

ФГБОУ ВО

Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Институт радиотехники и электроники им В.А. Котельникова

Лабораторная работа №3 по теме:  
«Исследование коррелятора АП СРНС с помощью имитационной модели»  
по дисциплине «Аппаратура потребителей СРНС»

Выполнил:

Студент группы ЭР-15-17

Берестнев В.С.

Преподаватель: Корогодин И.В.

Москва

2021

### Цель работы:

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

### Домашняя подготовка

1. Формулы для расчёта статистических эквивалентов коррелятора:

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

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

где:

- Модель сигнала на выходе АЦП:

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

- Модель шкалы времени:

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

- Модель сигнала на выходе радиочастотного блока:

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

2. Схема формирования дальномерного кода ГЛОНАСС L1 СТ:

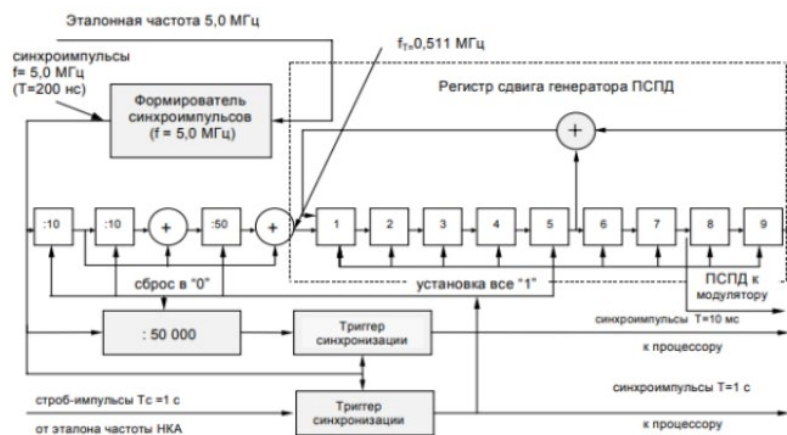


Рисунок 1. Схема формирования дальномерного кода ГЛОНАСС L1 СТ

Схема формирования дальномерного кода для GPS L1 C/A:

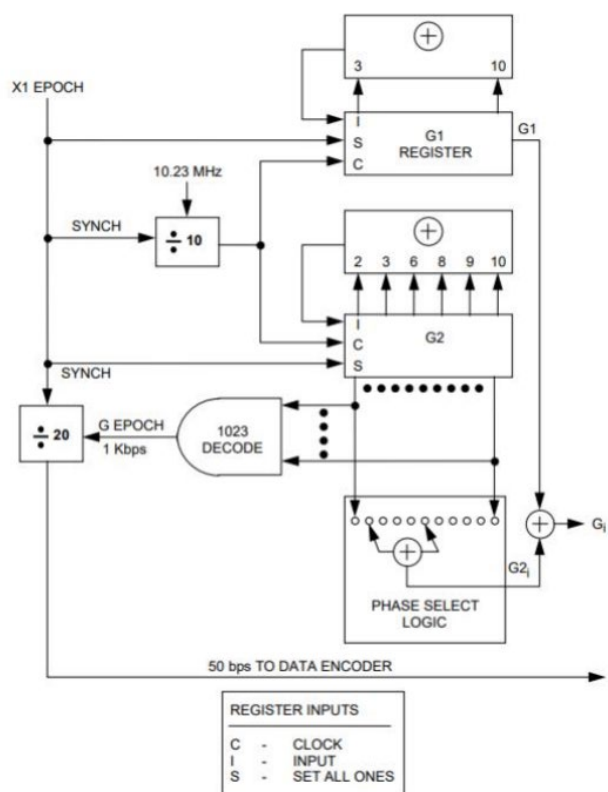


Рисунок 2. Схема формирования дальномерного код для GPS L1 C/A

## Лабораторное исследование

1. Отключить шум приемного устройства. В качестве значения полосы фронтеда выбрать «Бесконечность». Квантование принимаемой реализации и опорного сигнала отключить. Расстройку опорного сигнала по частоте установить нулевой. На основании ИКД установить параметры схемы формирования ДК. Перенести схему в отчет. Занести в отчет вычисленные корреляционные функции. Определить промежуточную частоту сигнала, полосу сигнала.

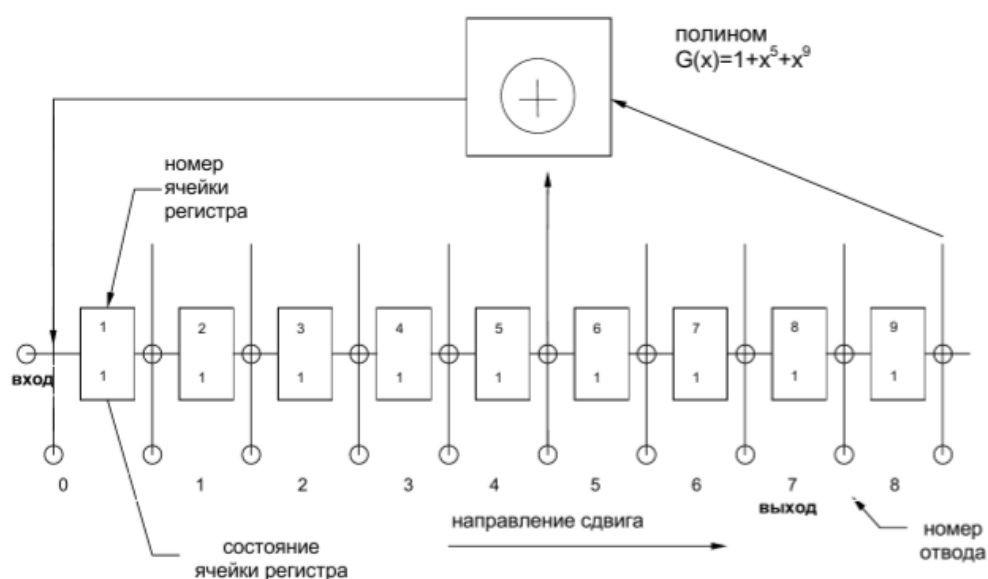


Рисунок 3 – Схема регистра сдвига, формирующего дальномерный код

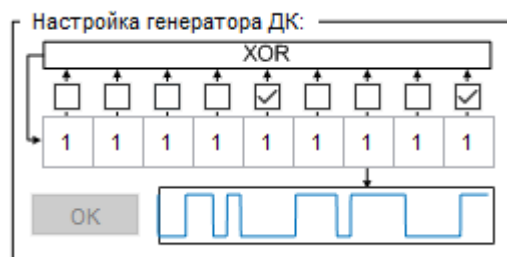


Рисунок 4 – Настройка генератора ДК

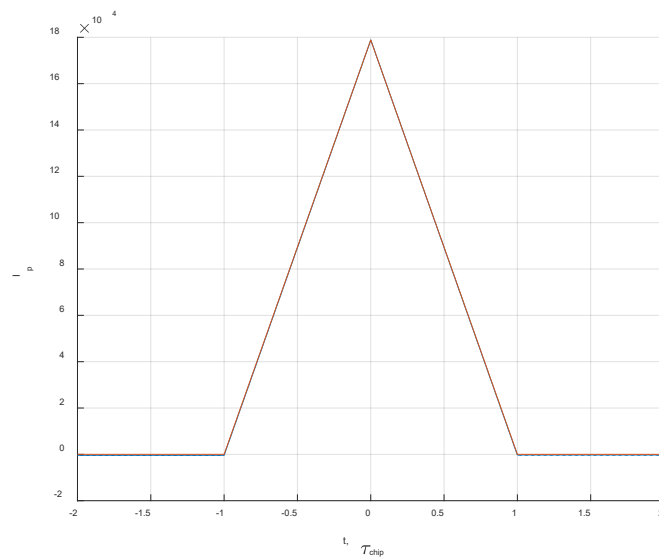


Рисунок 5 – Синфазная составляющая корреляционной функции

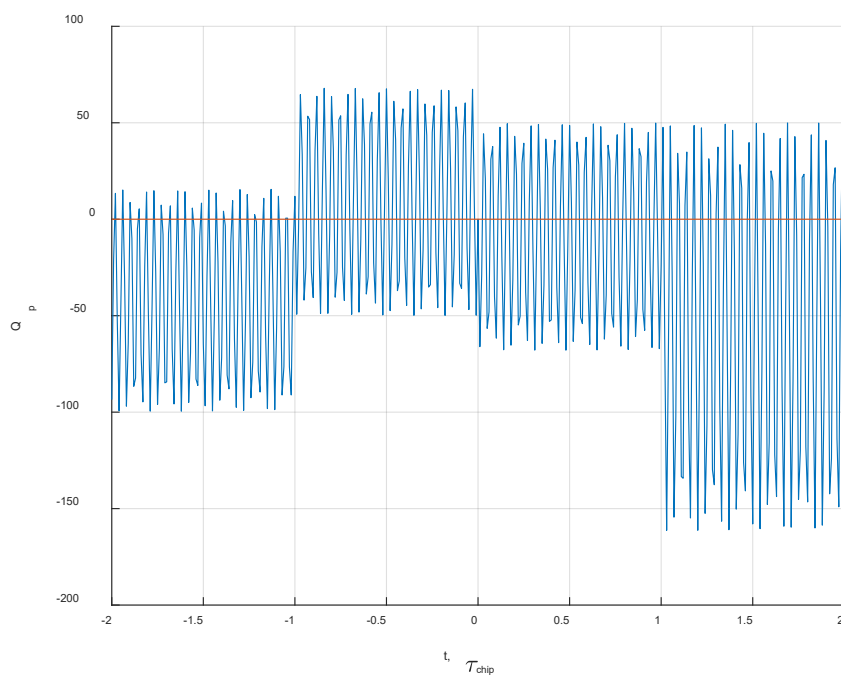


Рисунок 6 – Квадратурная составляющая корреляционной функции

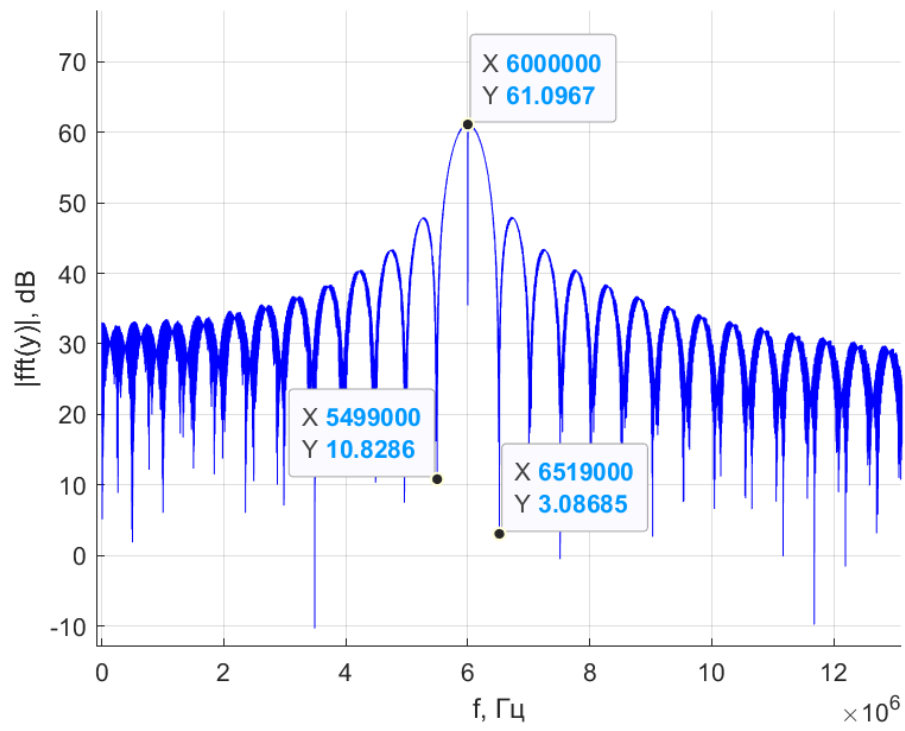


Рисунок 7 – Спектр радиосигнала

Промежуточная частота равна 6 МГц, вычислим полосу сигнала:

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

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

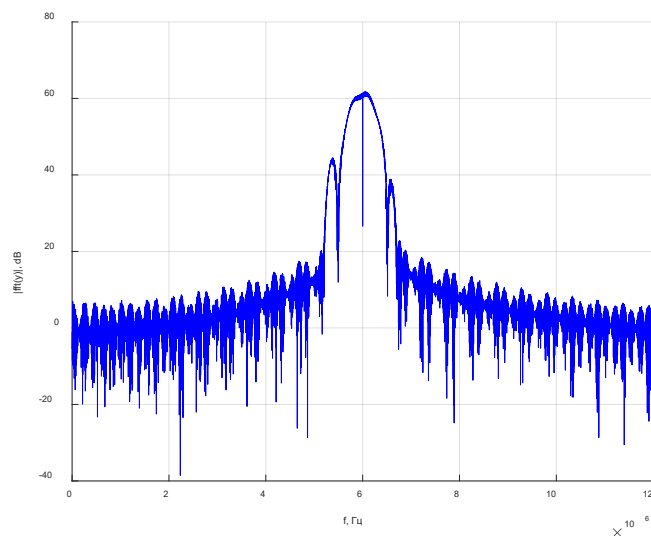


Рисунок 4 – Спектр навигационного сигнала с полосой фронтеда 1 МГц

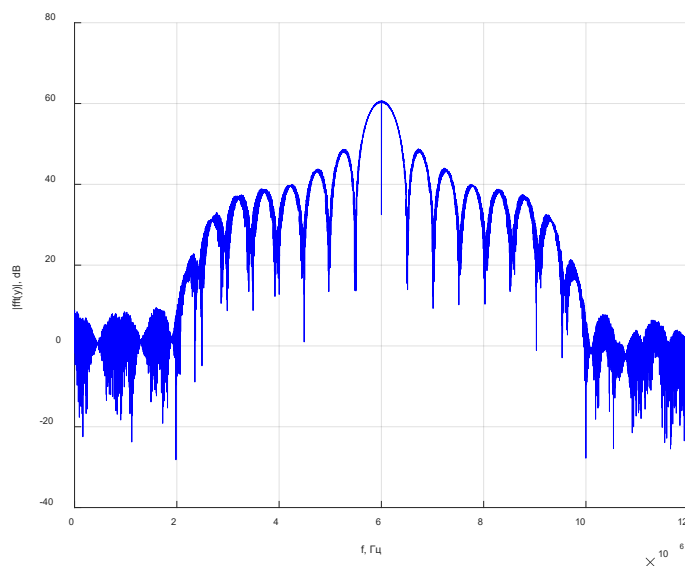


Рисунок 8 – Спектр навигационного сигнала с полосой фронтеда 6 МГц

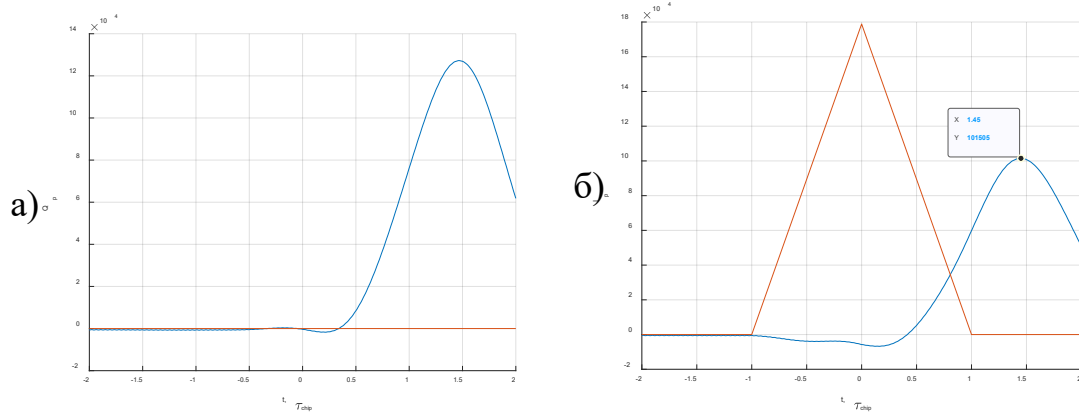


Рисунок 9 – Квадратурная (а) и синфазная (б) составляющие корреляционной функции с полосой фронтеда 1 МГц

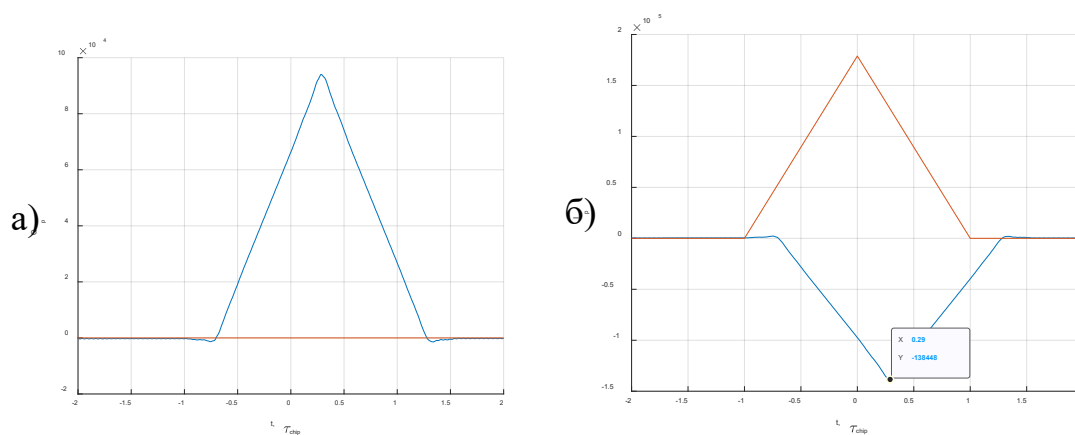


Рисунок 10 – Квадратурная (а) и синфазная (б) составляющие корреляционной функции с полосой фронтеда 6 МГц

Зафиксированные значения на рисунках 8 (б), 9 (б) соответствуют групповому времени запаздывания:

Для 1 МГц  $\tau = 1,45 \tau_{\text{chip}}$

Для 6 МГц  $\tau = 0.29 \tau_{\text{chip}}$

- В качестве значения полосы фронтеда выбрать 6 МГц. Перенести в отчет наглядный отрезок сигнала. Включить шум. Определить отношение мощности сигнала к односторонней спектральной плотности шума (привести к размерности дБГц).



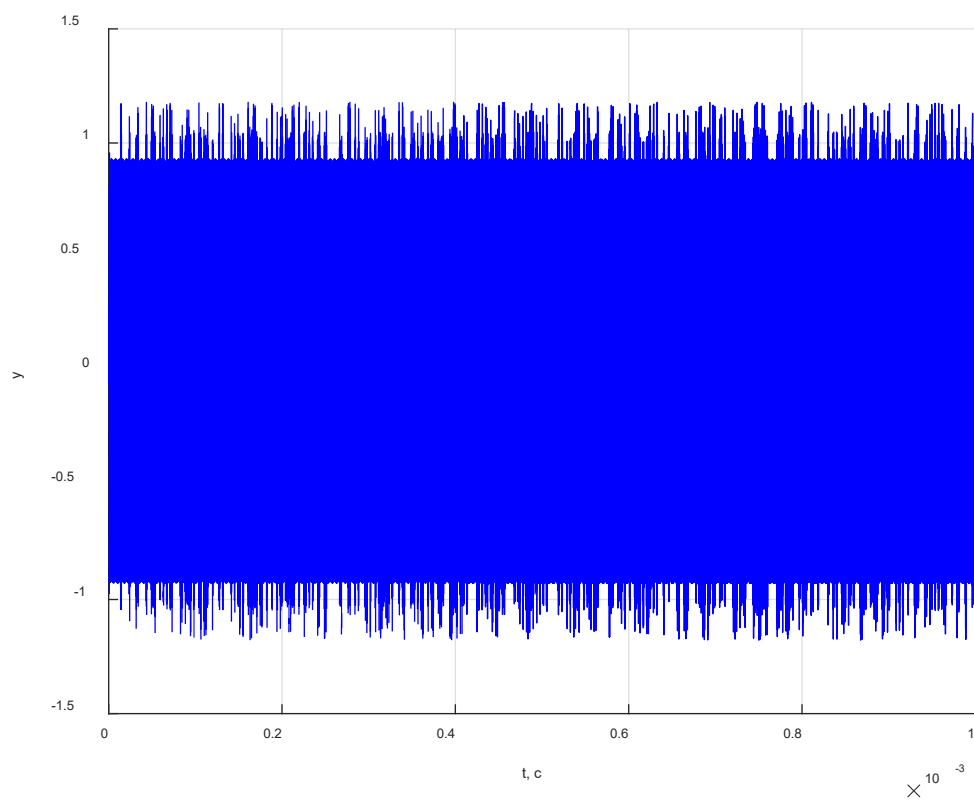


Рисунок 11 – Сигнал без шума при полосе фронтенда 6 МГц

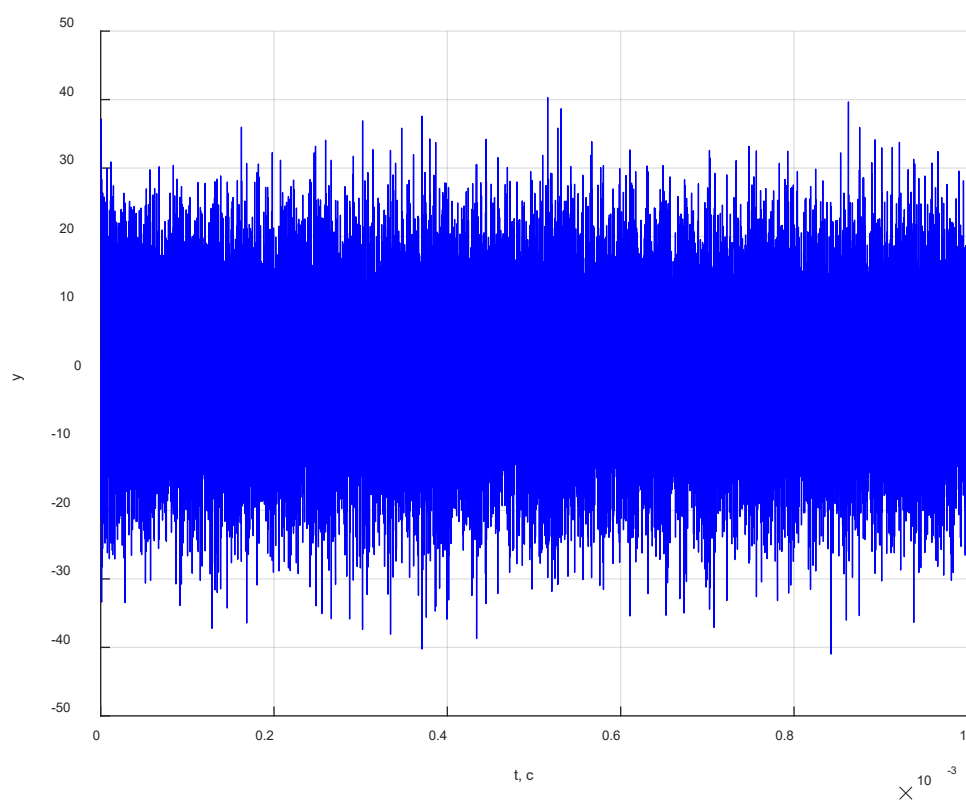


Рисунок 12 – Сигнал с шумом при полосе фронтенда 6 МГц

Рассчитаем отношение сигнал/шум:

$$P_s = U_c^2 = 1.2$$

$$q_{\frac{c}{no}} = \frac{P_s}{N_0} = \frac{U_c^2}{\frac{\sigma_n^2}{\Delta F}} = \frac{1.2^2}{\left(\frac{40.1^2}{3}\right) \cdot 10^6} = 1.61193 \cdot 10^4 \Rightarrow 10 \lg(1.61193 \cdot 10^4)$$

$$= 42.07 \text{ дБГц}$$

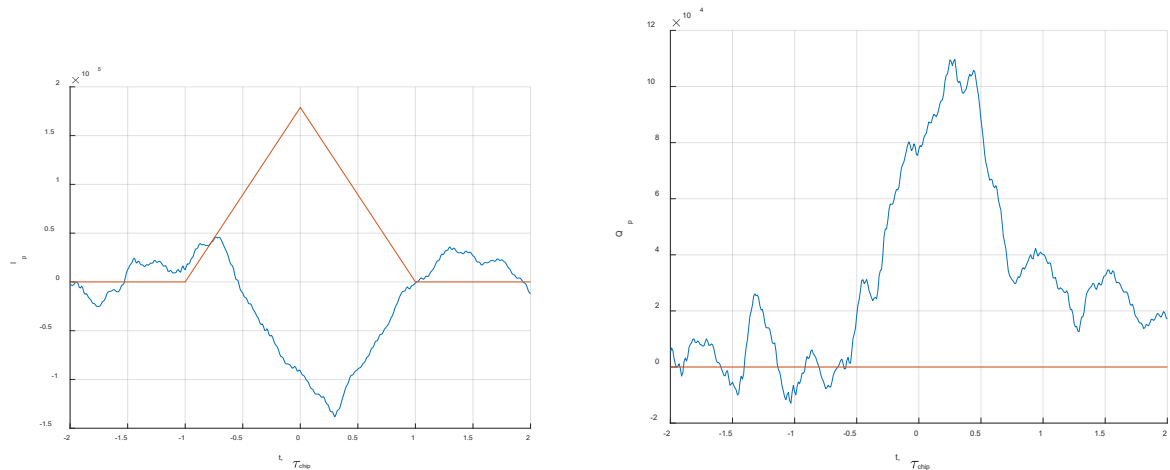


Рисунок 5 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

- 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.

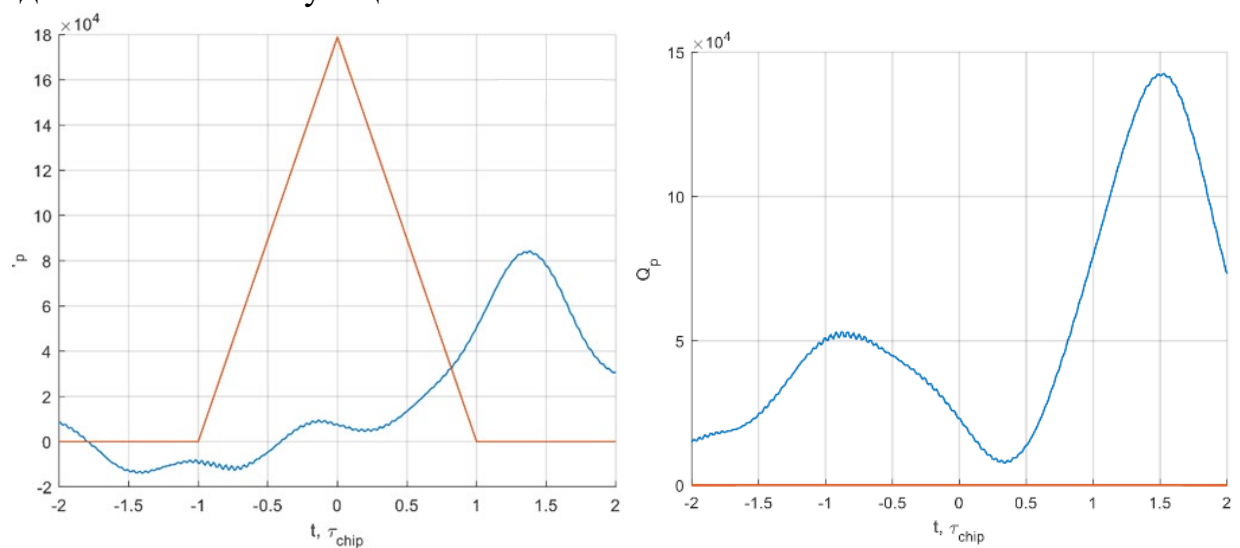


Рисунок 14 – Синфазная и квадратурная составляющая при полосе фронтеда 1 МГц и аддитивной смеси сигнала и шума

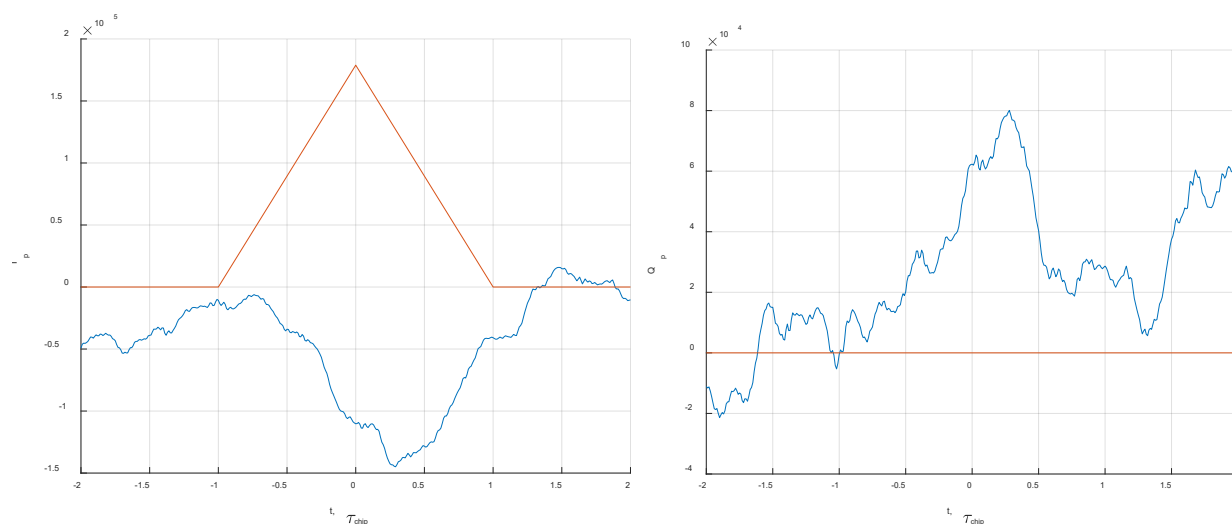


Рисунок 15 – Синфазная и квадратурная составляющая при полосе фронтенда 6 МГц и аддитивной смеси сигнала и шума

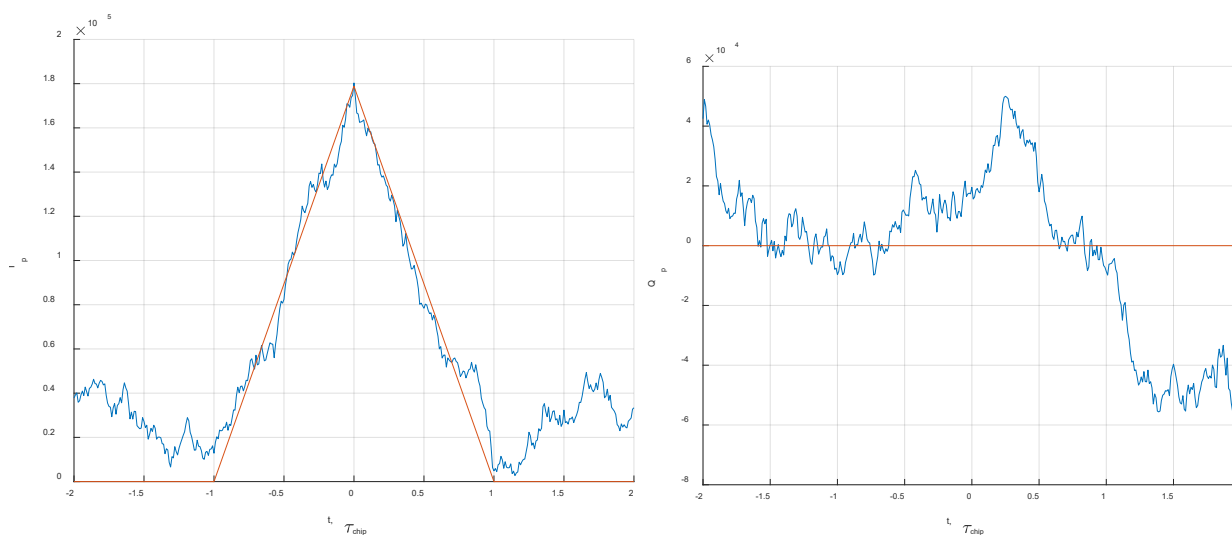


Рисунок 16 – Синфазная и квадратурная составляющая при бесконечной полосе фронтенда и аддитивной смеси сигнала и шума

Согласно полученным графикам (Рисунки 14 – 16), увеличение полосы фронтенда приводит к росту мощности шумовой составляющей аддитивной смеси сигнала и шума.

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

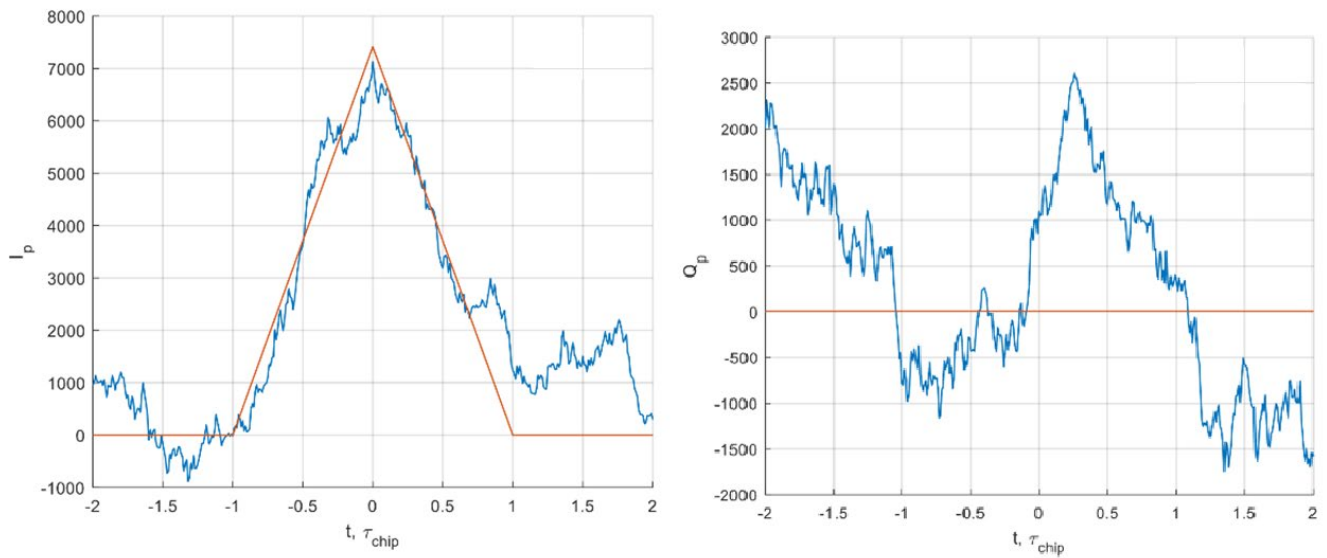


Рисунок 17 – Синфазная и квадратурная составляющие, соответствующие бесконечной полосе фронтеда, при аддитивной смеси сигнала и шума и квантовании опоры и АЦП.

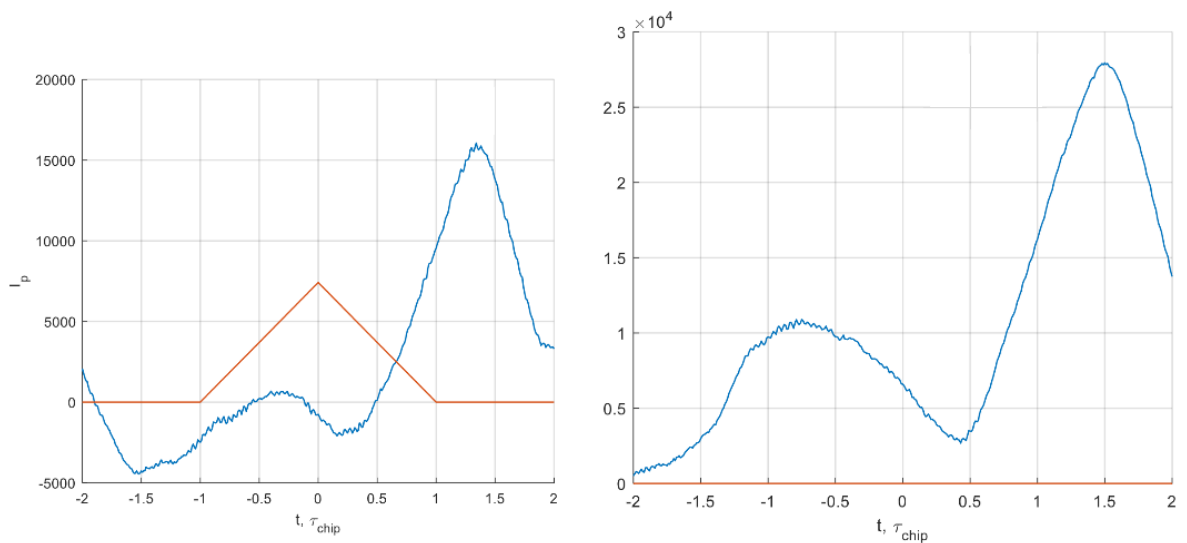


Рисунок 18 – Синфазная и квадратурная составляющие, соответствующие полосе фронтеда равной 1 МГц, при аддитивной смеси сигнала и шума и квантовании опоры и АЦП.

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

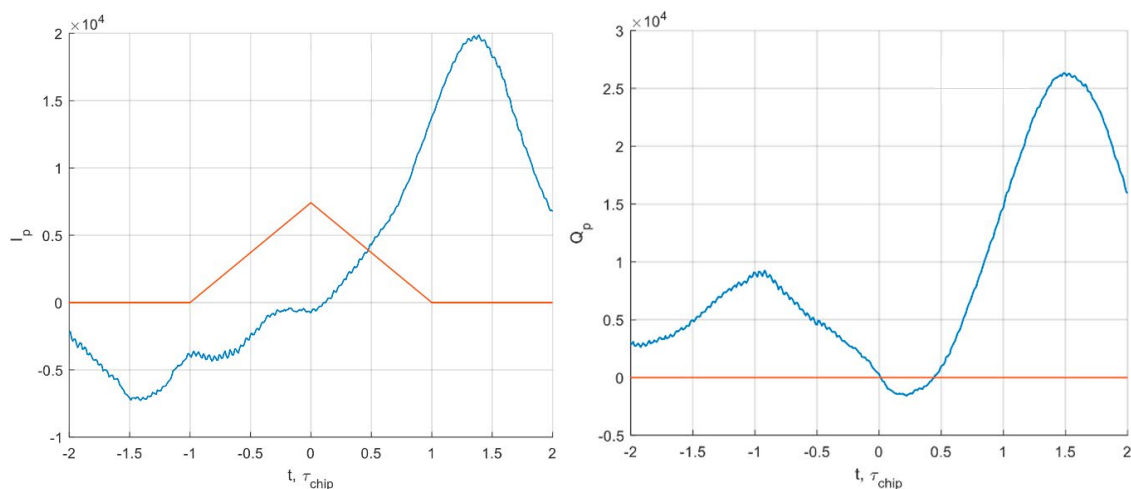


Рисунок 19 – Синфазная и квадратурная составляющие, соответствующая полосе фронтеда 1 МГц при аддитивной смеси сигнала, шума и гармонической помехи и квантовании опоры и АЦП

Добавляя гармоническую узкополосную помеху в аддитивную смесь сигнала и шума, увеличивается сигнальная составляющая этой смеси.

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

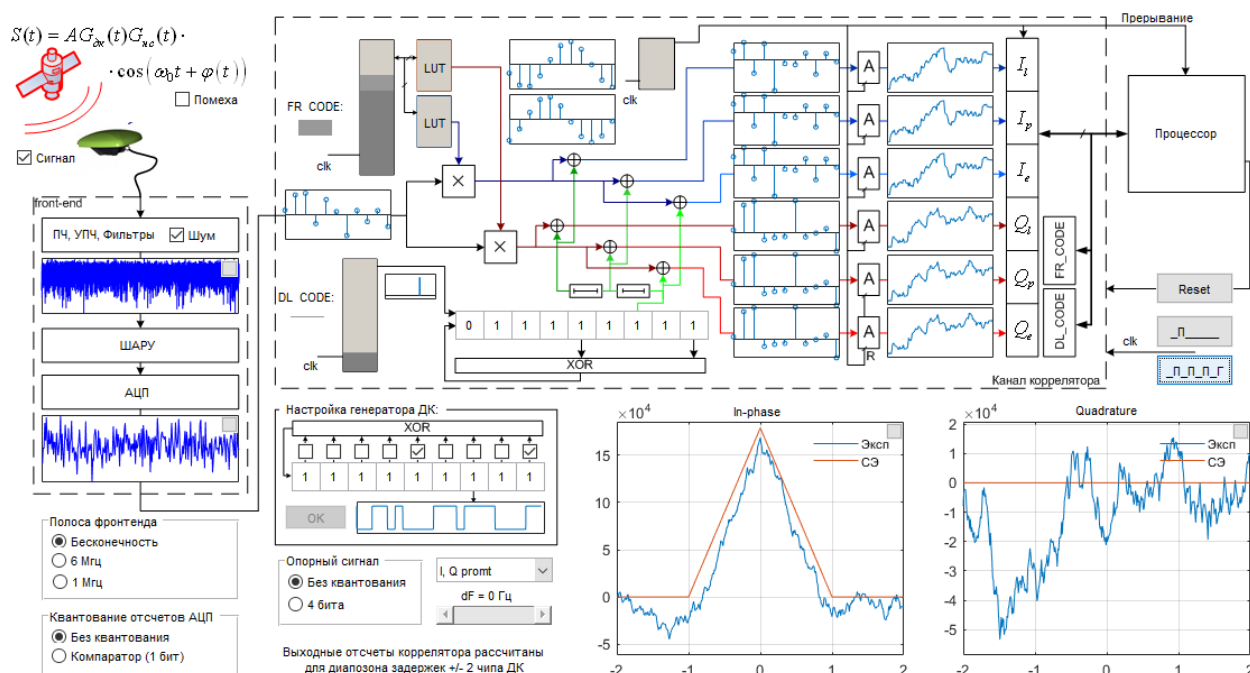


Рисунок 20 – отображение процессов коррелятора

**Вывод:** в данной лабораторной работе была исследована работа коррелятора, в т.ч. структура ГЛОНАСС и GPS L1 и их функциональные элементы. Увидели связь между увеличением полосы фронтеда и мощностью шумовой составляющей аддитивной смеси сигнала и шума. Также посмотрели, как узкополосная помеха приводит к росту сигнальной составляющей корреляционной суммы.