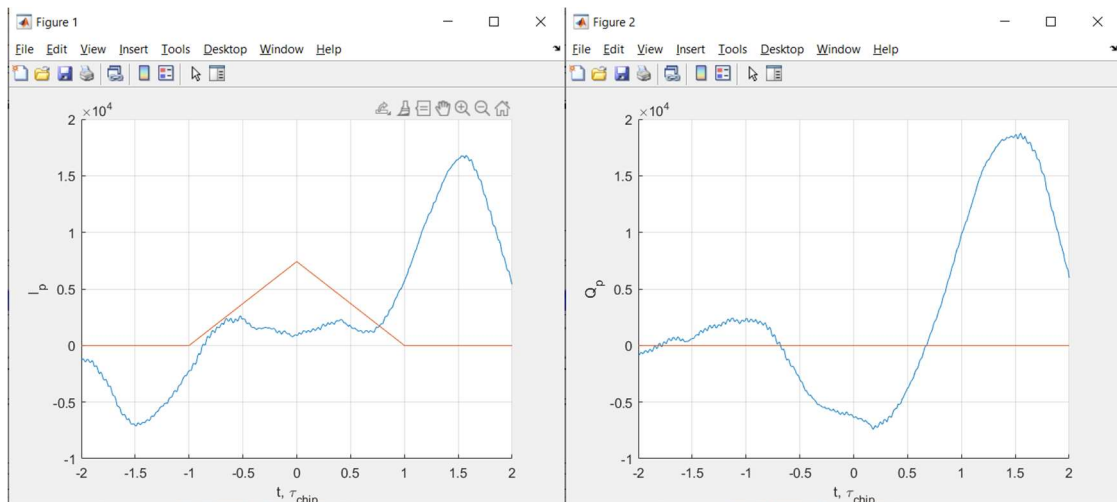


Рисунок 24 — Вычисленные корреляционные суммы как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтенда равной 1 МГц, с наличием помехи и включенным квантователем отсчётов АЦП

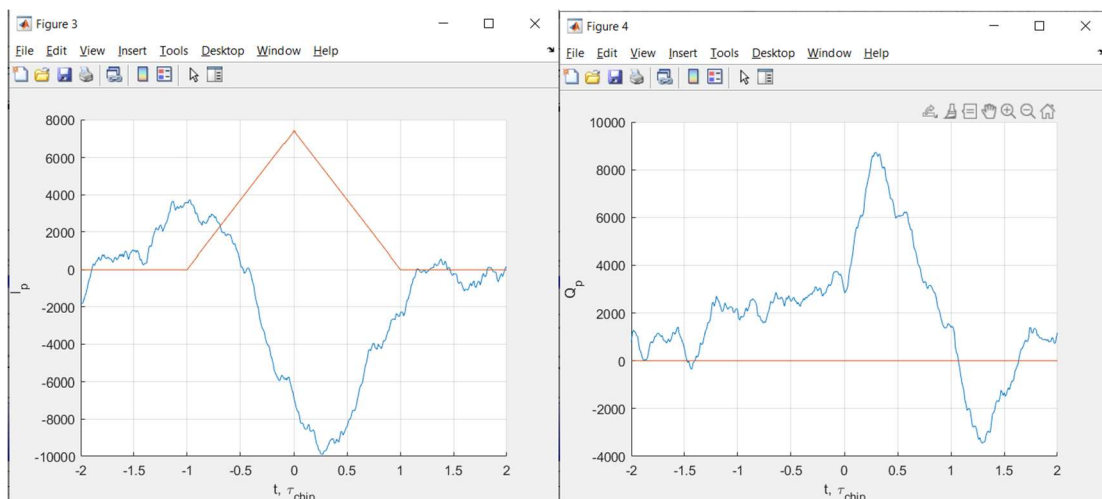


Рисунок 25 — Вычисленные корреляционные суммы как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтенда равной 6 МГц, с наличием помехи и включенным квантователем отсчётов АЦП

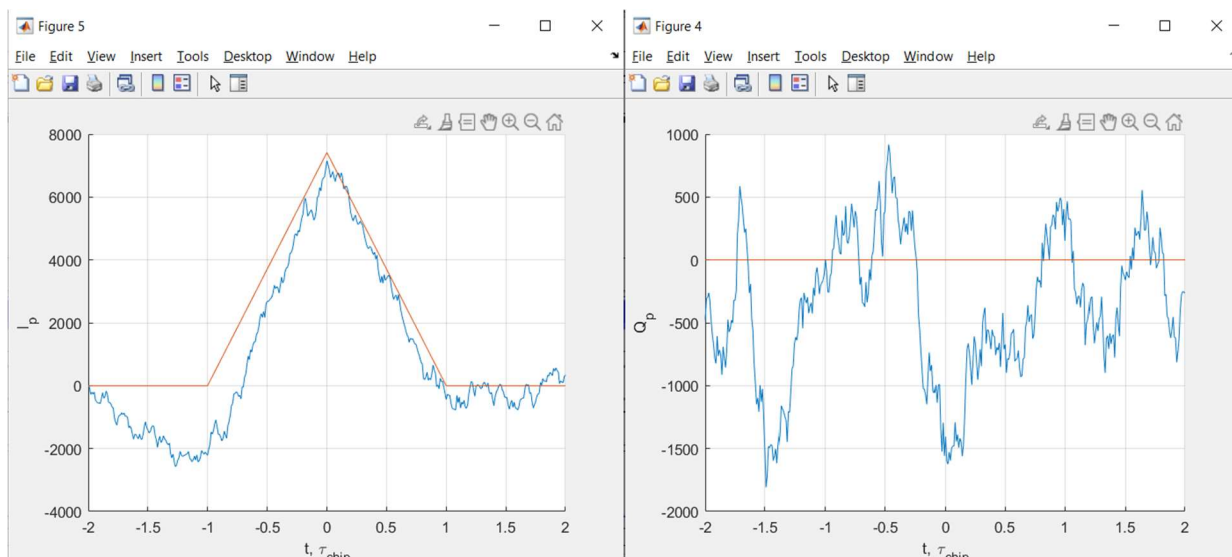


Рисунок 26 — Вычисленные корреляционные суммы как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтенда равной бесконечности

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

Включим узкополосную помеху, исследуем её влияние на корреляционные суммы. Определим отношение мощности помехи к мощности сигнала.

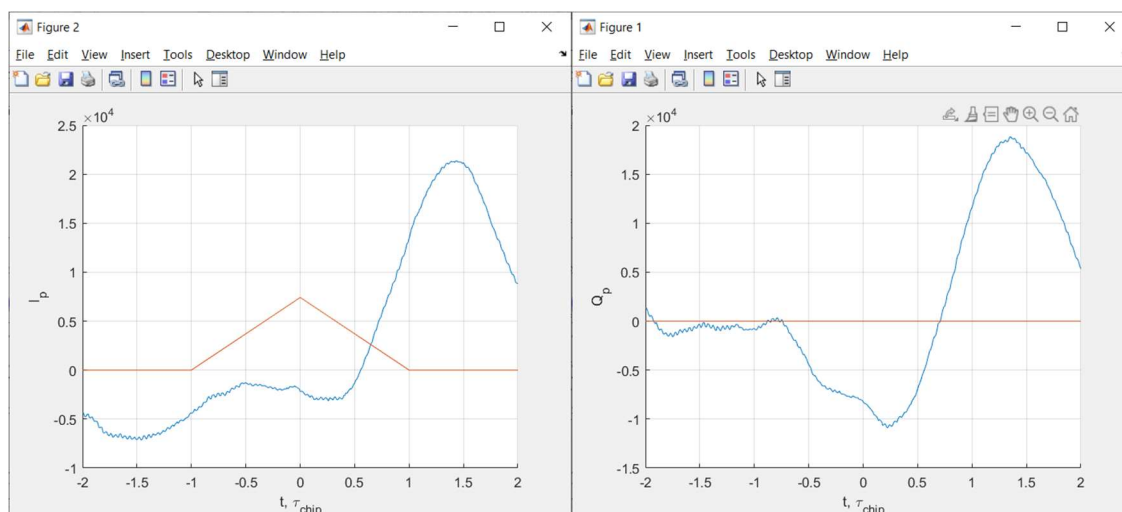


Рисунок 27 — Вычисленные корреляционные суммы как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтенда равной 1 МГц (при наличии помехи)

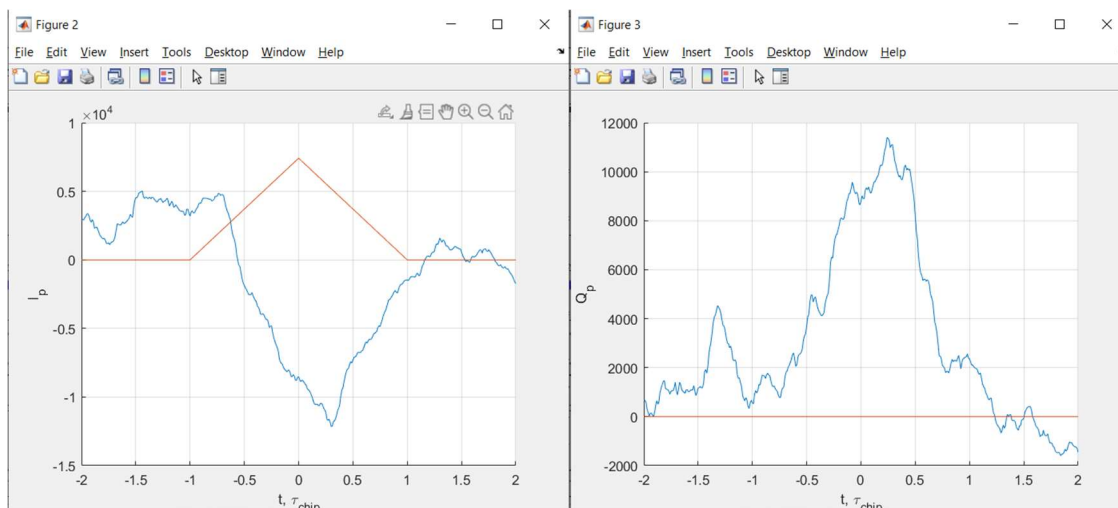


Рисунок 28 — Вычисленные корреляционные суммы как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтеда равной 6 МГц (при наличии помехи)

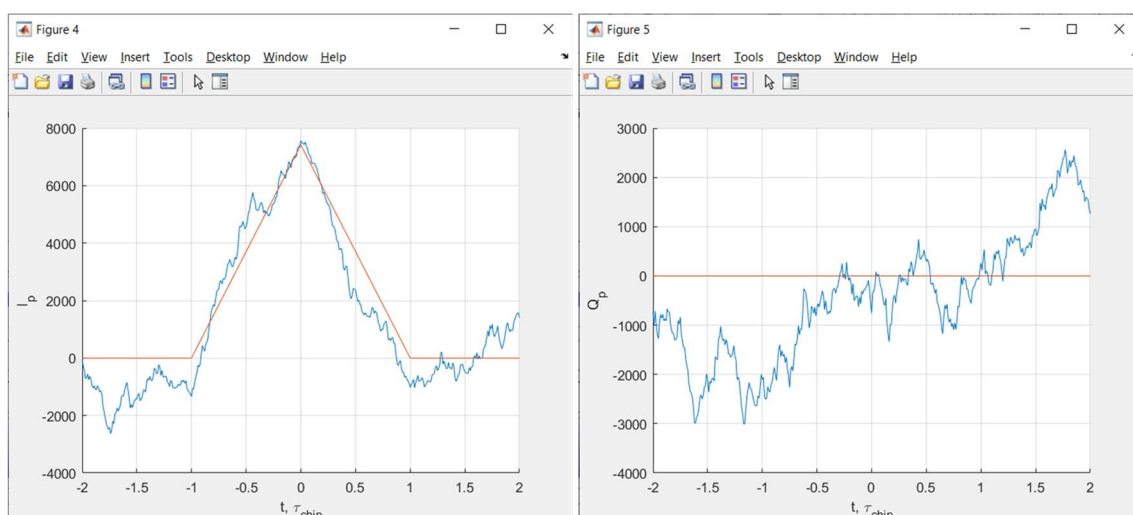


Рисунок 29 — Вычисленные корреляционные суммы как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтеда равной бесконечности (при наличии помехи)

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.

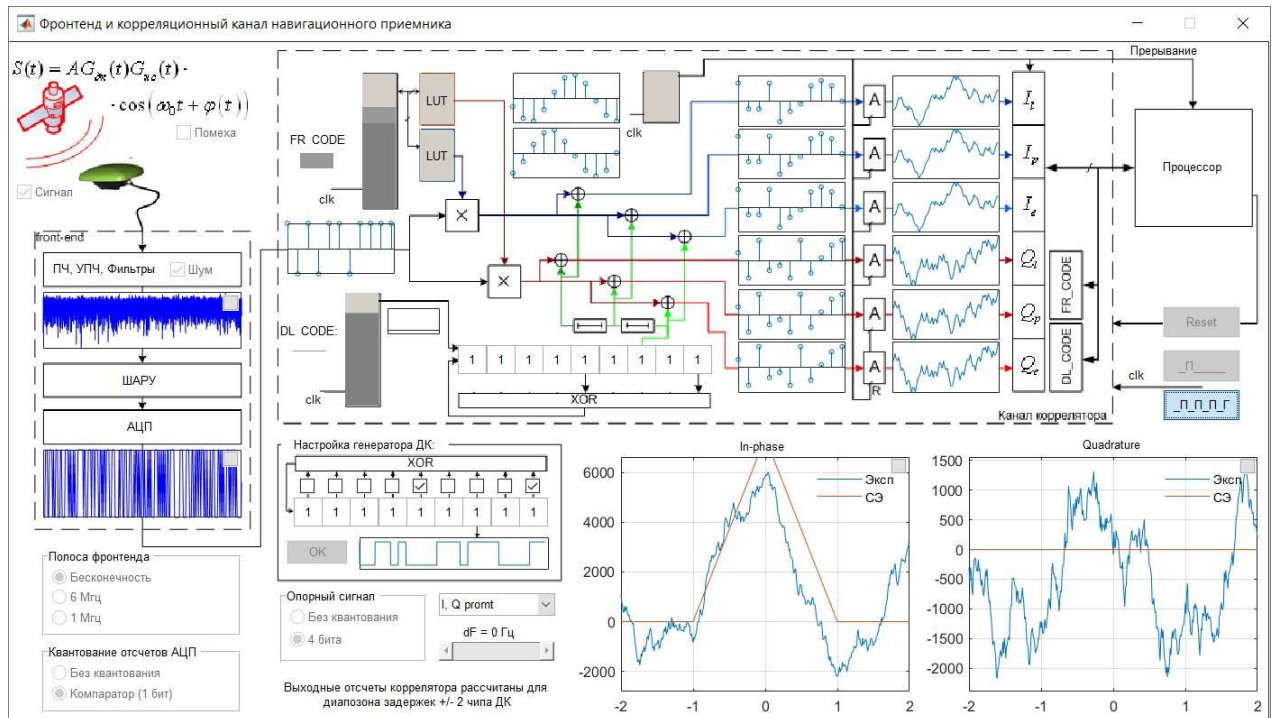


Рисунок 30 – Пошаговая модель коррелятора при бесконечной полосе фронтенда

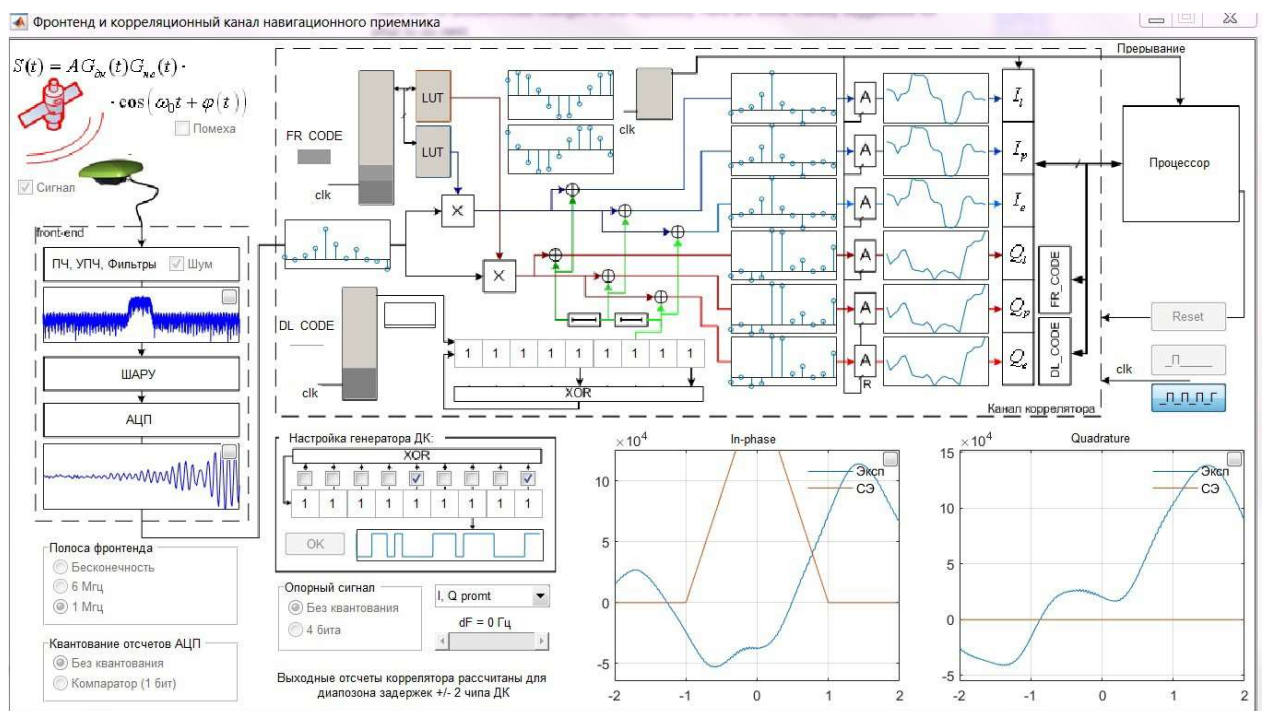


Рисунок 31 – Пошаговая модель коррелятора при полосе фронтенда равной 1 МГц

Вывод:

в ходе лабораторной работы были исследованы структуры и свойства функциональных элементов коррелятора, исследованы характеристики процессов, происходящих в корреляторе, а также было изучено ИКД ГЛОНАСС. Подтвердилось убеждение, что генератор дальномерного кода в данной СРНС является самым простым с точки зрения его структурной и функциональной схем. В процессе исследования модели коррелятора было выяснено, что в качестве входных сигналов используются наблюдения от АЦП, а в самом канале коррелятора происходит множество операций. Одна из них была рассмотрена более детально: расчет корреляционных сумм: на них оказывает влияние ширина полосы фронтеда, также, в зависимости от ширины полосы фронтеда изменяются групповое время запаздывания и шумовая составляющая корреляционной функции.