

Национальный исследовательский университет

«МЭИ»

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова

Лабораторная работа №3

по дисциплине «Аппаратура потребителей СРНС»

«Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной
модели»

Группа: ЭР-15-17

ФИО студента: Танкина А.М.

ФИО преподавателя: Корогодин И.В.

Москва 2021

Цели работы:

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

Домашняя подготовка

Приведём схемы блоков формирования дальномерного кода и конфигурации сдвиговых регистров сигналов GPS L1 C/A и ГЛОНАСС L1 СТ:

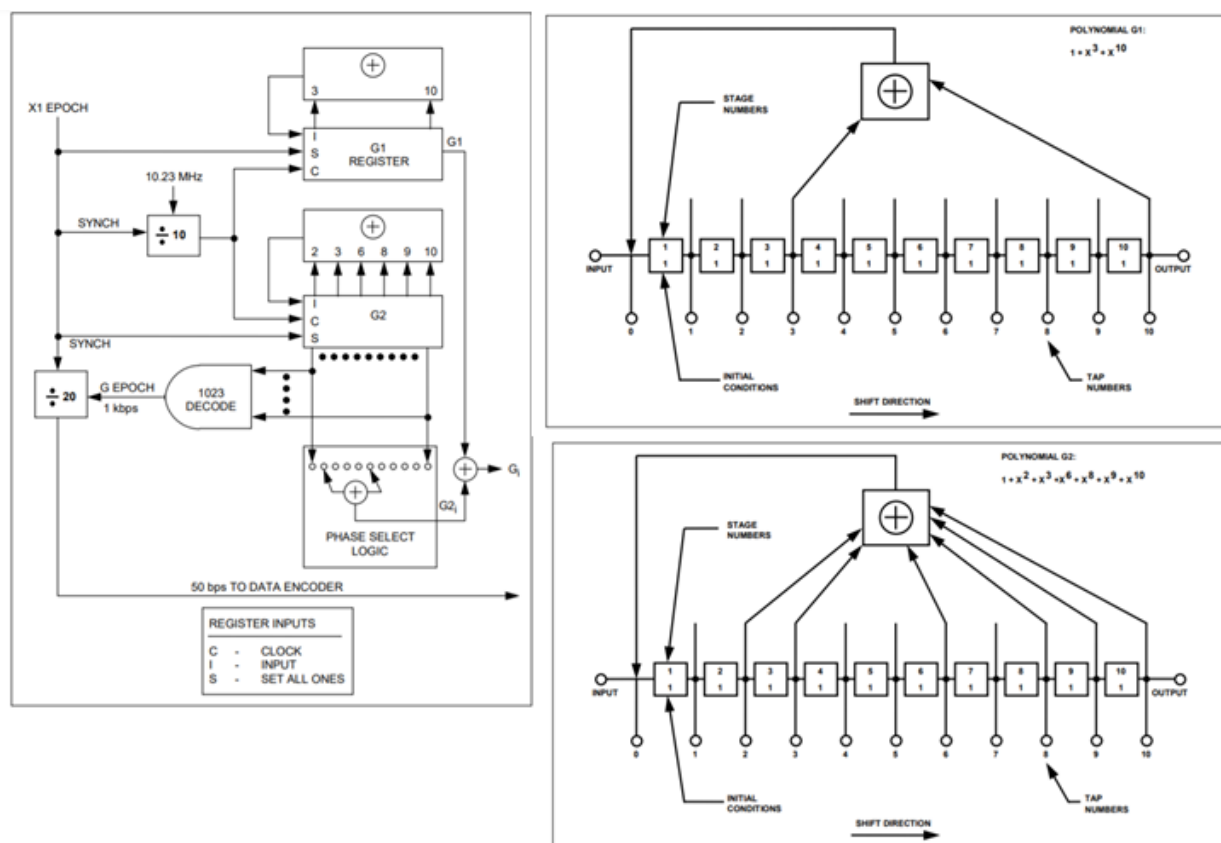


Рисунок 1 – Схема блока формирования дальномерного кода и конфигурация регистров сдвига сигнала GPS L1 C/A

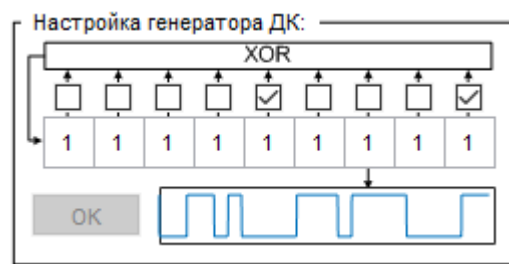


Рисунок 3 –Настройка генератора дальномерного кода

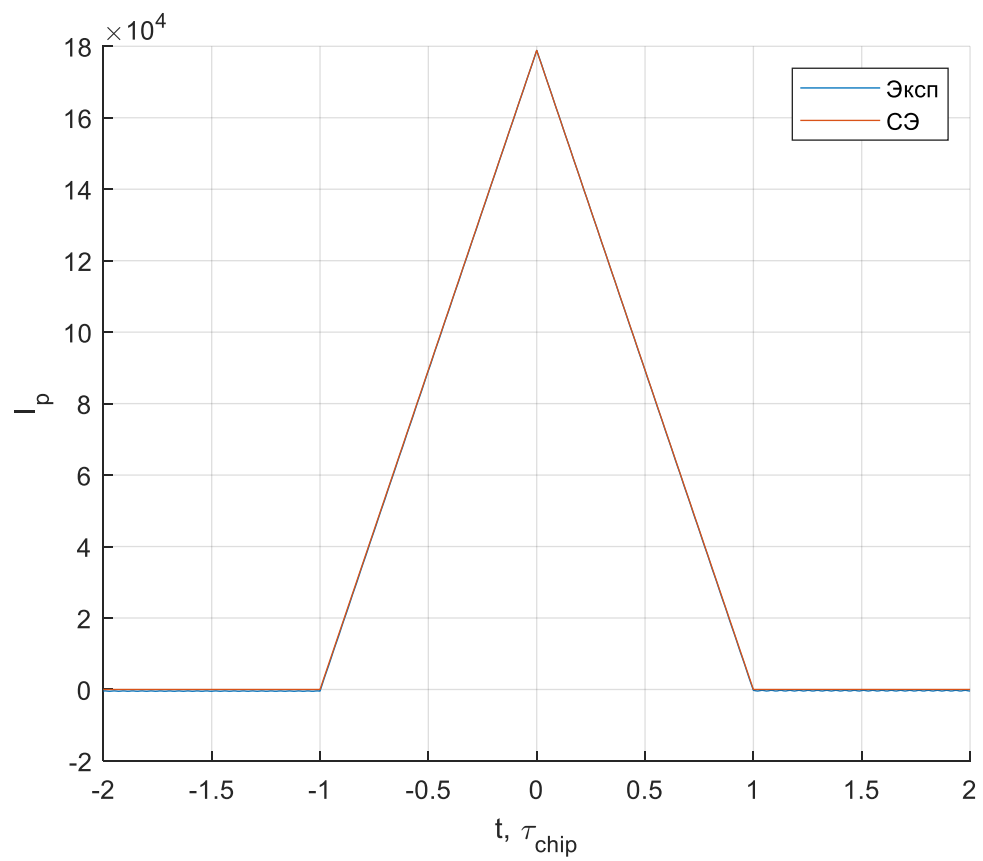


Рисунок 4 – Синфазная составляющая корреляционной функции

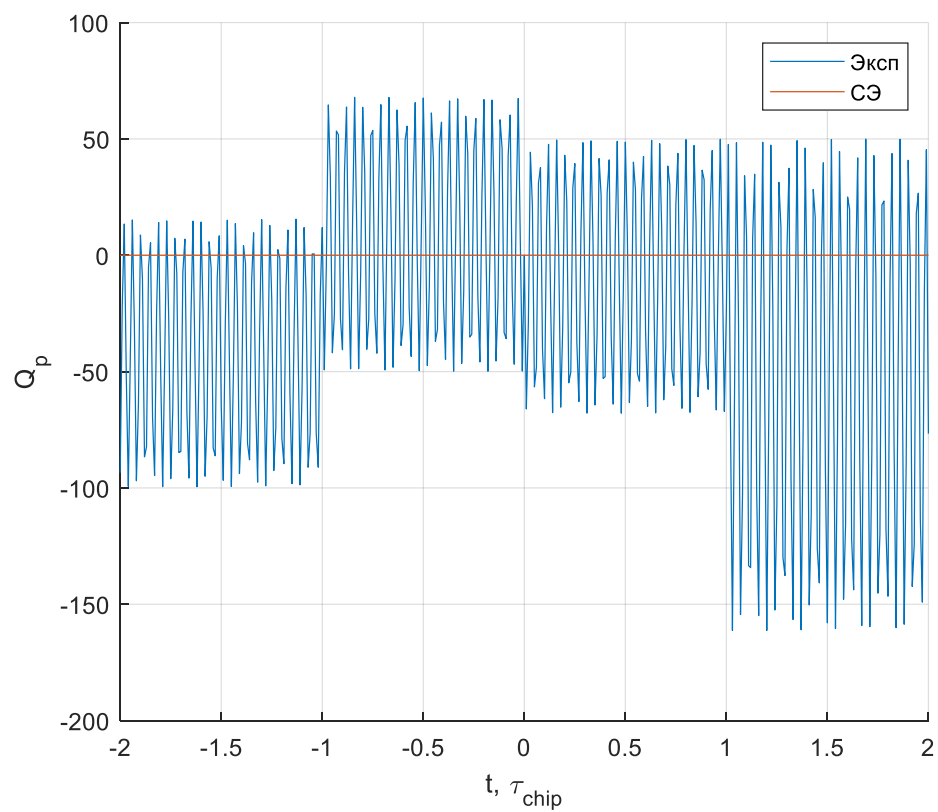


Рисунок 5 – Квадратурная составляющая корреляционной функции

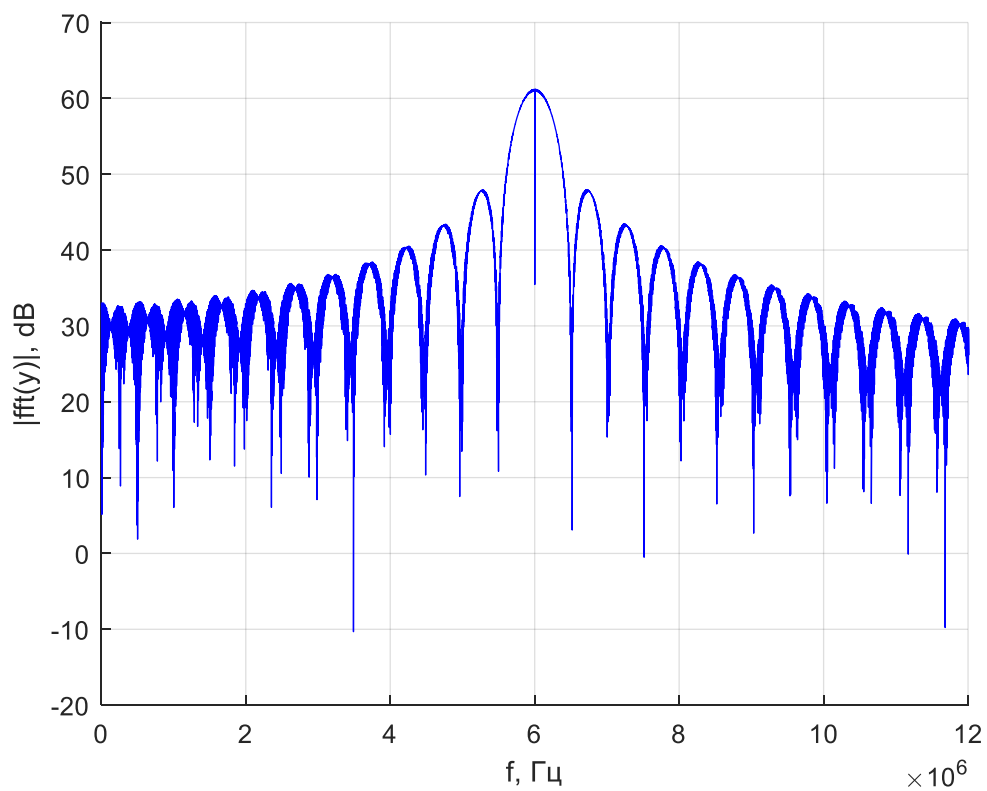


Рисунок 6 – Спектр сигнала

По спектру сигнала, изображенному на рисунке 6, определяем, что промежуточная частота сигнала составляет 6 МГц, а полоса по половинной мощности составляет 1 МГц.

Задание 2

Установим полосу фронтенда равной 6 МГц, 1 МГц. Перенесём корреляционные функции в отчет. Оценим групповое время запаздывания.

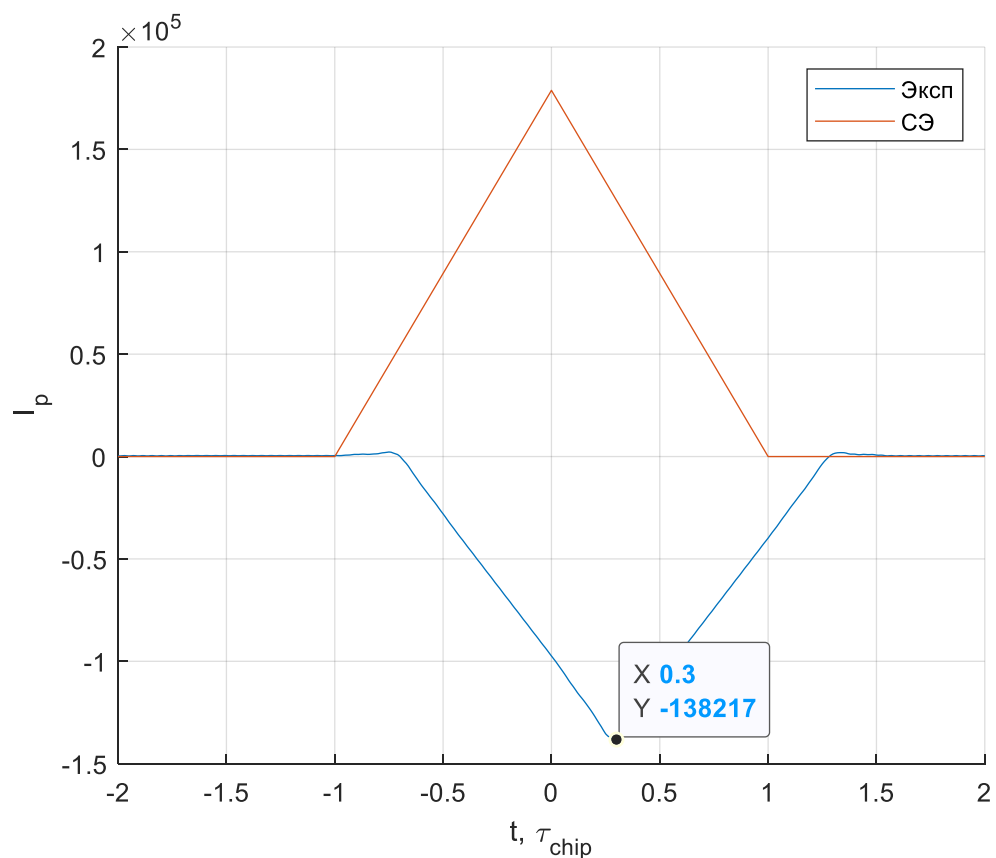


Рисунок 7 – Синфазная составляющая корреляционной функции, соответствующая полосе фронтенда 6 МГц

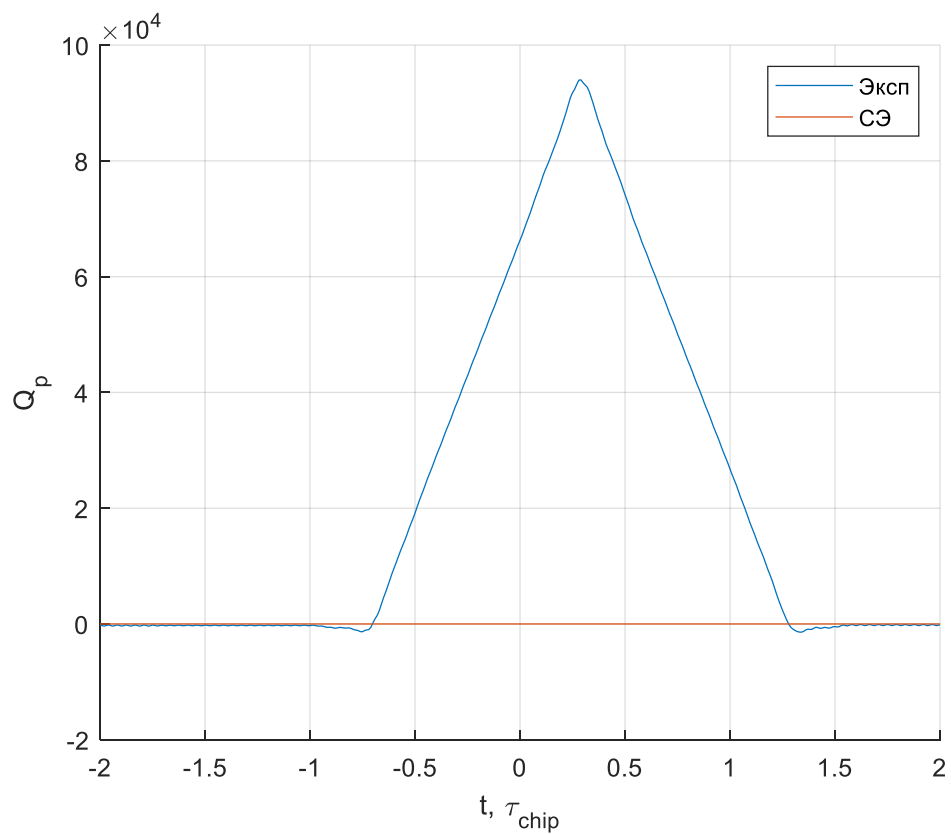


Рисунок 8 – Квадратурная составляющая корреляционной функции, соответствующая полосе фронтенда 6 МГц

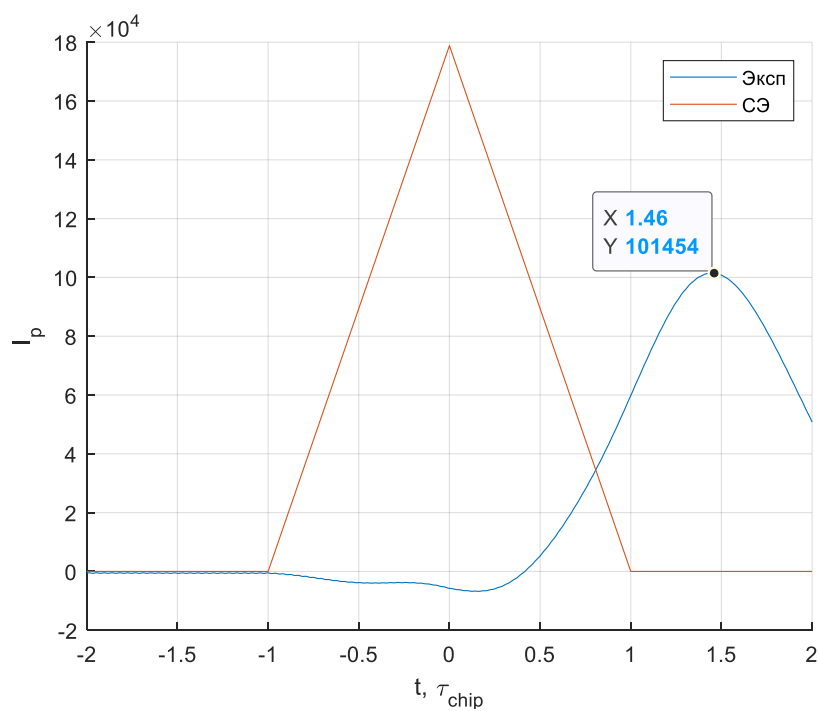


Рисунок 9 – Синфазная составляющая корреляционной функции, соответствующая полосе фронтенда 1 МГц

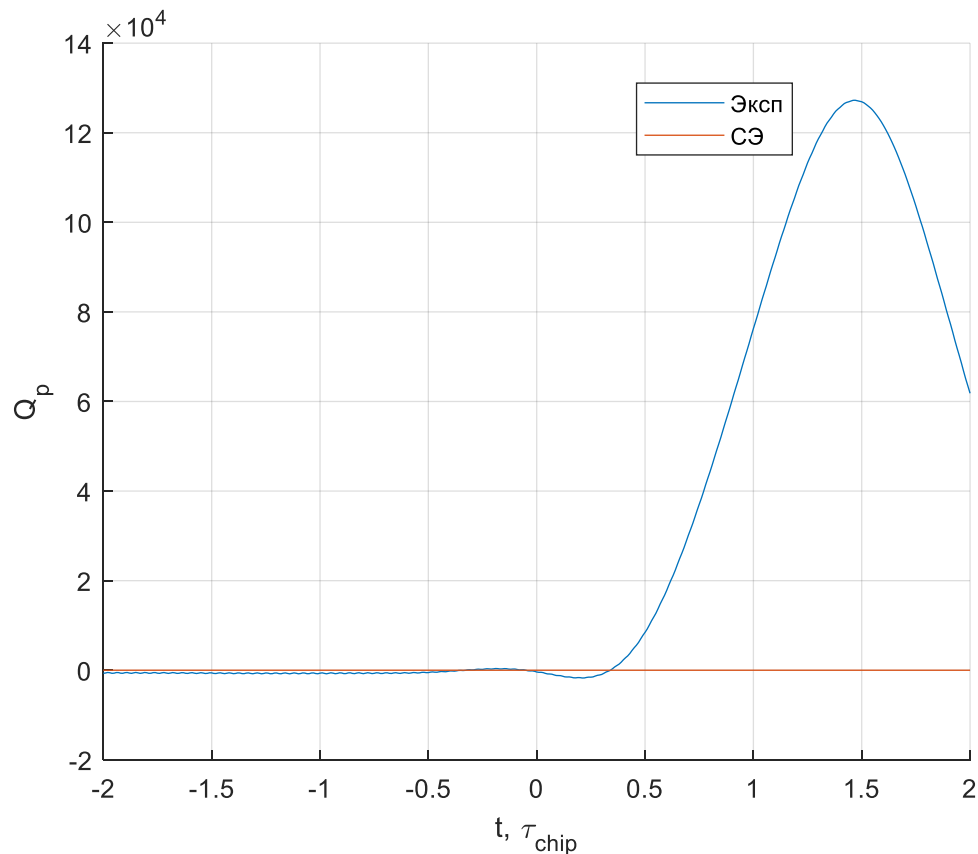


Рисунок 10 – Квадратурная составляющая корреляционной функции, соответствующая полосе фронтеда 1 МГц

По рисунку 7 с помощью маркера определяем, что групповое время запаздывания при заданной полосе фронтеда, равной 6 МГц, составляет $\tau = 0.3 \cdot \tau_{chip}$.

По рисунку 9 с помощью маркера определяем, что групповое время запаздывания при заданной полосе фронтеда, равной 1 МГц, составляет $\tau = 1.46 \cdot \tau_{chip}$.

Задание 3

В качестве значения полосы фронтеда выберем «6 МГц». Перенесём в отчет наглядный отрезок сигнала. Включим шум. Сравним квадрат СКО шума (считая размах за 3 СКО) и мощность сигнала. Определим отношение мощности сигнала к односторонней спектральной плотности шума: $q_{c/n0} = \frac{P_c}{N_0}$

(приведём к размерности дБГц). Перенесём в отчет отрезок реализации сигнала в смеси с шумом, корреляционные функции.

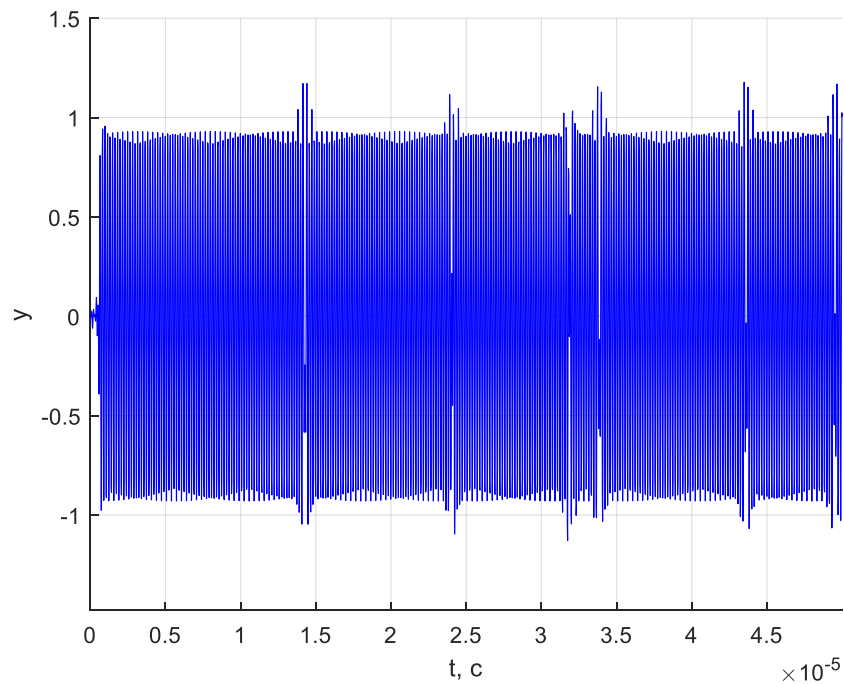


Рисунок 11 – Наглядный отрезок сигнала в уменьшенном масштабе, соответствующий полосе фронтеда 6 МГц

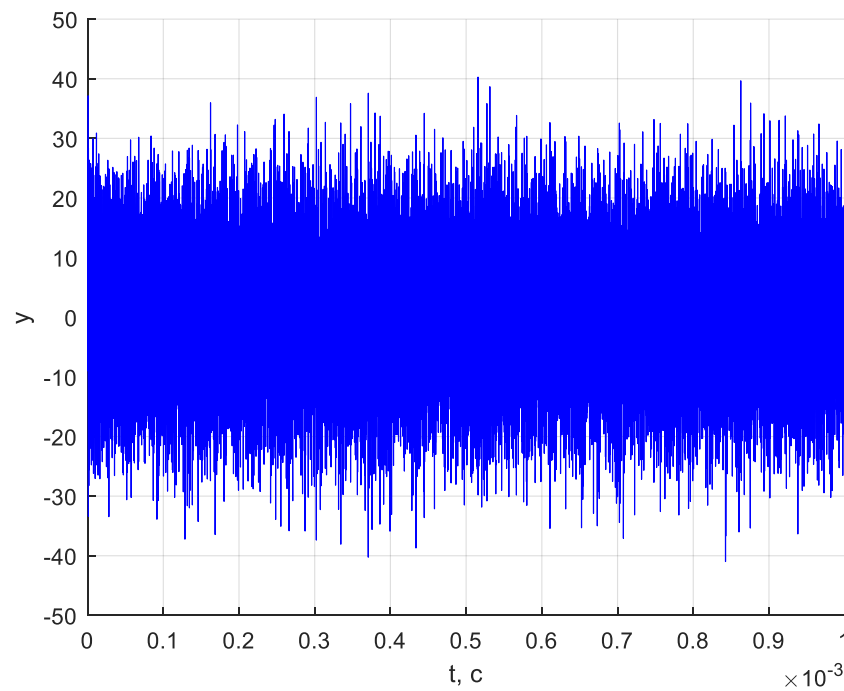


Рисунок 12 – Наглядный отрезок аддитивной смеси сигнала и шума, соответствующий полосе фронтеда 6 МГц

По рисунку 11 определяем мощность сигнала как квадрат амплитуды $P_c = U_c^2 = 0.95^2 = 0.9025$.

По рисунку 12 определяем квадрат СКО шума, считая, что все его значения лежат в области $3\sigma_n$. Таким образом, $\sigma_n^2 = \left(\frac{40}{3}\right)^2 = 177.8$.

Сравнивая полученные величины, заметим, что квадрат СКО шума в 197 раз больше мощности сигнала:

$$\frac{\sigma_n^2}{U_c^2} = \frac{177.8}{0.9025} = 197$$

Определим отношение мощности сигнала к односторонней спектральной плотности шума:

$$q_{c/n0} = \frac{P_c}{N_0} = \frac{U_c^2}{\frac{\sigma_n^2}{\Delta F}} = \frac{0.95^2}{\left(\frac{40}{3}\right)^2} \cdot 1 \cdot 10^6 = 5.077 \cdot 10^3 \text{ Гц}$$

$$q_{c/n0, \text{дБГц}} = 10 \log_{10} q_{c/n0} = 37.056 \text{ дБГц}$$

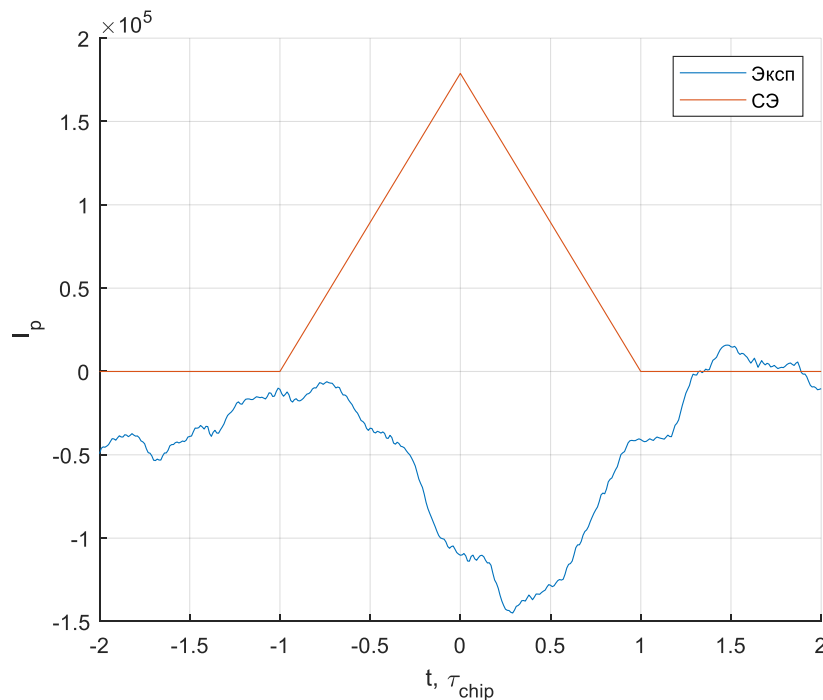


Рисунок 13 – Синфазная составляющая, соответствующая полосе фронтенда 6 МГц при аддитивной смеси сигнала и шума

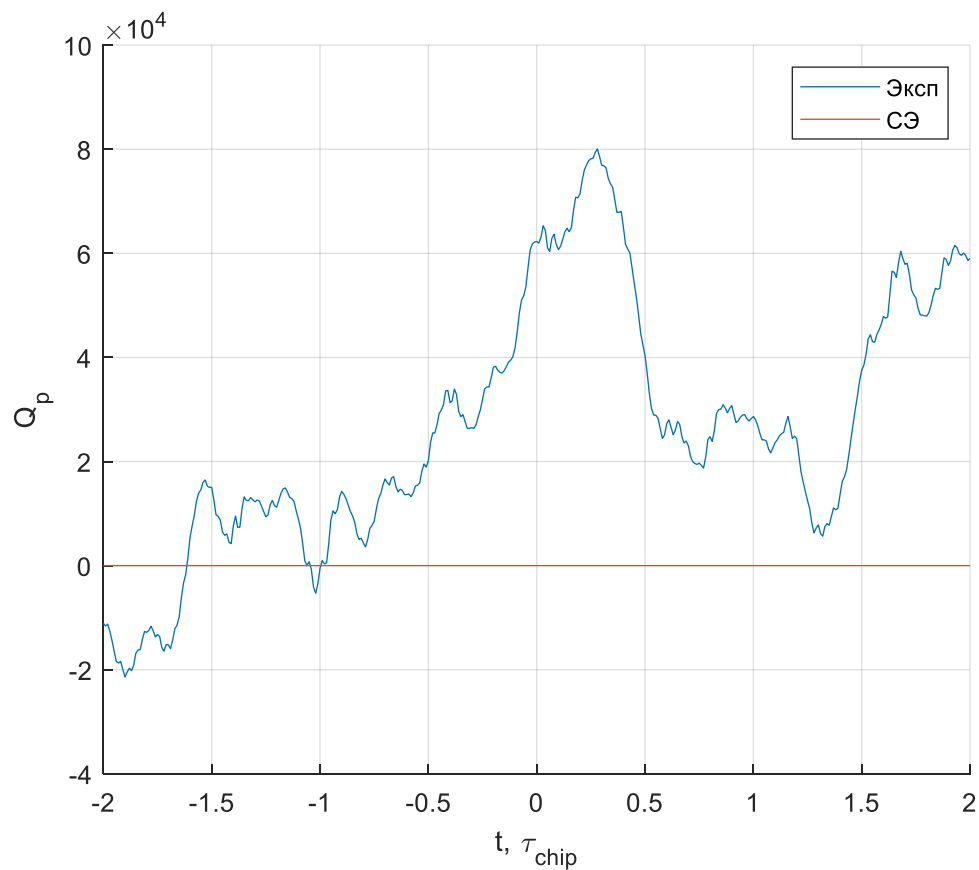


Рисунок 14 – Квадратурная составляющая, соответствующая полосе фронтенда 6 МГц при аддитивной смеси сигнала и шума

Задание 4

Пронаблюдаем за изменением шумовой составляющей корреляционных функций при изменении полосы фронтенда. Исследуем зависимость мощности шумовой составляющей корреляционных компонент от полосы фронтенда, сделаем соответствующие записи в отчете.

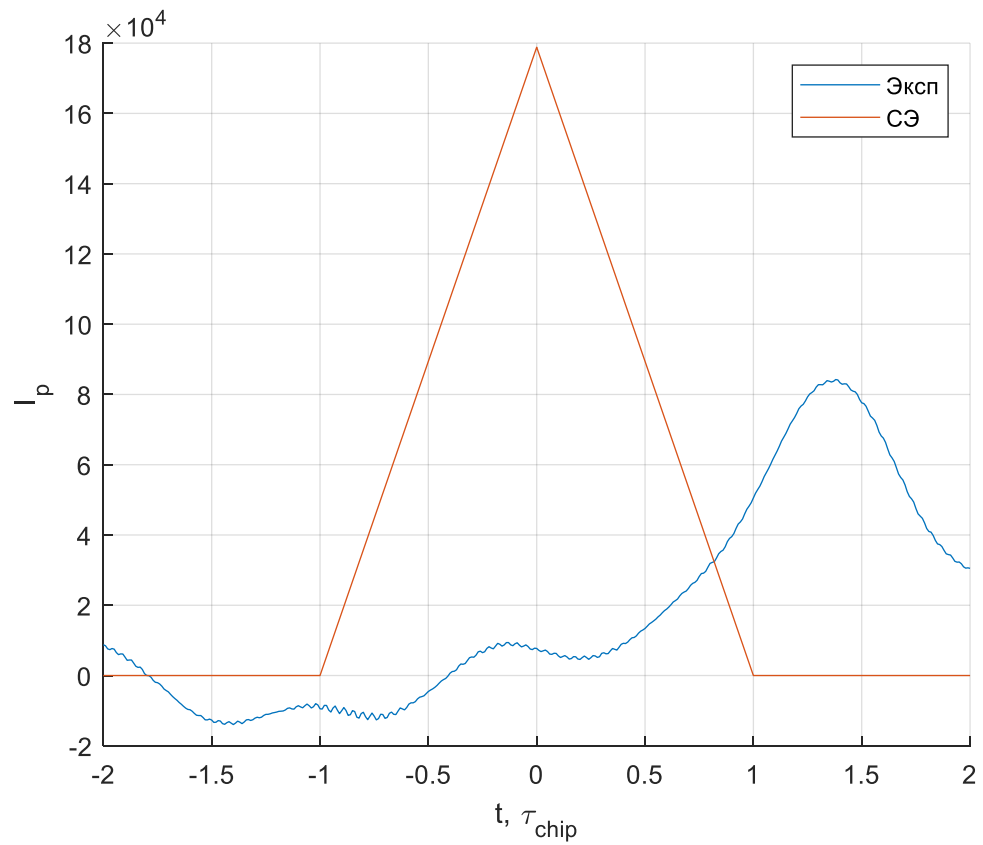


Рисунок 15 – Синфазная составляющая, соответствующая полосе фронтенда 1 МГц при аддитивной смеси сигнала и шума

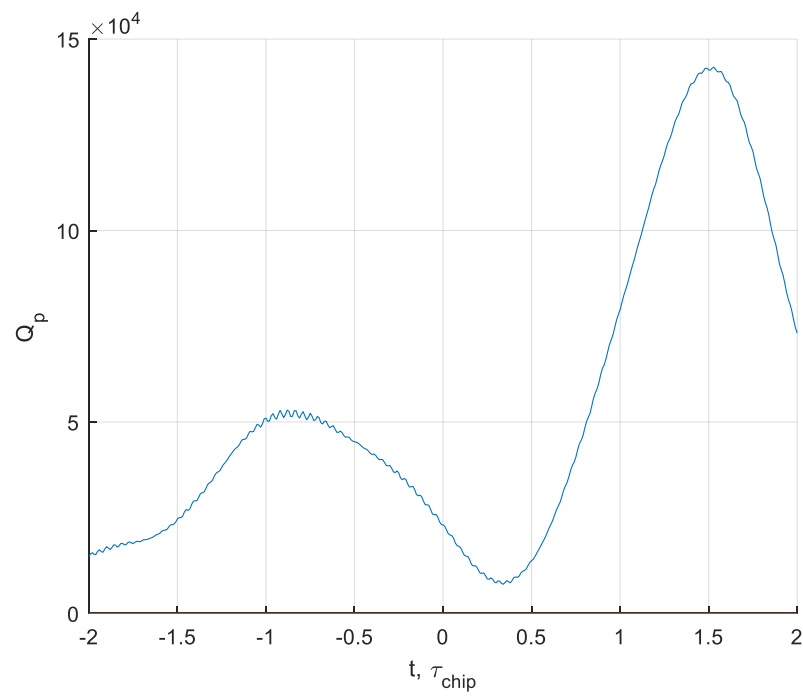


Рисунок 16 – Квадратурная составляющая, соответствующая полосе фронтенда 1 МГц при аддитивной смеси сигнала и шума

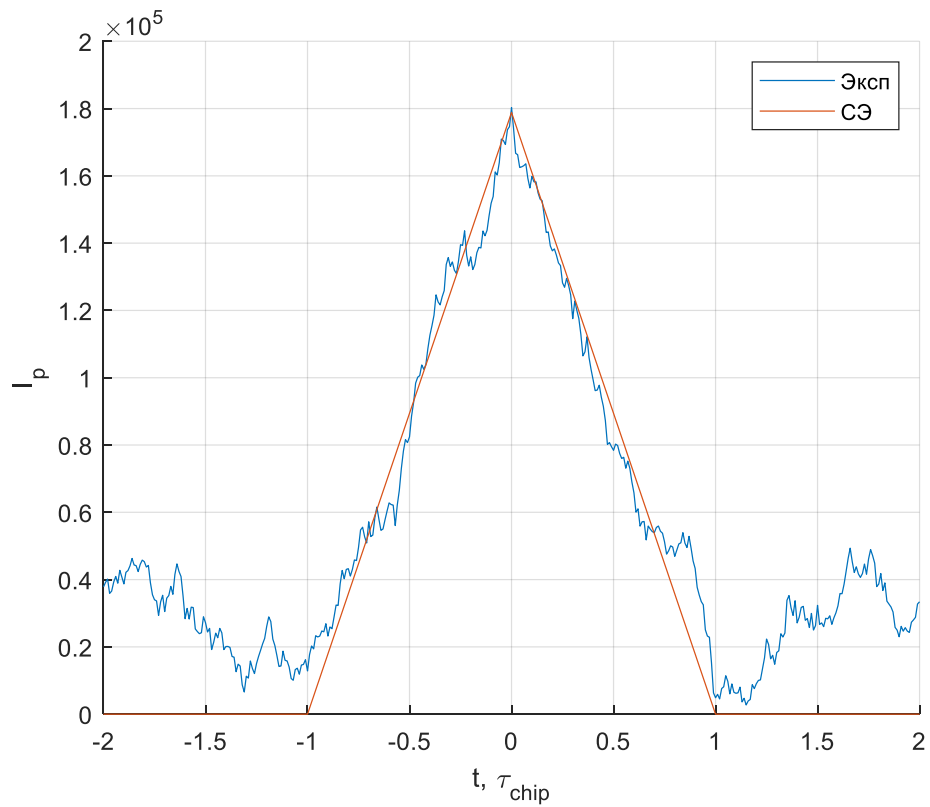


Рисунок 17 – Синфазная составляющая, соответствующая бесконечной полосе фронтенда при аддитивной смеси сигнала и шума

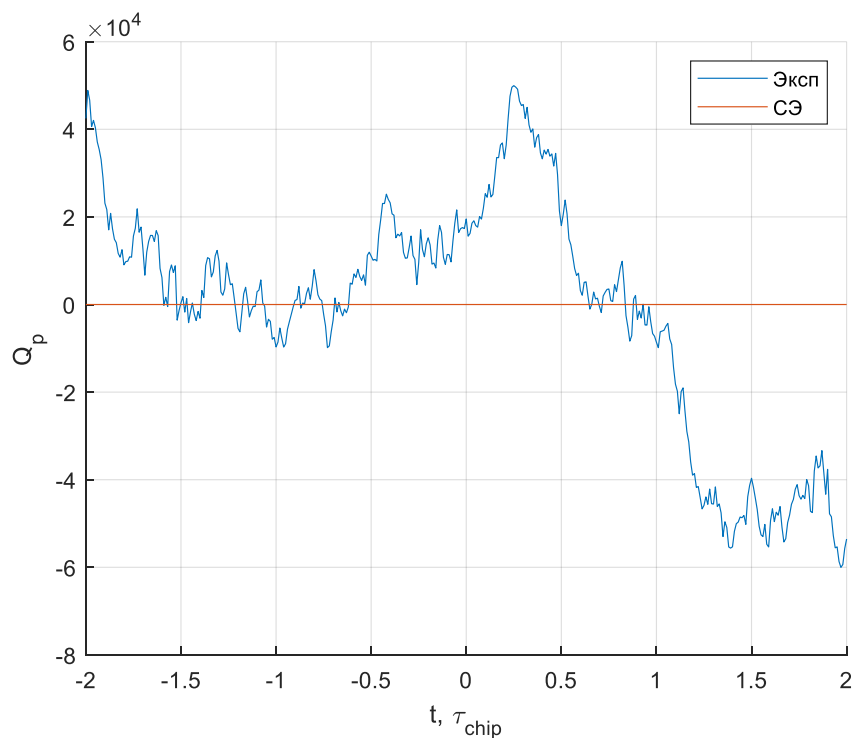


Рисунок 18 – Квадратурная составляющая, соответствующая бесконечной полосе фронтенда при аддитивной смеси сигнала и шума

По полученным результатам заметно, что увеличение полосы фронтенда приводит к росту мощности шумовой составляющей аддитивной смеси сигнала и шума (в более широкую полосу пролезает больше шума).

Задание 5

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

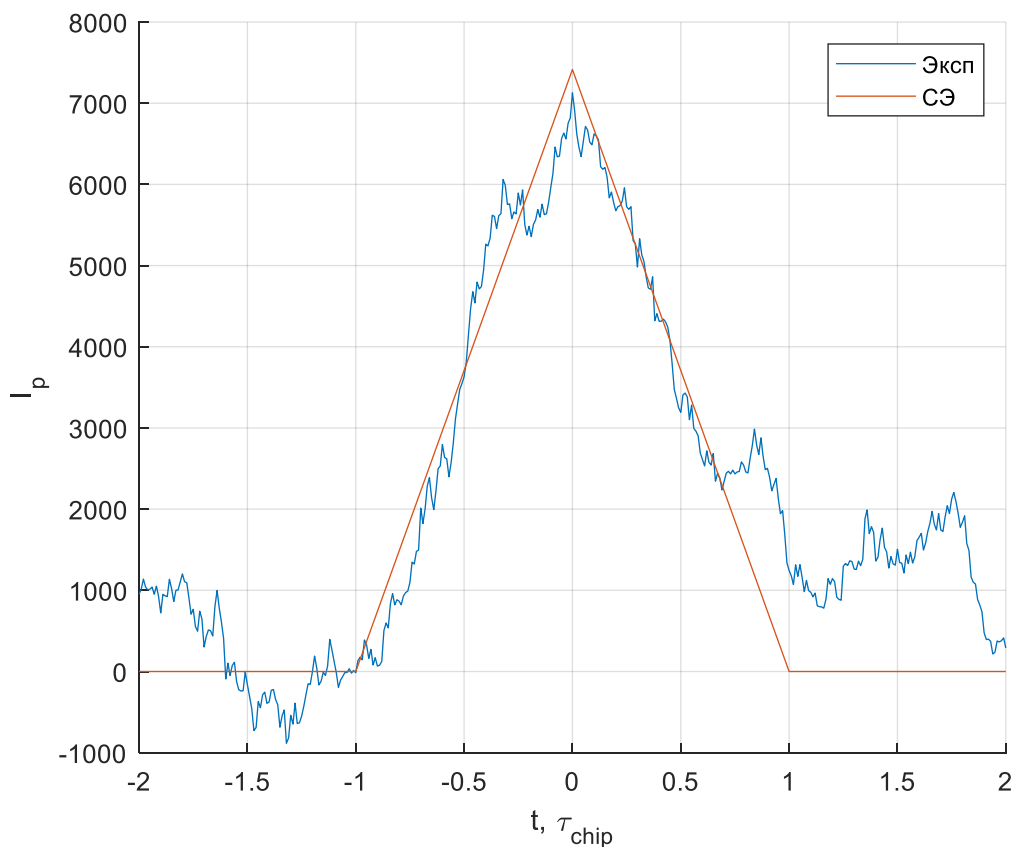


Рисунок 19 – Синфазная составляющая, соответствующая бесконечной полосе фронтенда при аддитивной смеси сигнала и шума и квантовании опоры и АЦП

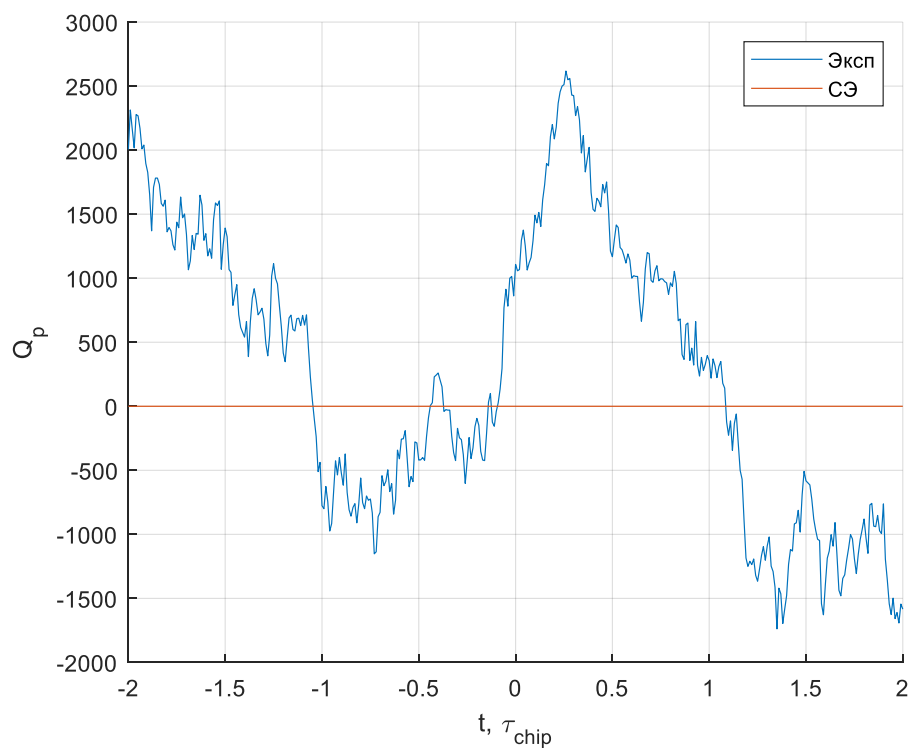


Рисунок 20 – Квадратурная составляющая, соответствующая бесконечной полосе фронтеда при аддитивной смеси сигнала и шума и квантовании опоры и АЦП

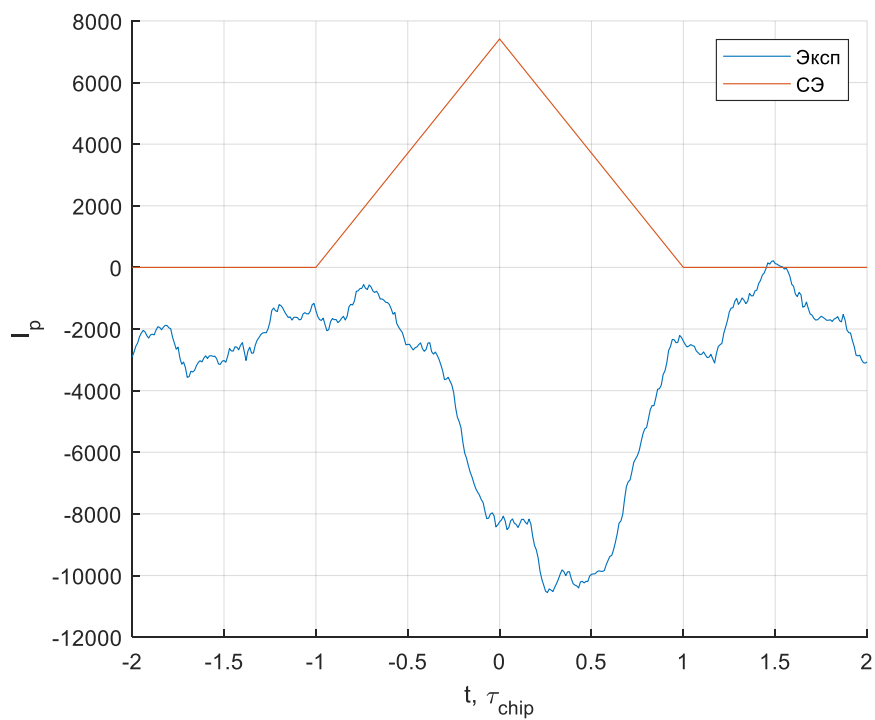


Рисунок 21 – Синфазная составляющая, соответствующая полосе фронтеда 6 МГц при аддитивной смеси сигнала и шума и квантовании опоры и АЦП

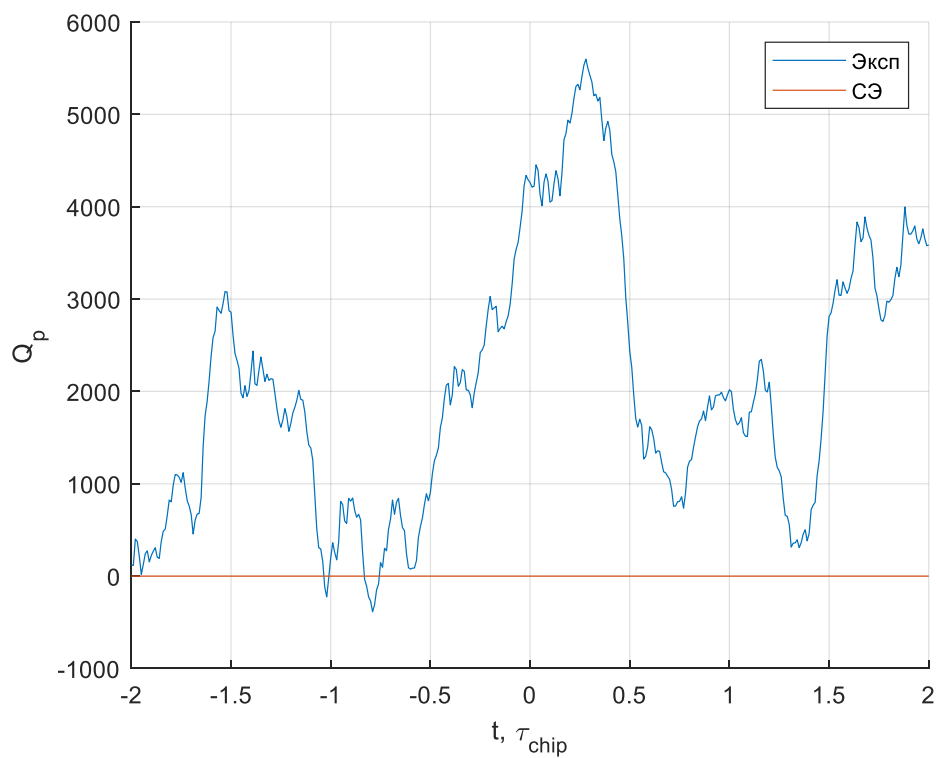


Рисунок 22 – Квадратурная составляющая, соответствующая полосе фронтенда 6 МГц при аддитивной смеси сигнала и шума и квантовании опоры и АЦП

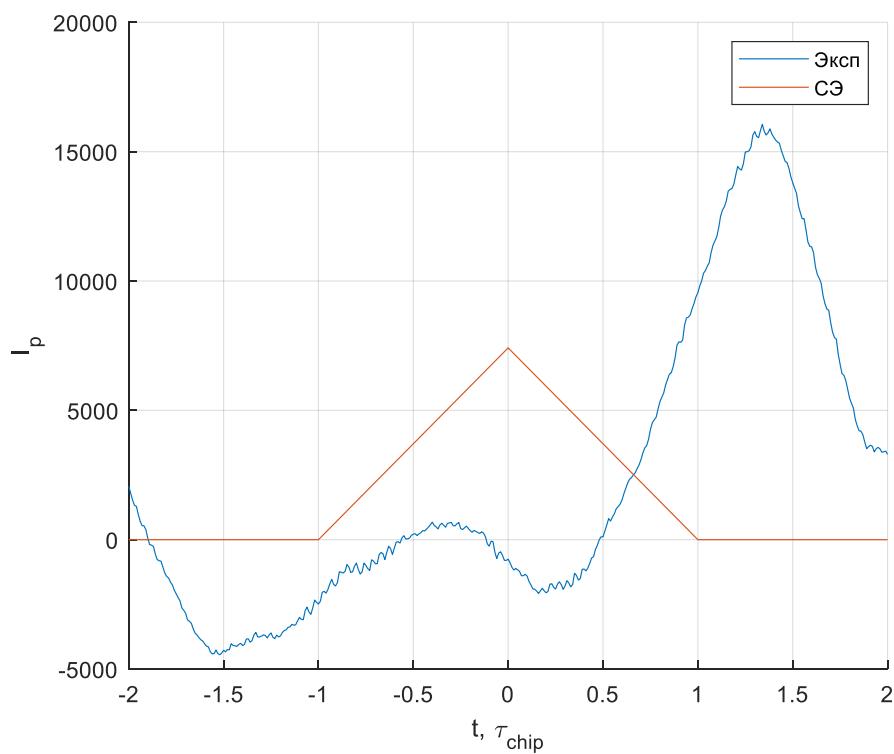


Рисунок 23 – Синфазная составляющая, соответствующая полосе фронтенда 1 МГц при аддитивной смеси сигнала и шума и квантовании опоры и АЦП

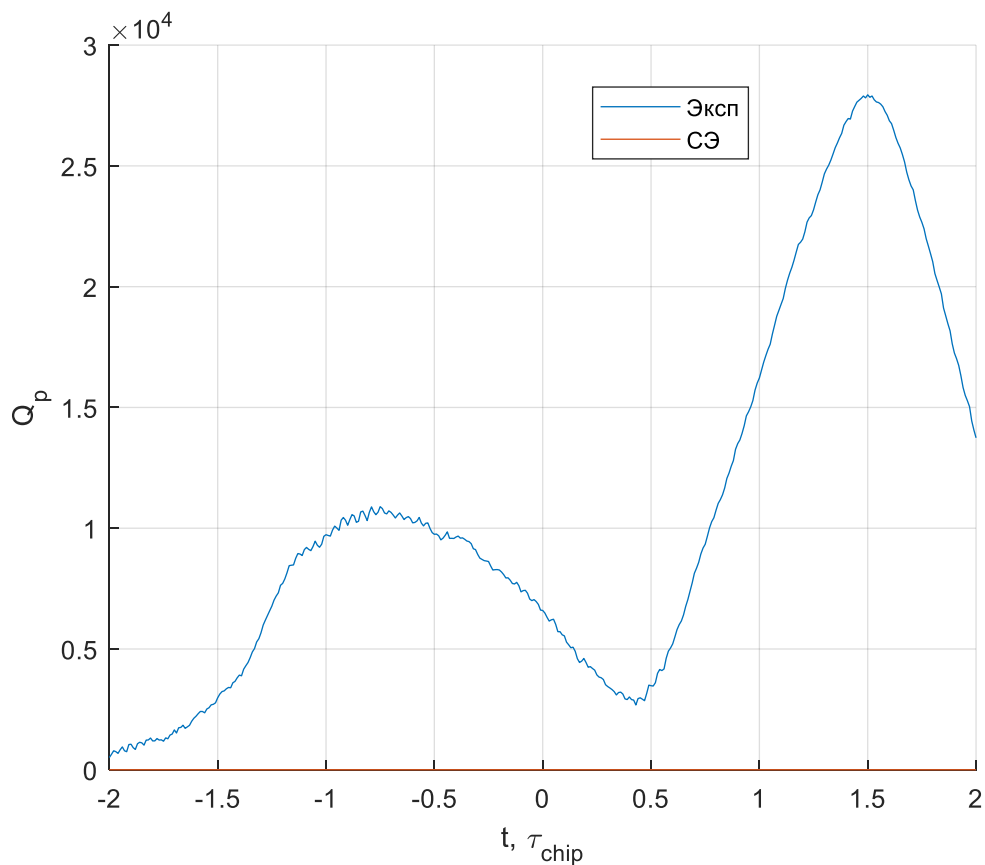


Рисунок 24 – Квадратурная составляющая, соответствующая полосе фронтенда 1 МГц при аддитивной смеси сигнала и шума и квантовании опоры и АЦП

По полученным результатам видно, что квантование по уровню аддитивной смеси сигнала и шума приводит к увеличению шумовой составляющей корреляционной функции. Это связано с тем, что АЦП имеет конечную разрядность, следовательно, возникают множественные усреднения мгновенных значений аддитивной смеси сигнала и шума.

Увеличение полосы фронтенда, как уже было замечено ранее, приводит к росту шумовой составляющей аддитивной смеси сигнала и шума, следовательно квантование приводит к еще большим отклонениям истинных мгновенных значений от квантованных. Это приводит к искажению формы корреляционной функции, что и наблюдается на рисунках 19-22.

Задание 6

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

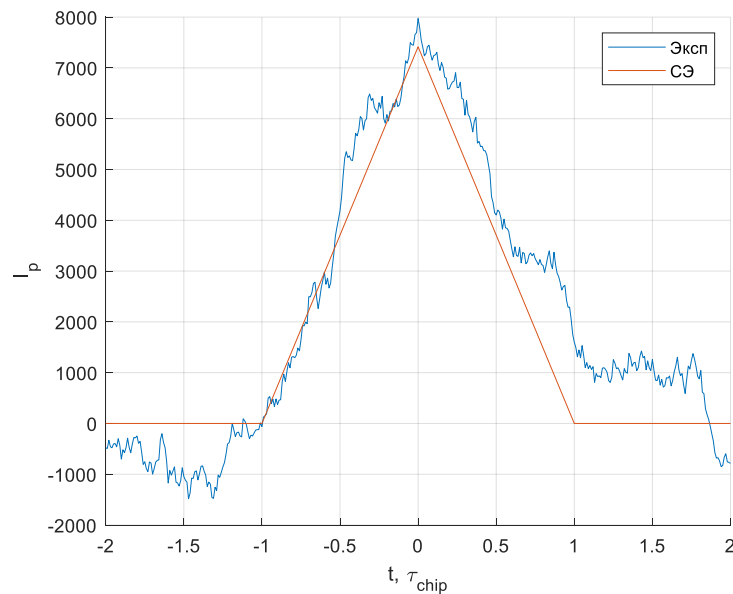


Рисунок 25 – Синфазная составляющая, соответствующая бесконечной полосе фронтенда при аддитивной смеси сигнала, шума и гармонической помехи и квантовании опоры и АЦП

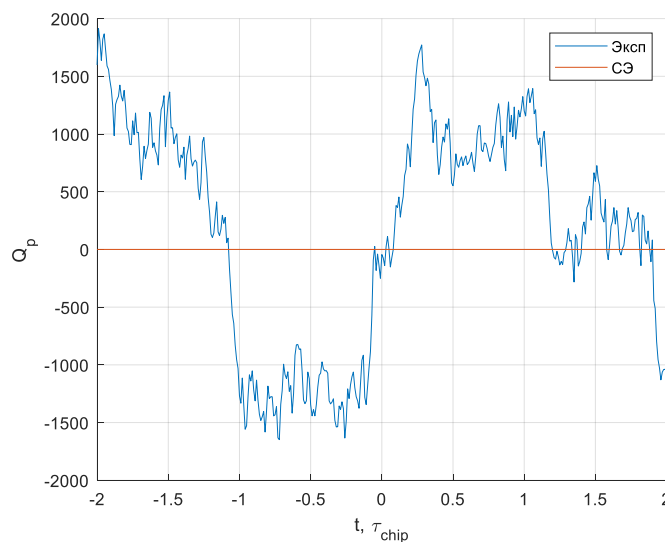


Рисунок 26 – Квадратурная составляющая, соответствующая бесконечной полосе фронтенда при аддитивной смеси сигнала, шума и гармонической помехи и квантовании опоры и АЦП

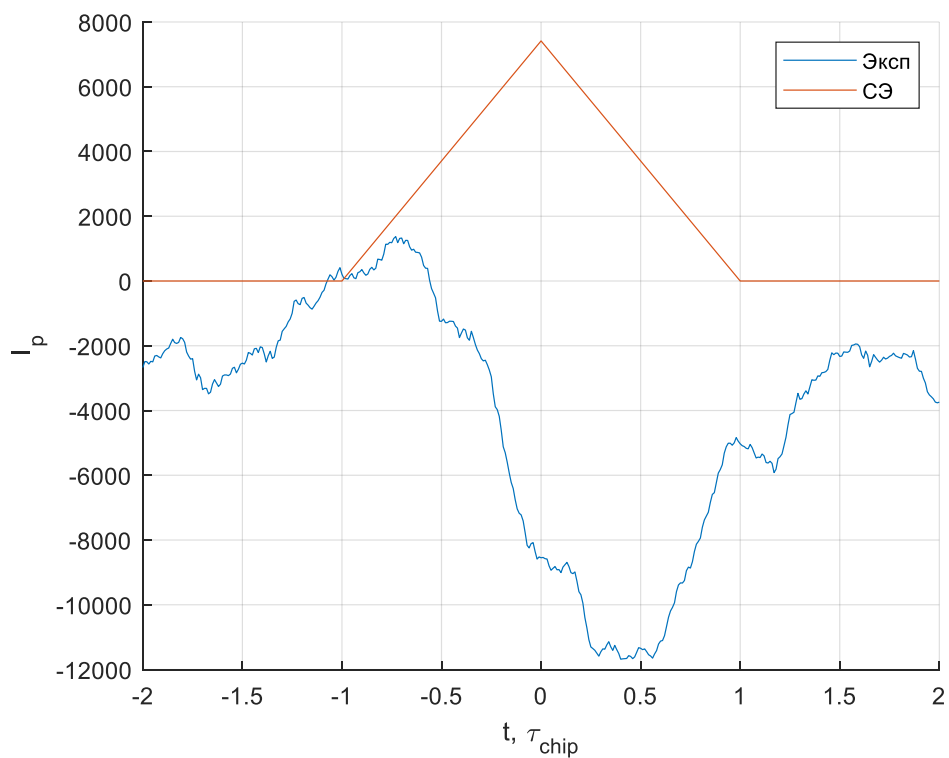


Рисунок 27 – Синфазная составляющая, соответствующая полосе фронтенда 6 МГц при аддитивной смеси сигнала, шума и гармонической помехи и квантовании опоры и АЦП

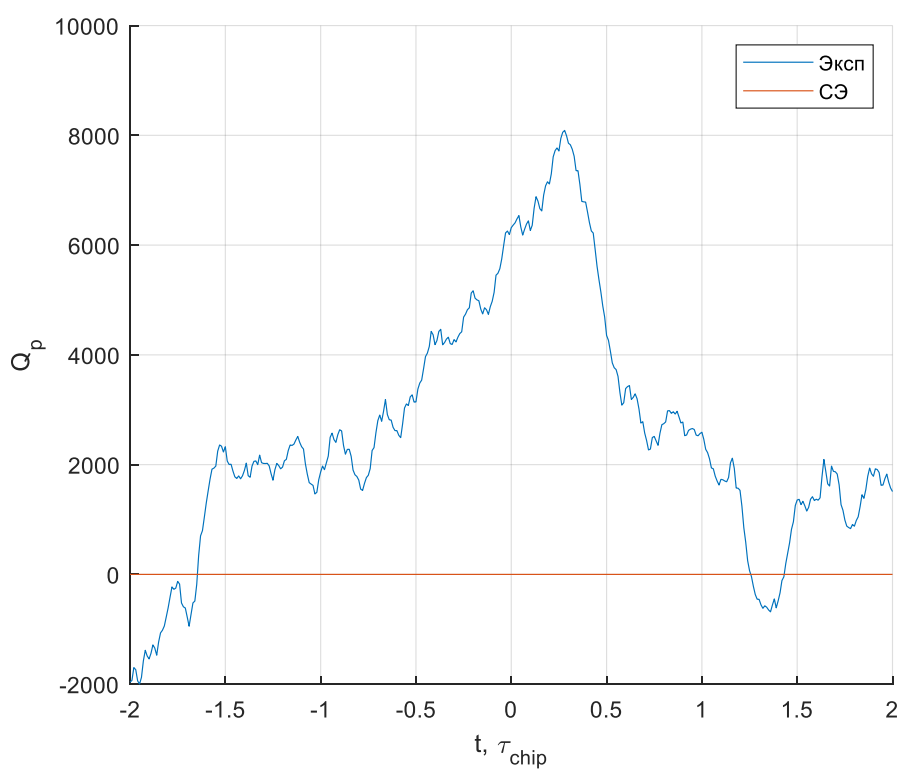


Рисунок 28 – Квадратурная составляющая, соответствующая полосе фронтенда 6 МГц при аддитивной смеси сигнала, шума и гармонической помехи и квантовании опоры и АЦП

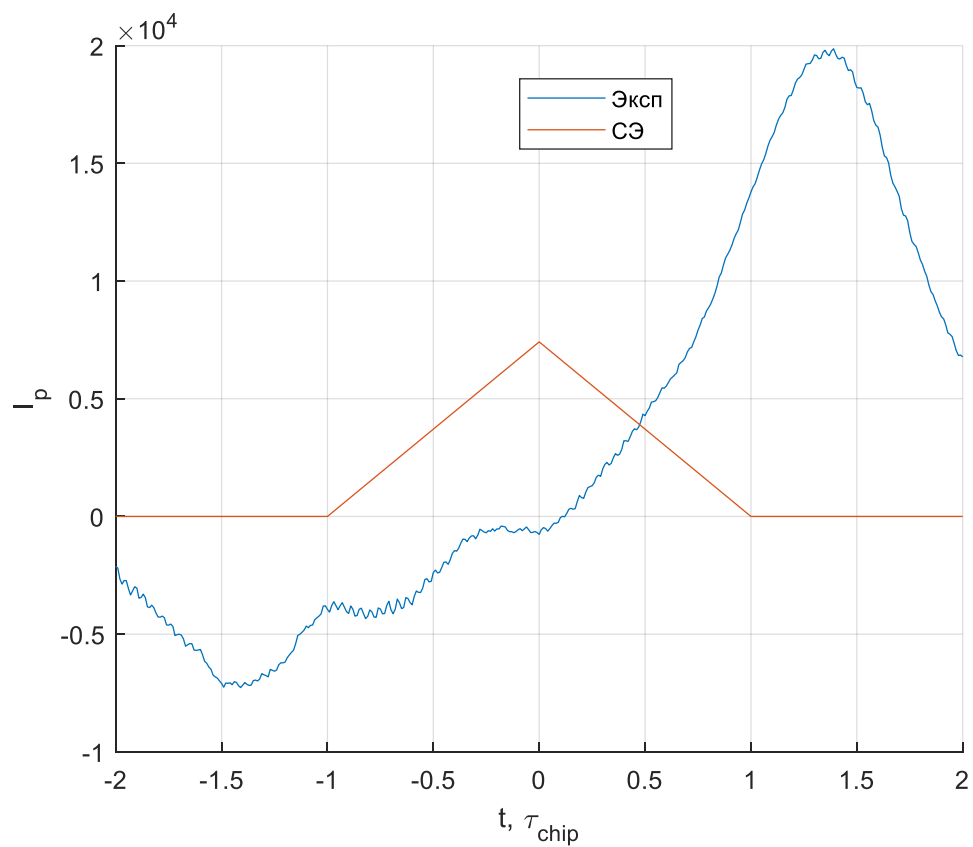


Рисунок 29 – Синфазная составляющая, соответствующая полосе фронтенда 1 МГц при аддитивной смеси сигнала, шума и гармонической помехи и квантовании опоры и АЦП

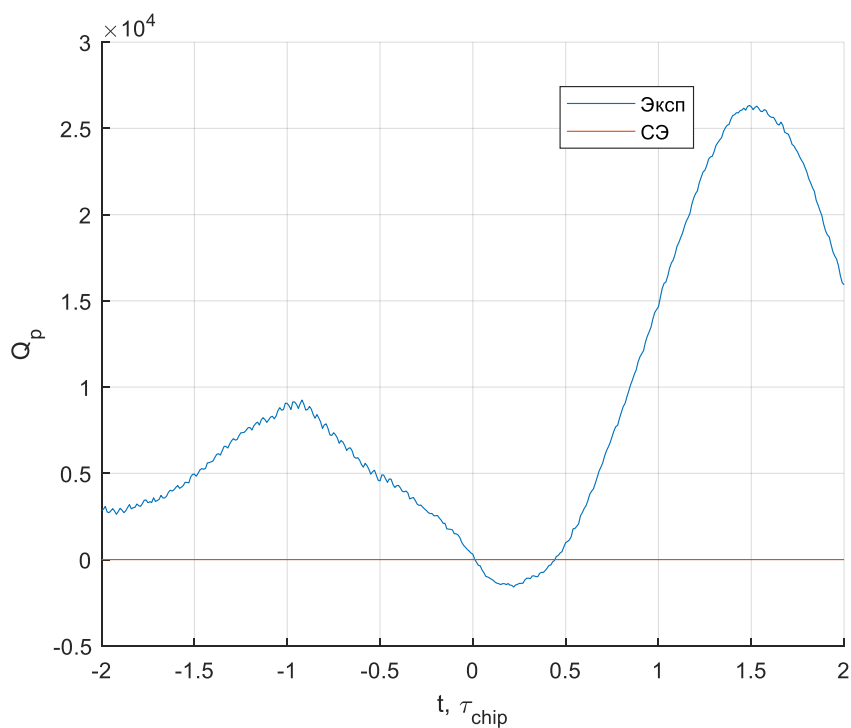


Рисунок 30 – Квадратурная составляющая, соответствующая полосе фронтенда 1 МГц при аддитивной смеси сигнала, шума и гармонической помехи и квантовании опоры и АЦП

По полученным результатам видно, что добавление гармонической узкополосной помехи в аддитивную смесь сигнала и шума приводит к увеличению сигнальной составляющей такой смеси. Это отображено, к примеру, на рисунке 25, где максимальное значение экспериментальной зависимости синфазной составляющей корреляционной функции лежит выше максимального значения статистического эквивалента. Такое увеличение характерно для всех рассмотренных значений полосы фронтенда.

Для определения мощности помехи выключим сигнал и шум и с помощью маркера определим амплитуду узкополосной помехи на ее временной реализации.

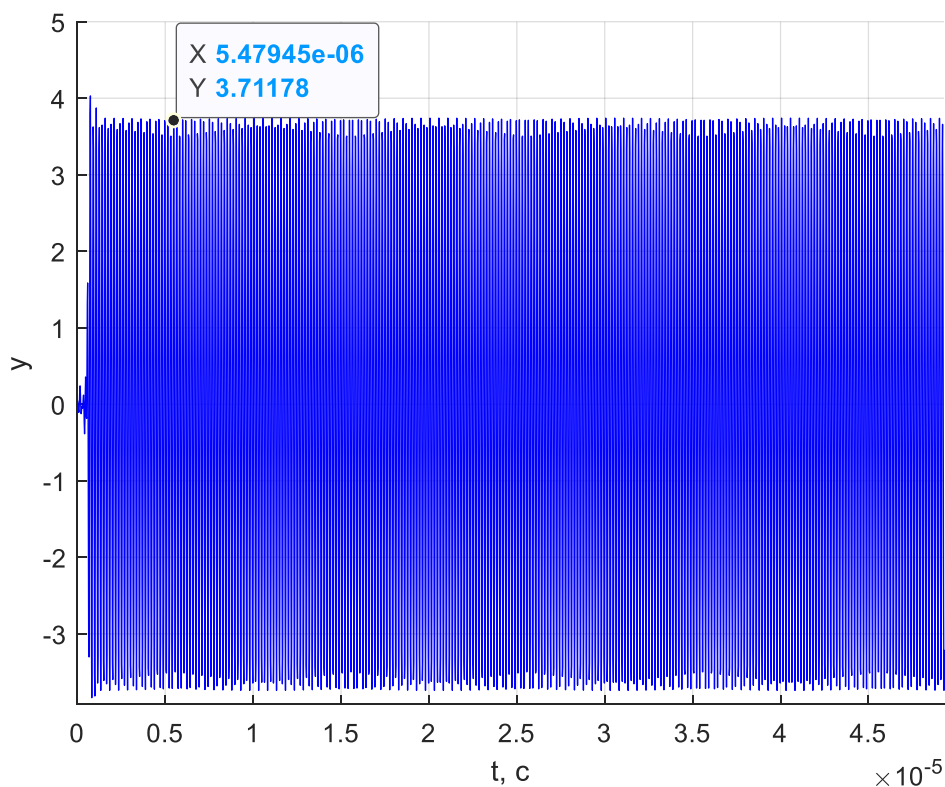


Рисунок 31 – Временная реализация узкополосной гармонической помехи

Определим мощность помехи как квадрат ее амплитуды $P_{\Pi} = U_{\Pi}^2 = (3.712)^2 = 13.779$. Тогда отношение мощности помехи к мощности сигнала составит $\frac{U_{\Pi}^2}{U_c^2} = \frac{13.779}{0.9025} = 15.268$.

Задание 7

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

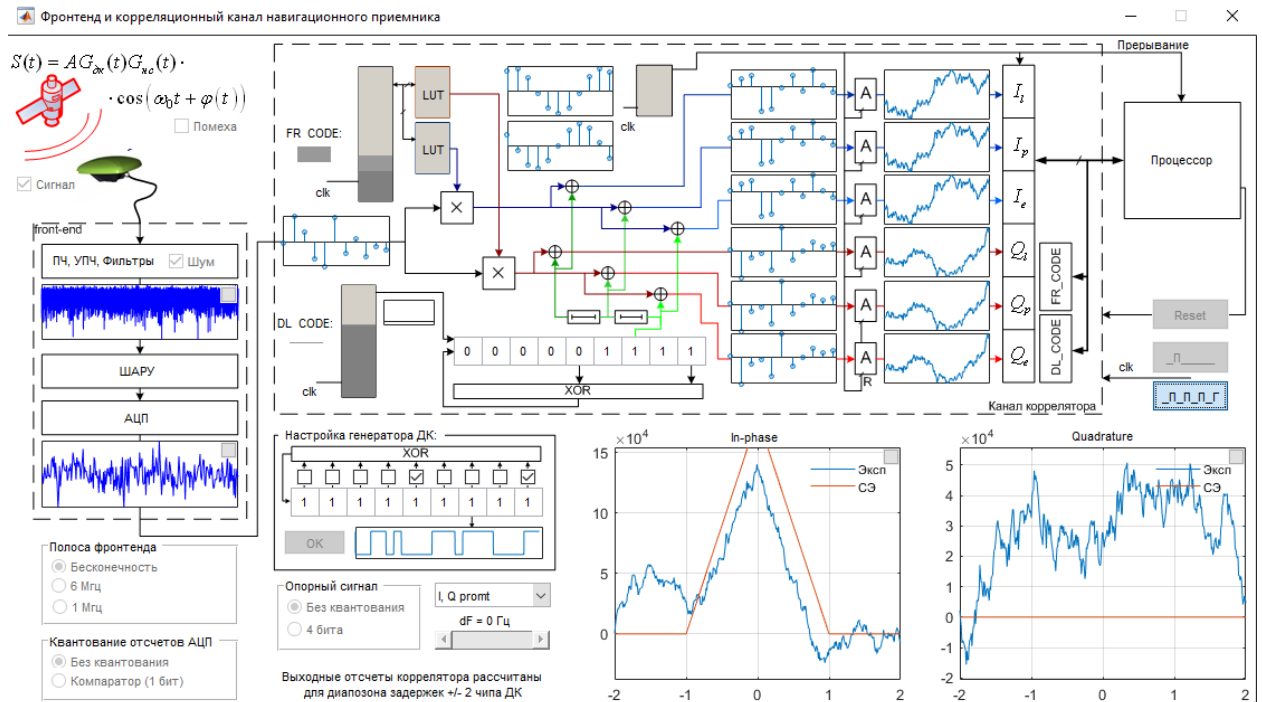


Рисунок 32 – Процессы в модели коррелятора при бесконечной полосе фронтенда

На вход коррелятора с выхода АЦП поступают дискретные отсчеты аддитивной смеси сигнала и шума. Они домножаются на косинусный и синусный опорный сигнал для формирования синфазной и квадратурной составляющей корреляционной функции. После всех преобразований на выходе коррелятора формируются опережающая, нормальная и запаздывающая псевдослучайные последовательности дальномерного кода в фазе и в квадратуре.

Вывод: в ходе лабораторной работы были рассмотрены интерфейсные контрольные документы ГЛОНАСС L1 СТ и GPS L1 C/A и на их основе сформирована стартовая конфигурация генератора дальномерного кода. Были рассмотрены выражения для статистических эквивалентов выходных отсчетов коррелятора.

Согласно ожиданиям, в отсутствии шума экспериментальные корреляционные функции совпадают со своими статистическими эквивалентами. При бесконечной полосе фронтеда запаздывание не наблюдается. По спектру сигнала определена промежуточная частота сигнала (6 МГц) и полоса по половинной мощности (1 МГц).

Сужение полосы фронтеда приводит к увеличению времени запаздывания экспериментальной корреляционной функции относительно своего статистического эквивалента. Это обусловлено увеличением инерционности системы.

В случае, когда к сигналу аддитивно добавляется шум, а полоса фронтеда не бесконечна, синфазная и квадратурная составляющие запаздывают относительно своих стат. эквивалентов и становятся искаженными, «зашумленными».

Увеличение полосы фронтеда приводит к росту мощности шумовой составляющей аддитивной смеси сигнала и шума (в более широкую полосу пролезает больше шума).

Квантование по уровню аддитивной смеси сигнала и шума приводит к увеличению шумовой составляющей корреляционной функции. Это связано с тем, что АЦП имеет конечную разрядность, следовательно, возникают множественные усреднения мгновенных значений аддитивной смеси сигнала и шума.

Увеличение полосы фронтеда, как уже было замечено ранее, приводит к росту шумовой составляющей аддитивной смеси сигнала и шума, следовательно квантование приводит к еще большим отклонениям истинных мгновенных значений от квантованных. Это приводит к искажению формы корреляционной функции.

Добавление гармонической узкополосной помехи в аддитивную смесь сигнала и шума приводит к увеличению сигнальной составляющей такой

смеси. Такое увеличение характерно для всех рассмотренных значений полосы фронтеда.