

НИУ «МЭИ»  
Институт Радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова

Лабораторная работа №3  
«Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью  
имитационной модели»

Преподаватель: Корогодин И.В.

Группа: ЭР-15-17

Студент: Кусакин П.А.

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. Изучить разделы ИКД ГЛОНАСС L1 СТ и GPS L1 C/A. Привести схемы блоков формирования дальномерного кода в отчете.

ПС (псевдослучайный) дальномерный код представляет собой ПС последовательность (ПСП) максимальной длины регистра сдвига с определенным периодом повторения и скоростью передачи символов. На рисунках 1-4 приведены схемы, поясняющие формирование дальномерных кодов в сигналах L1 СТ и L1 C/A, использующихся в соответствующих СРНС.

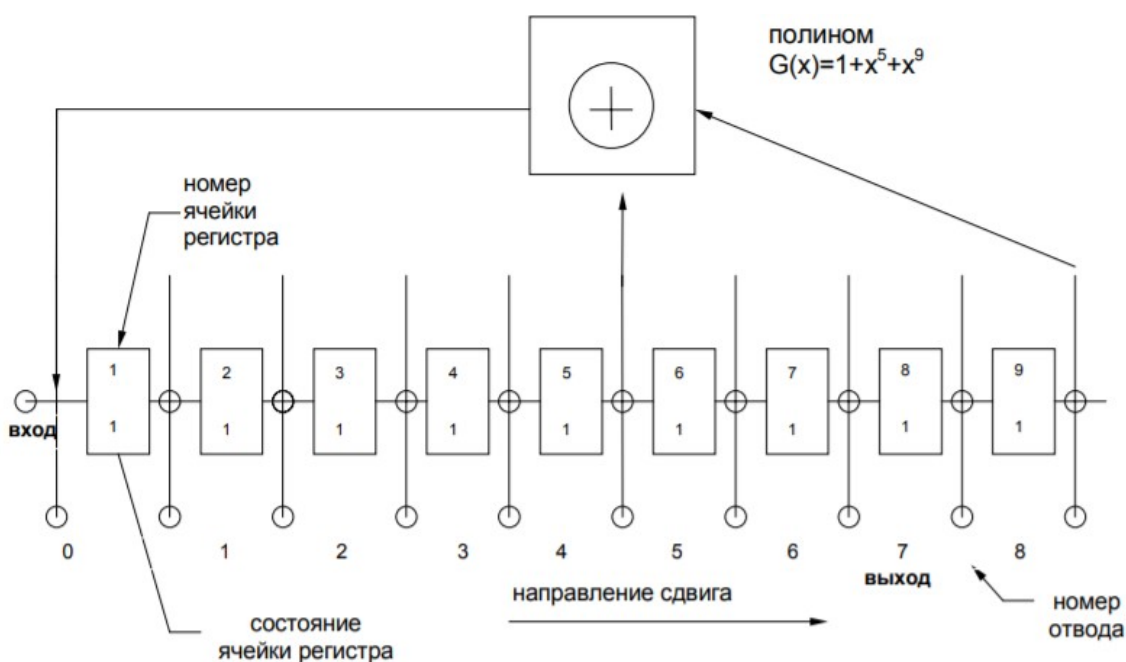


Рисунок 1 – Структура регистра сдвига, формирующего дальномерный код ГЛОНАСС L1 СТ

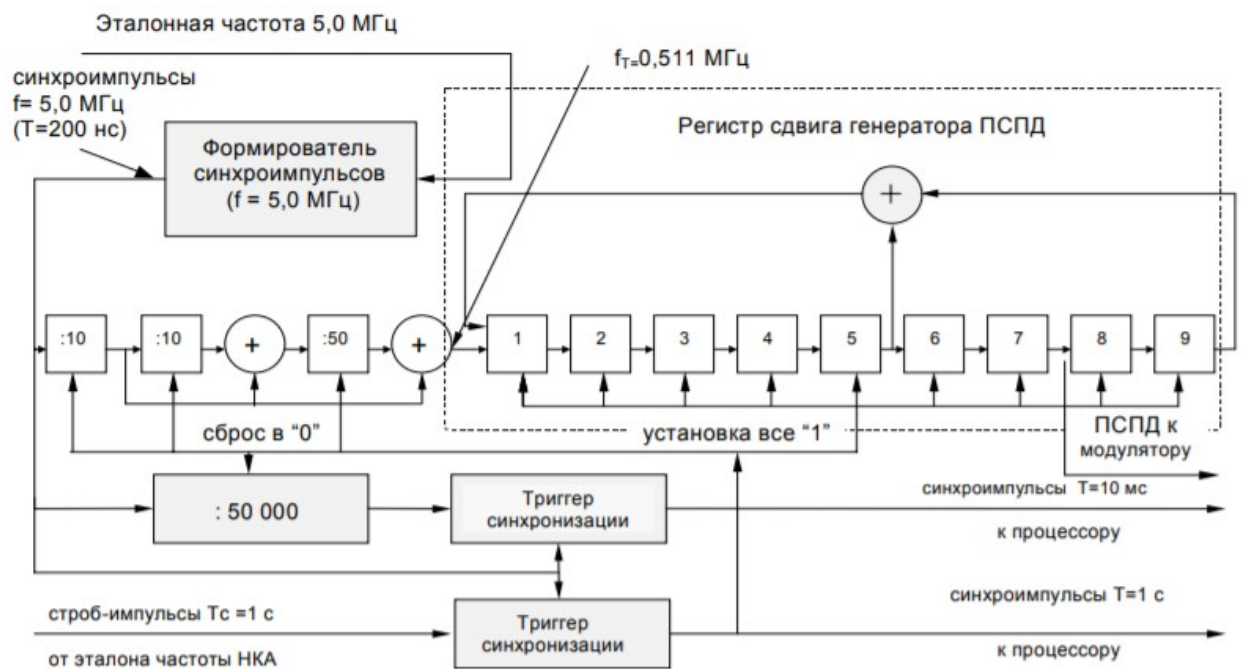


Рисунок 2 – Структурная схема формирования дальномерного кода ПСПД и синхроимпульсов для ГЛОНАСС L1 СТ

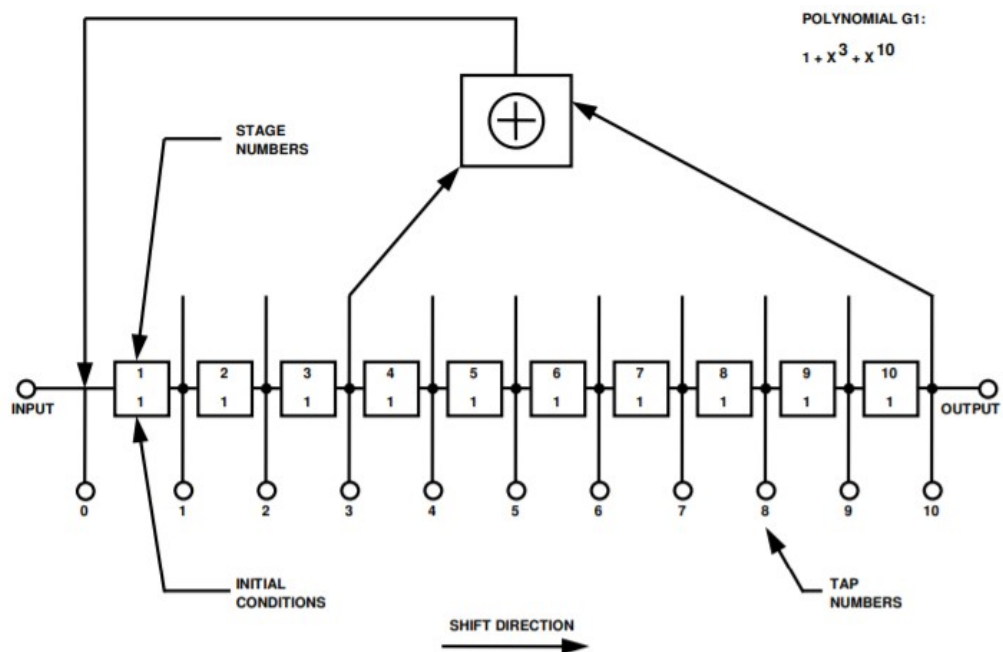


Рисунок 3 – Структура регистра сдвига, формирующего дальномерный код GPS L1 C/A

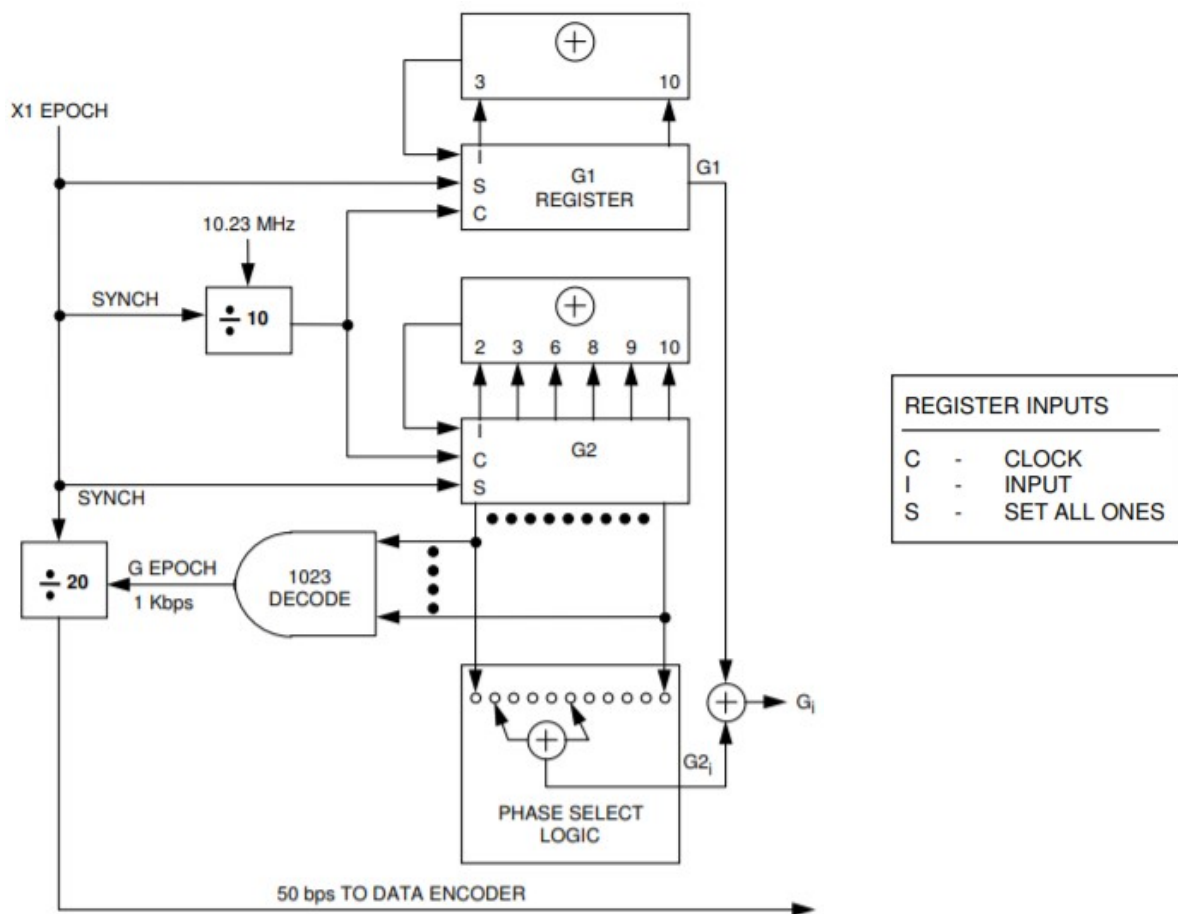


Рисунок 4 – Структурная схема формирования дальномерного кода ПСПД и синхрои́мпульсов для GPS L1 C/A

2. Привести выражения для статистических эквивалентов выходных отсчетов коррелятора.

Модель корреляционных сумм:

$$I_k = \sum_{l=1}^L y_{k,l} \cdot G_c \left( t_{k,l} - \tau_k^p \right) \cos \left( \omega_{if} t_{k,l} + \bar{\omega}_{d,k} l T_d + \bar{\varphi}_k \right)$$

$$Q_k = \sum_{l=1}^L y_{k,l} \cdot G_c \left( t_{k,l} - \tau_k^p \right) \sin \left( \omega_{if} t_{k,l} + \bar{\omega}_{d,k} l T_d + \bar{\varphi}_k \right)$$

## Лабораторное задание

При помощи имитационной модели «Фронтенд и корреляционный канал навигационного приемника» исследуются процессы и преобразования, проходящие в фронтенде, АЦП и корреляторе навигационной аппаратуры потребителей спутниковых радионавигационных систем. Взаимодействие с имитационной моделью производится посредством графического интерфейса пользователя. С его помощью происходит установка параметров моделирования, запуск событий и получение результатов.

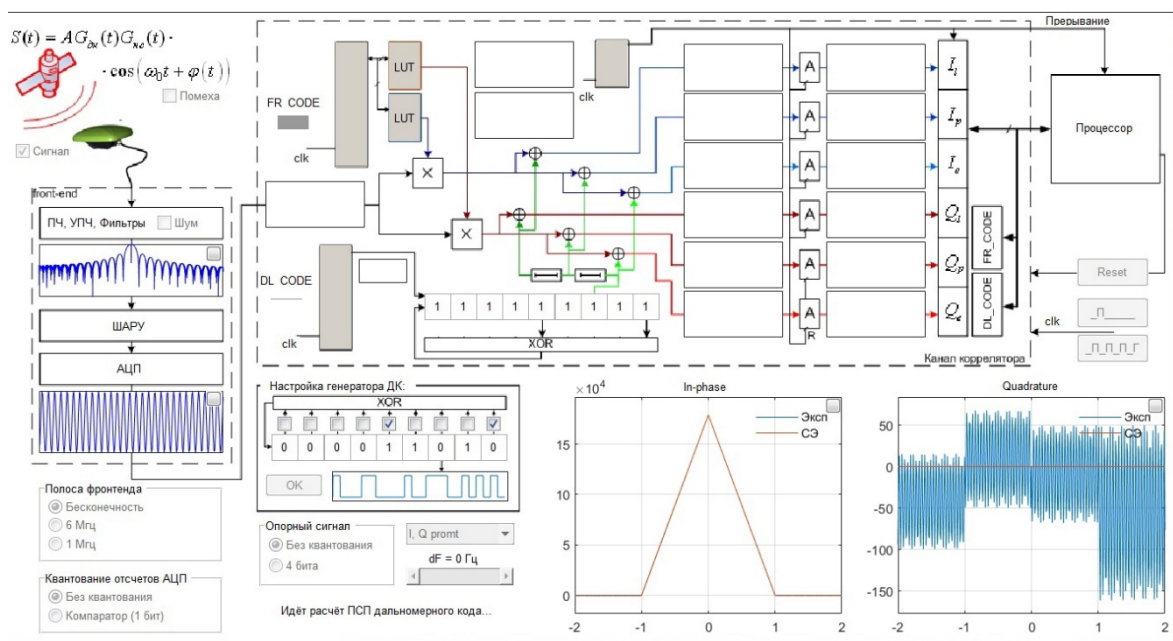


Рисунок 5 – Имитационная модель

1) Отключить шум приемного устройства. В качестве значения полосы фронтенда выбрать «Бесконечность». Квантование принимаемой реализации и опорного сигнала отключить. Расстройку опорного сигнала по частоте установить нулевой. На основании ИКД установить параметры схемы формирования ДК.

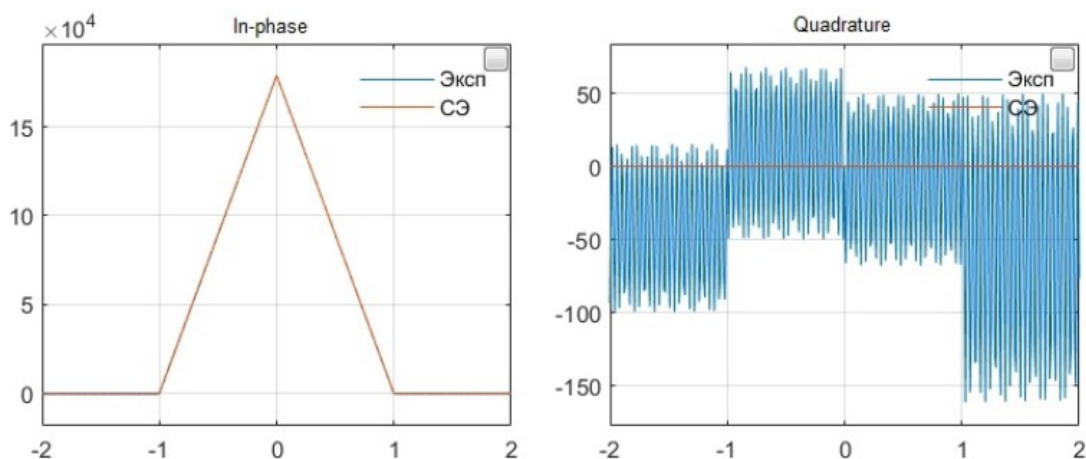


Рисунок 6 – Графики корреляционных функций

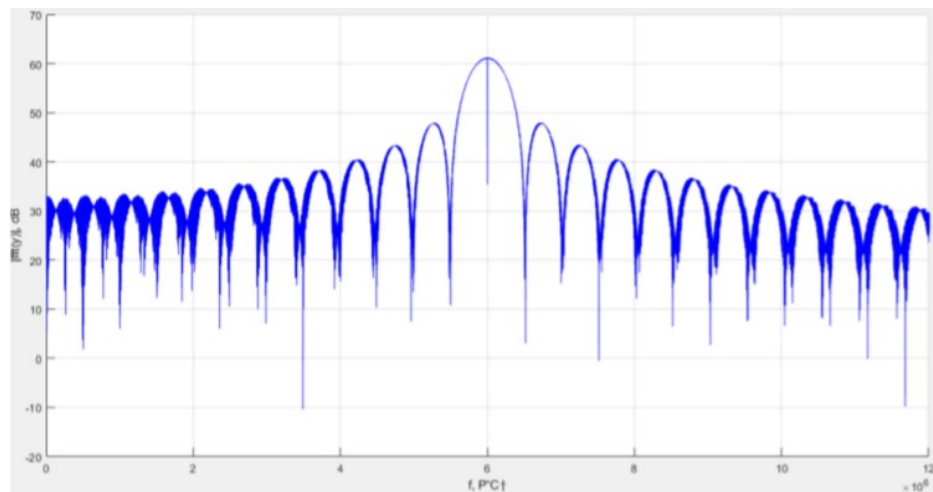
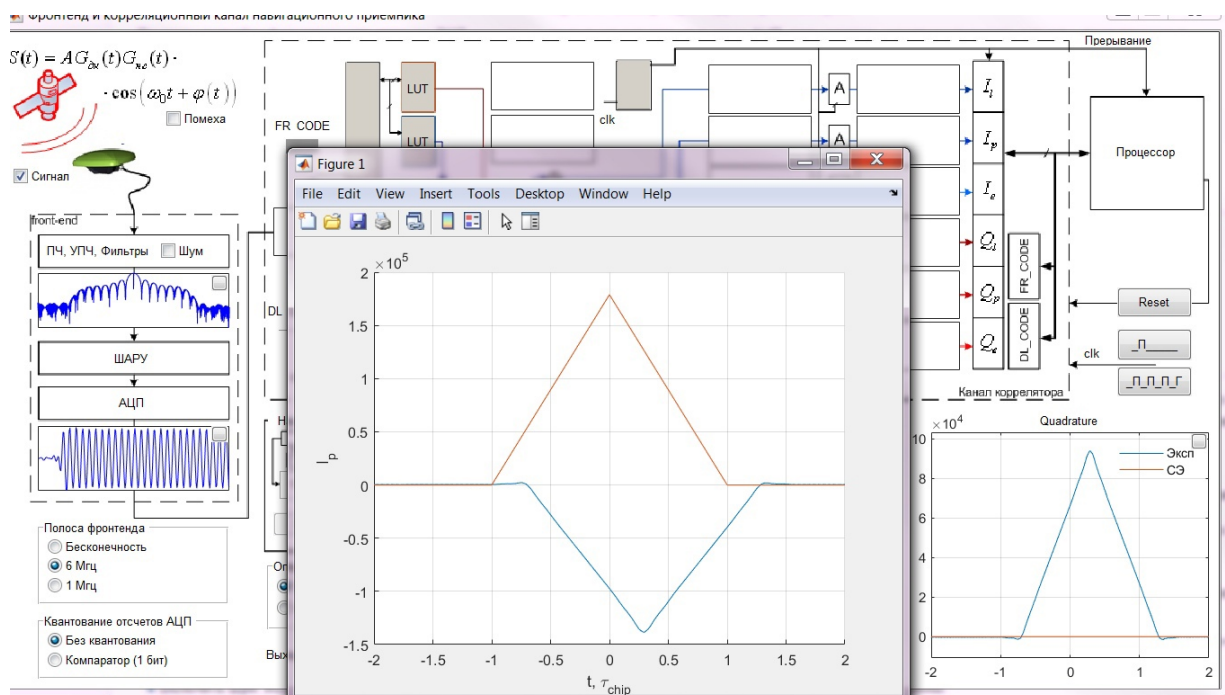


Рисунок 7 – Спектр сигнала

Исходя из графика на рисунке 7 определили:

1. Промежуточная частота – 6 МГц
2. Полоса сигнала  $\approx 1.02$  МГц

2) Установить полосу фронтеда равной 6 МГц, 1 МГц. Перенести корреляционные функции в отчет. Оценить групповое время запаздывания.



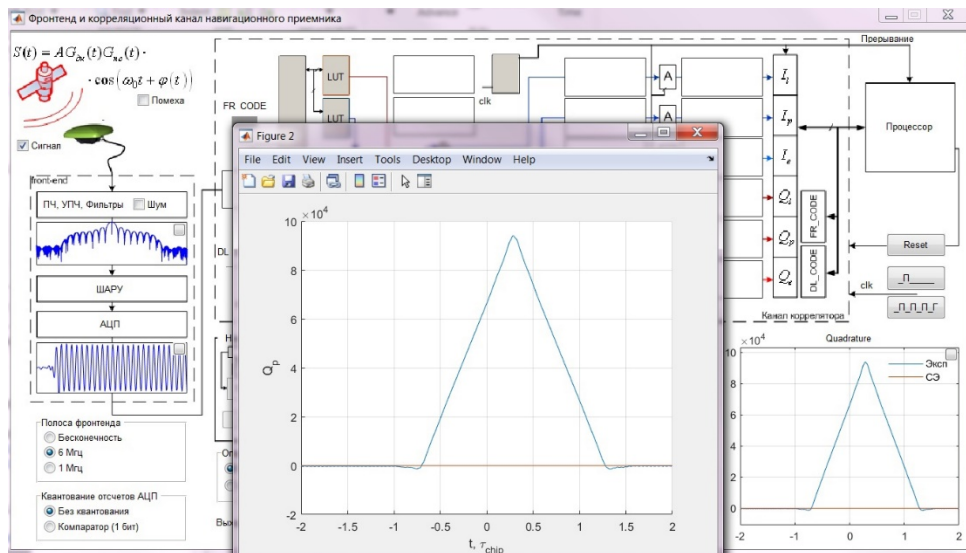


Рисунок 8 – Синфазная и квадратурная составляющие при полосе фроненда 6 МГц

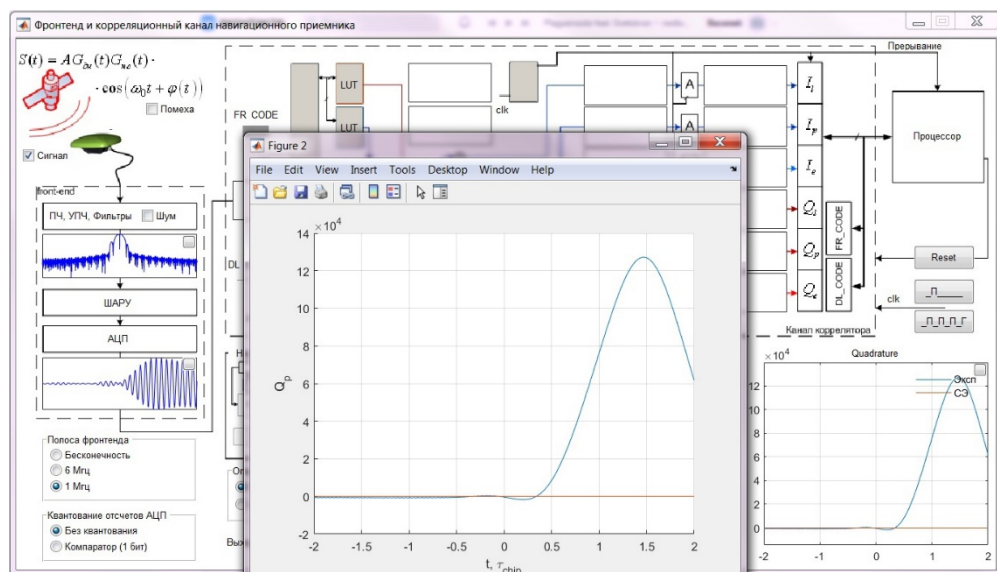
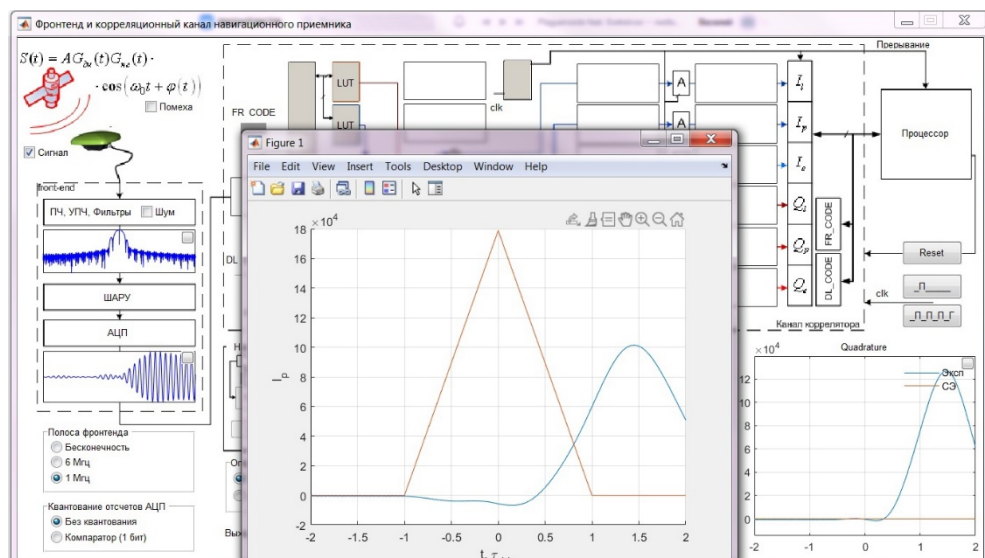


Рисунок 9 – Синфазная и квадратурная составляющие при полосе фроненда 1 МГц



Из полученных графиков определили групповое время запаздывания: - 1.5 мкс при полосе 1 МГц и 0.3 мкс при полосе 6 МГц.

3) В качестве значения полосы фроненда выбрать 6 МГц. Перенести в отчет наглядный отрезок сигнала. Включить шум. Сравнить квадрат СКО шума (считая размах за 3 СКО) и мощность сигнала. Определить отношение мощности сигнала к односторонней спектральной плотности шума:

$q_{c/N0} = \frac{P_s}{N_0}$  (привести к размерности дБГц). Перенести в отчет отрезок реализации сигнала в смеси с шумом, корреляционные функции.

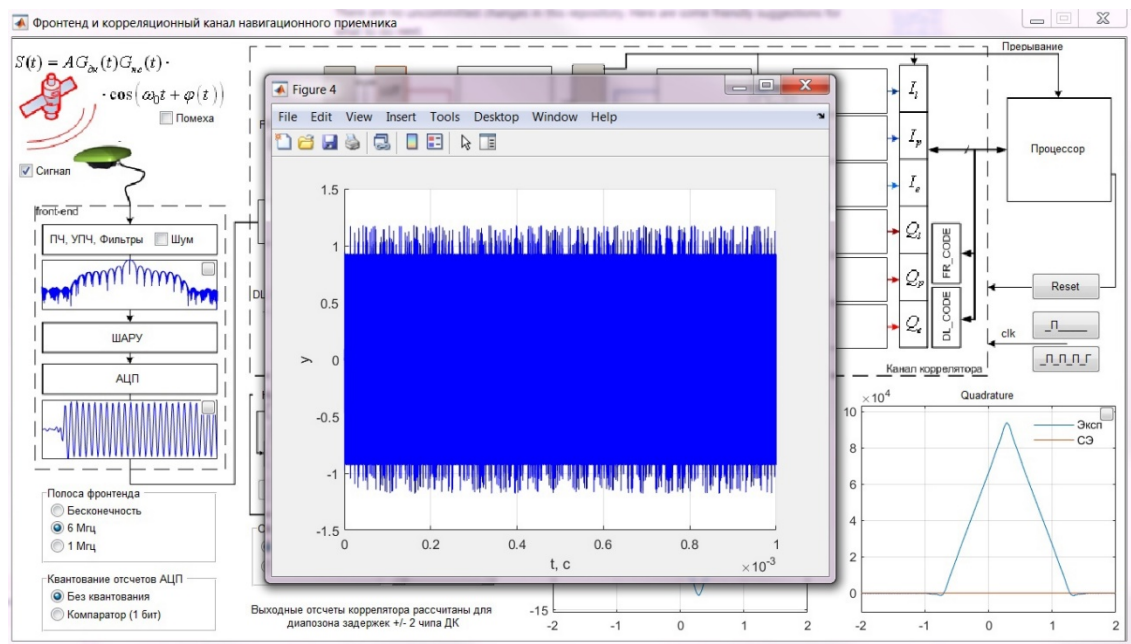


Рисунок 10 – Реализация не зашумленного сигнала

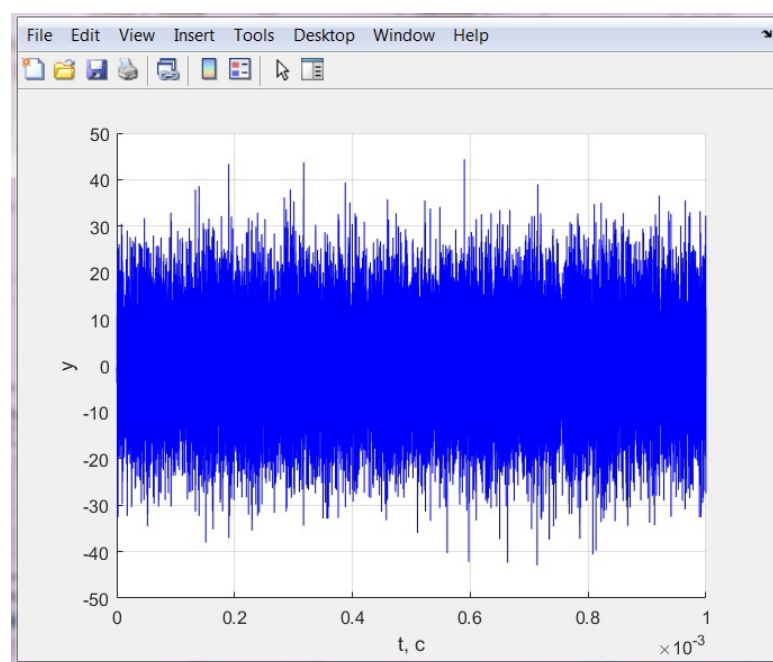


Рисунок 11 – Смесь сигнала и шума



Отношение сигнал/шум (SNR):  $q_{c/N_0} = \frac{P_s}{N_0} \approx 45.4 \text{ дБ}$

4) Наблюдаем за изменением шумовой составляющей корреляционных функций при изменении полосы фронтенда. Исследуем зависимость мощности шумовой составляющей корреляционных компонент от полосы фронтенда.

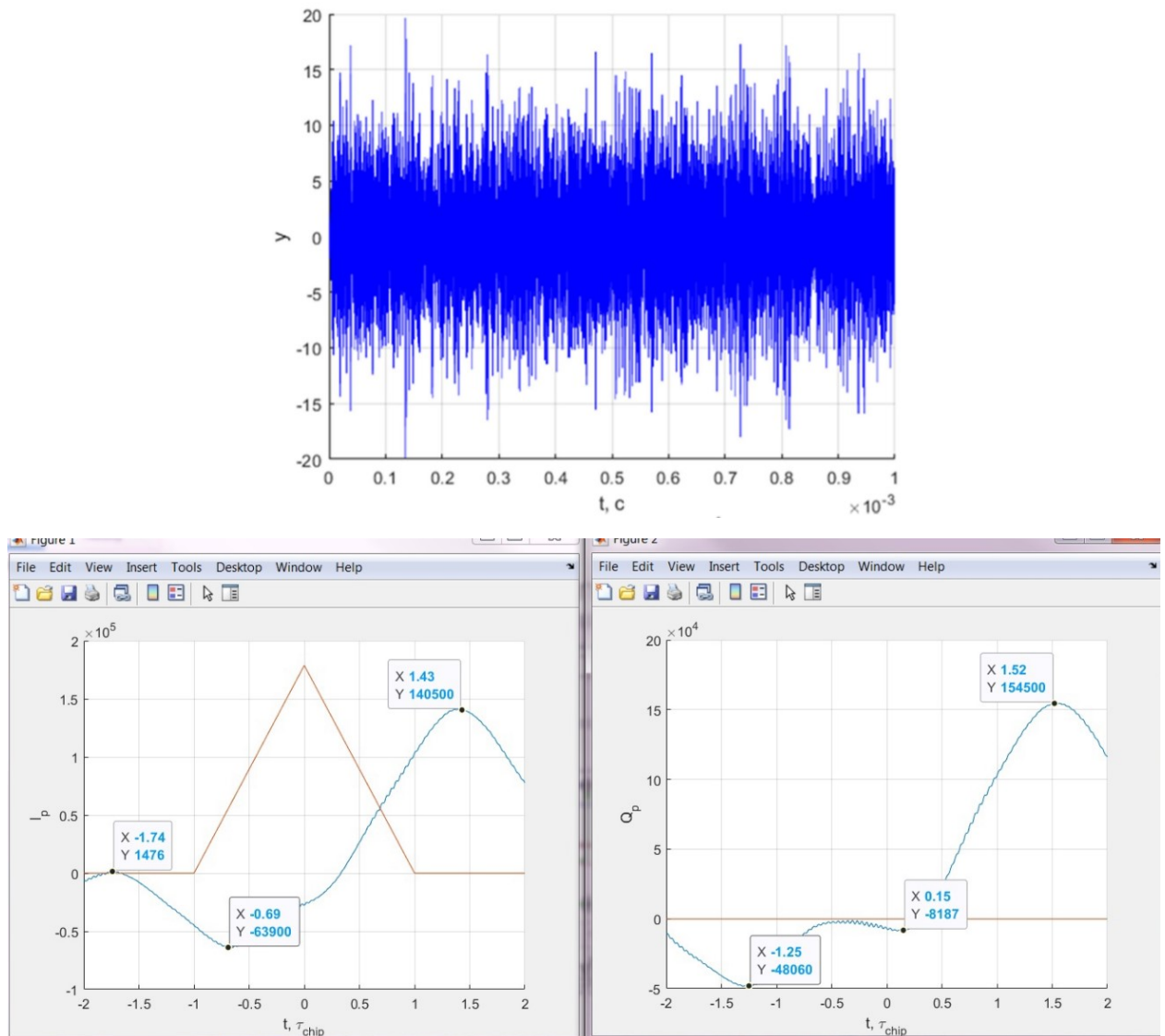


Рисунок 12 – Графики по порядку: сигнал с шумом при 1 МГц, синфазная и квадратурная составляющая смеси сигнал/шум

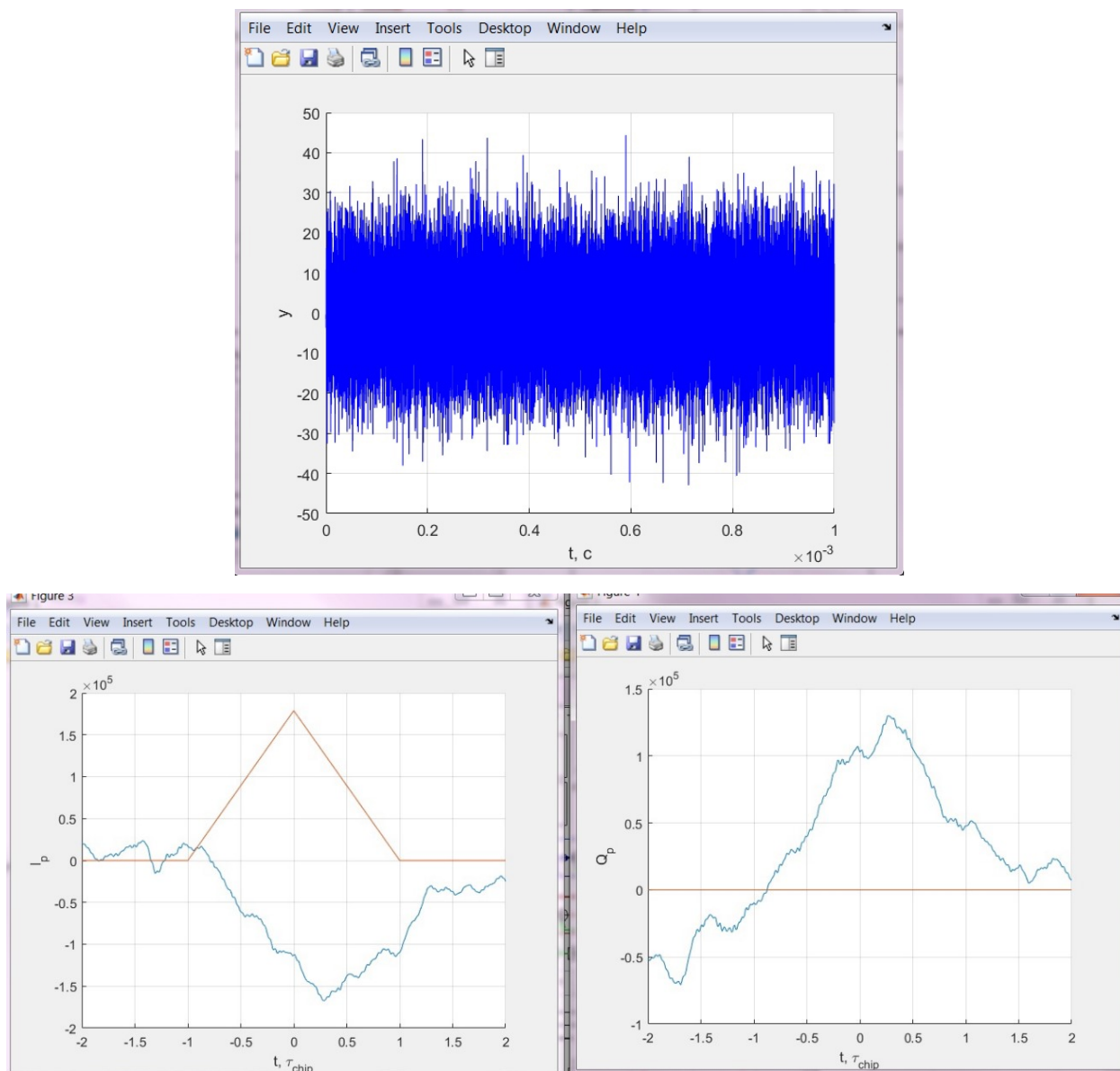


Рисунок 13 – Графики по порядку: сигнал с шумом при 6 МГц, синфазная и квадратурная составляющая смеси сигнал/шум при полосе фронтенда – 6 МГц

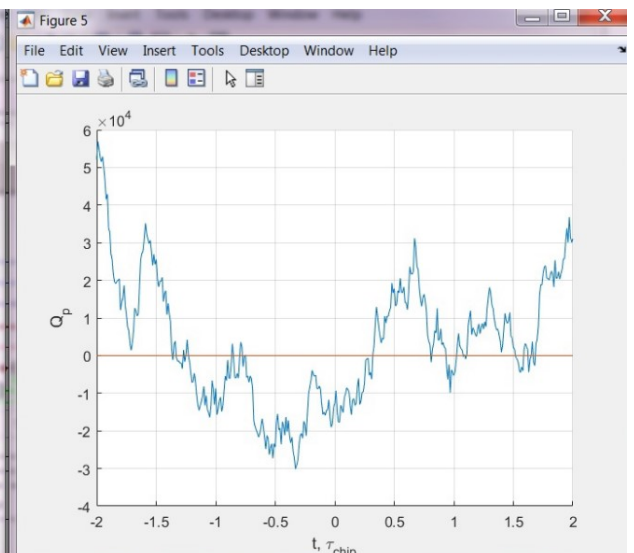
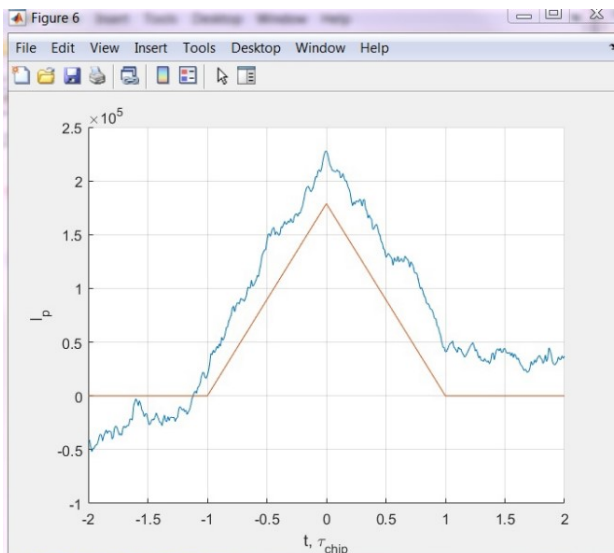
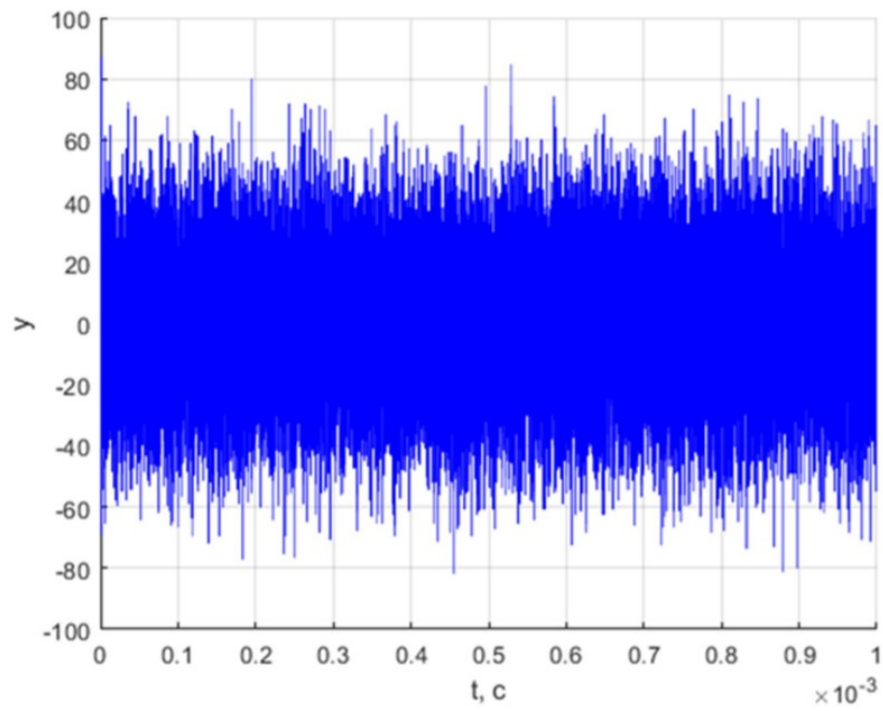


Рисунок 14 – Графики по порядку: сигнал с шумом при бесконечной полосе фронтеда, синфазная и квадратурная составляющая смеси сигнал/шум при полосе фронтеда – бесконечность

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

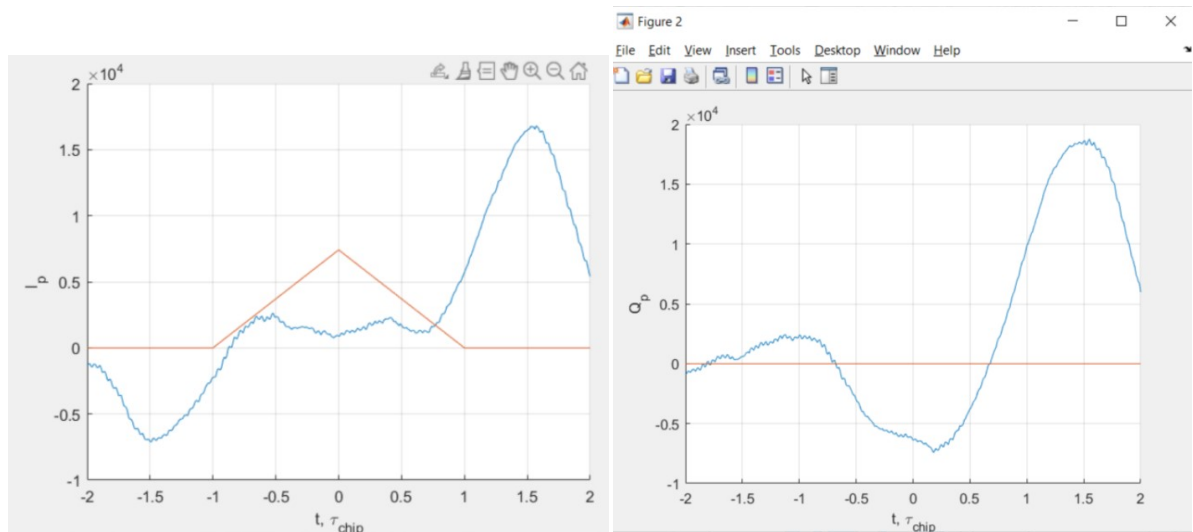


Рисунок 15 – Синфазная и квадратурная составляющие смеси сигнал/шум при полосе фронтеда равной 1 МГц и включенным квантователем отсчетов АЦП

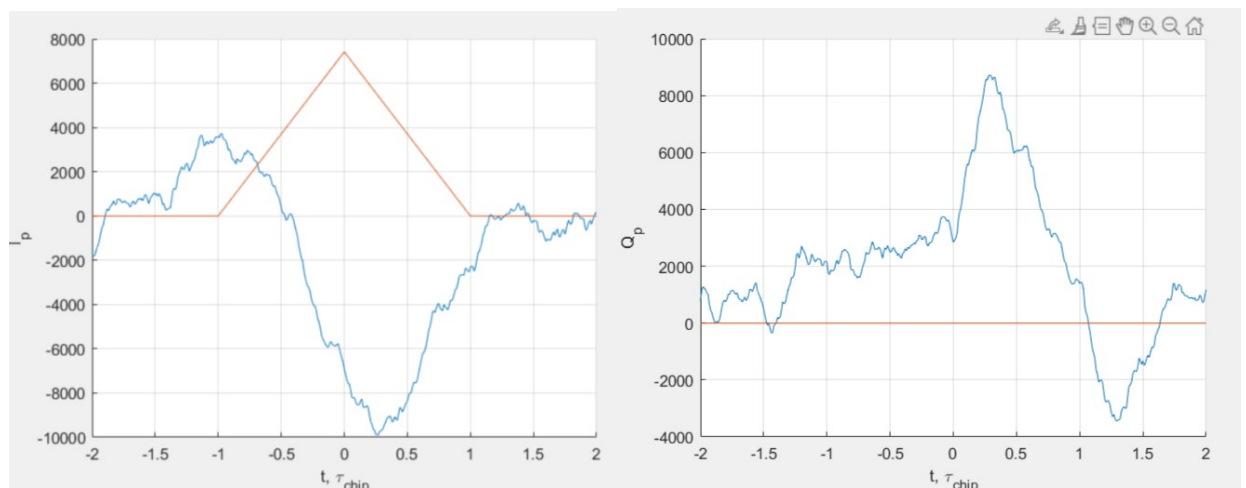


Рисунок 16 – Синфазная и квадратурная составляющие смеси сигнал/шум при полосе фронтеда равной 6 МГц и включенным квантователем отсчетов АЦП

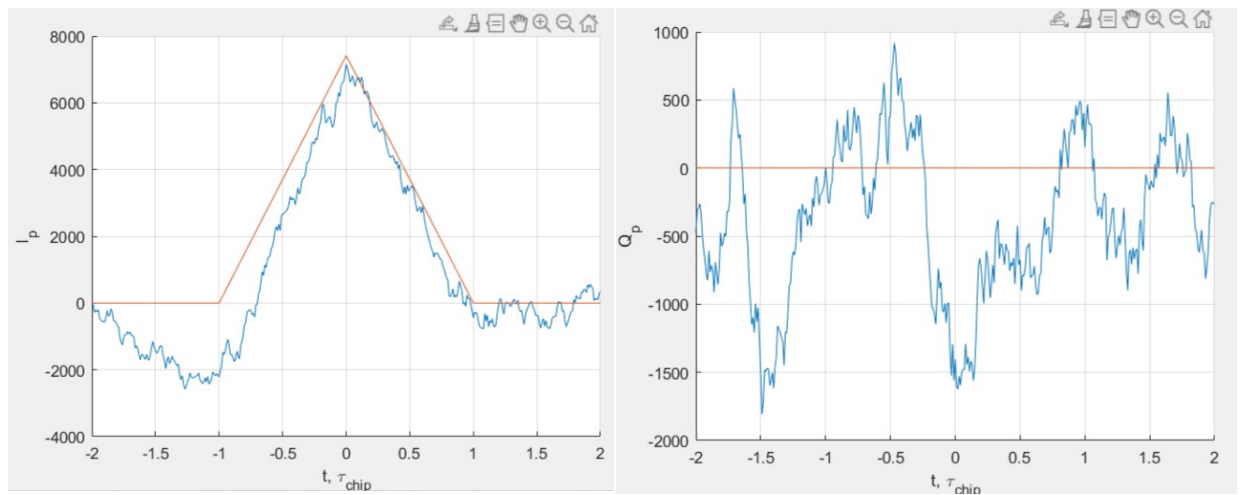


Рисунок 17 – Синфазная и квадратурная составляющие смеси сигнал/шум при бесконечной полосе фроненда и включенным квантователем отсчетов АЦП

Из графиков видно, что при увеличении полосы фроненда, ошибка квантования также увеличивается.

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

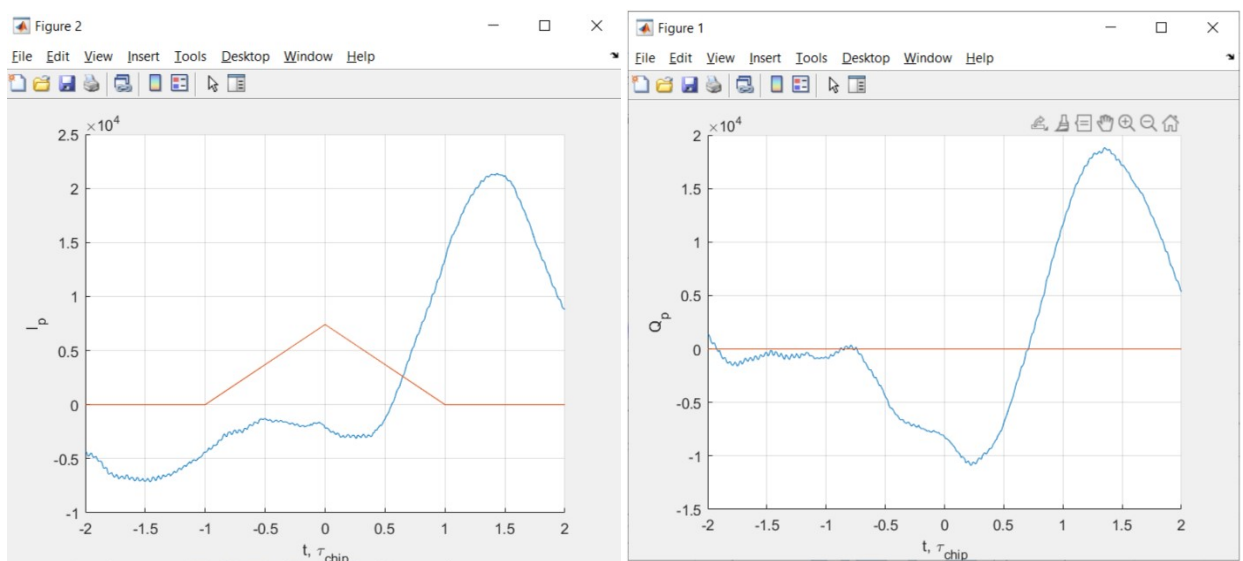


Рисунок 18 – Синфазная и квадратурная составляющие при полосе фроненда равной 1 МГц и наличии помехи

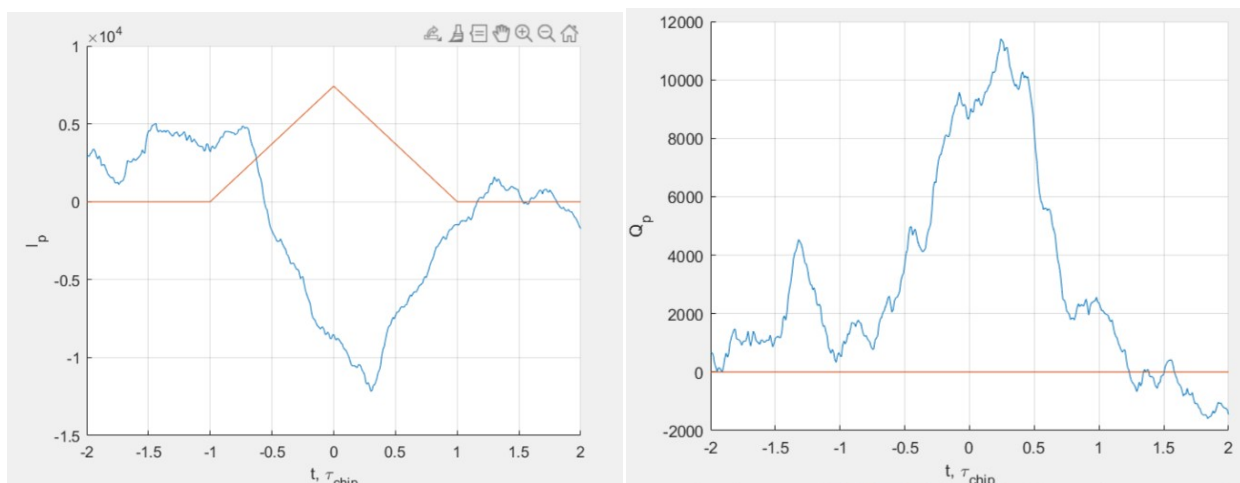


Рисунок 19 – Синфазная и квадратурная составляющие при полосе фронтеда равной 6 МГц и наличии помехи

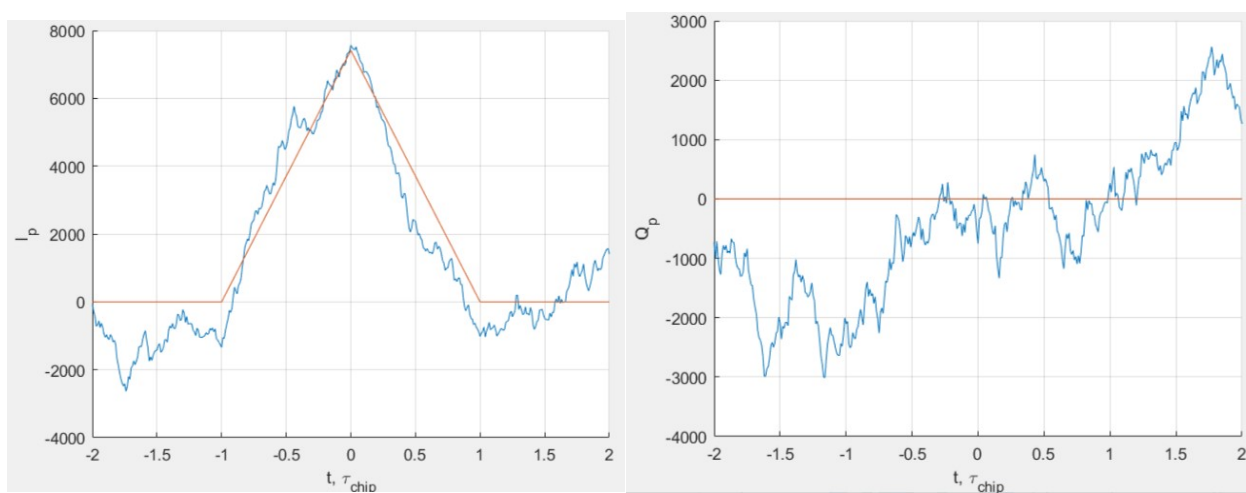


Рисунок 20 – Синфазная и квадратурная составляющие при бесконечной полосе фронтеда и наличии помехи



7) Установить нулевую ошибку по частоте. В отсутствии узкополосной помехи при наличии шума приемника провести исследование процессов в пошаговой модели коррелятора.

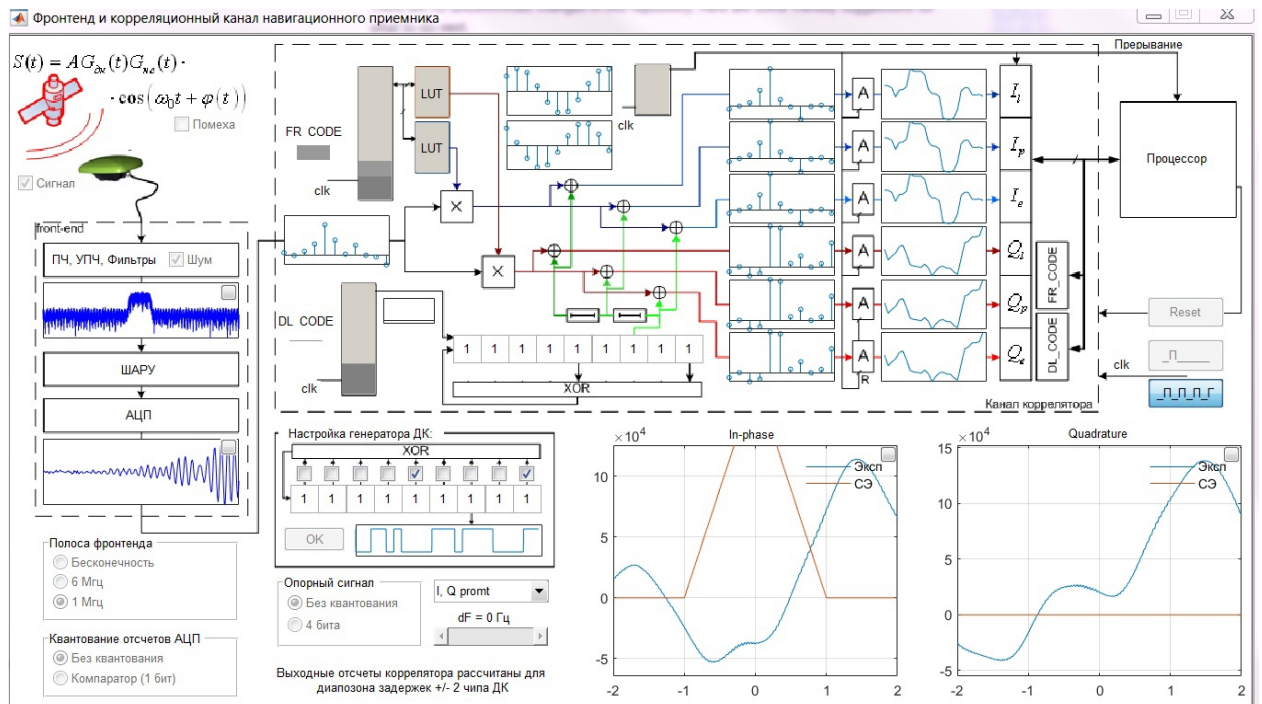


Рисунок 21 – Пошаговая модель коррелятора при полосе фронтенда равной 1 МГц

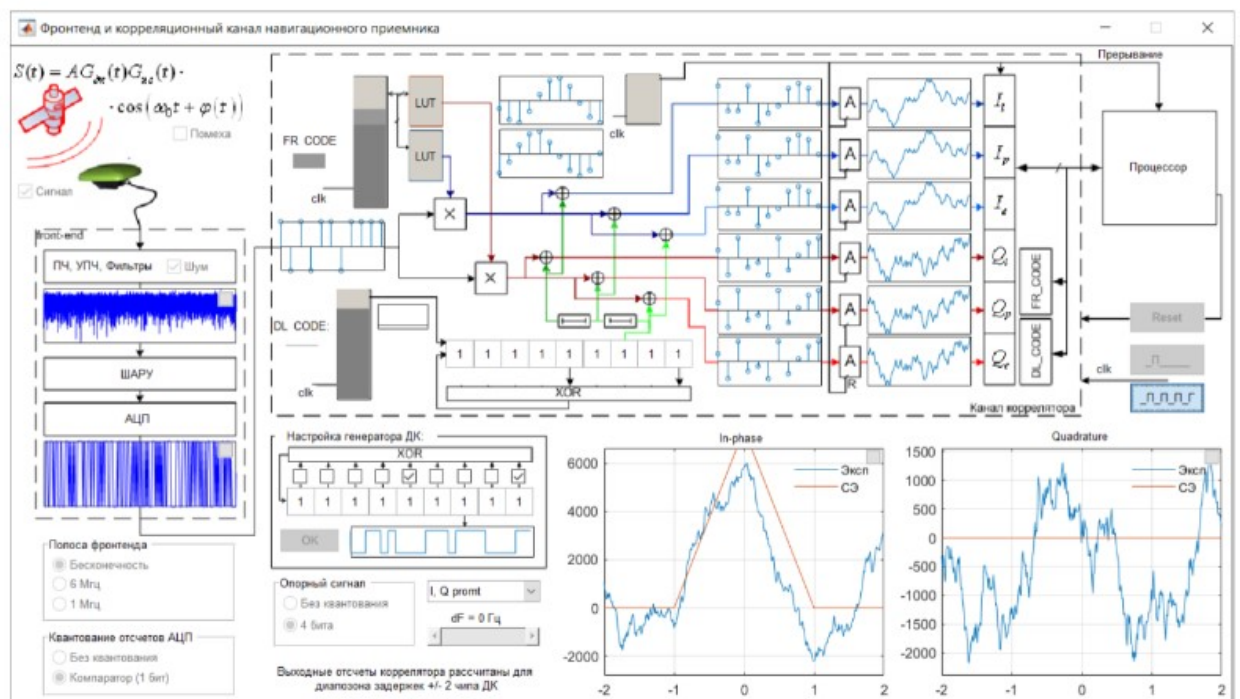


Рисунок 21 – Пошаговая модель коррелятора при бесконечной полосе фронтенда

## **Выводы**

В ходе выполнения данной лабораторной работе были изучены структура и свойства функциональных элементов коррелятора АП СРНС, а также характеристики процессов, протекающих внутри. Определили такие характеристики как СКО, групповое запаздывание, отношение сигнал/шум. Определили, какое влияние оказывает полоса фронтенда на корреляционные функции и групповое время запаздывания.