

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

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

Группа: ЭР-15-17  
ФИО студента: Иванцова Д.Н.  
ФИО преподавателя: 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

Синфазная	Квадратурная
$I_k = M[I_k] + n_{I,k};$	$Q_k = M[Q_k] + n_{Q,k};$
$n_{I,k} \sim N(0, \sigma_{I,k}^2)$	$n_{Q,k} \sim N(0, \sigma_{Q,k}^2)$
$\sigma_{I,k}^2 = \frac{\sigma_n^2 L}{2};$	$\sigma_{Q,k}^2 = \frac{\sigma_n^2 L}{2};$
$\frac{A_k L}{2} \rho(\delta \tau_k) \sin k\left(\frac{\delta \omega_k T}{2}\right) O_k D_k \cos\left(\frac{\delta \omega_k T}{2} + \delta \varphi_k\right)$	$\frac{A_k L}{2} \rho(\delta \tau_k) \sin k\left(\frac{\delta \omega_k T}{2}\right) O_k D_k \sin\left(\frac{\delta \omega_k T}{2} + \delta \varphi_k\right)$

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

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

- 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;

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

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

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

2. Схема формирования дальномерного кода для ГЛОНАСС L1 СТ:

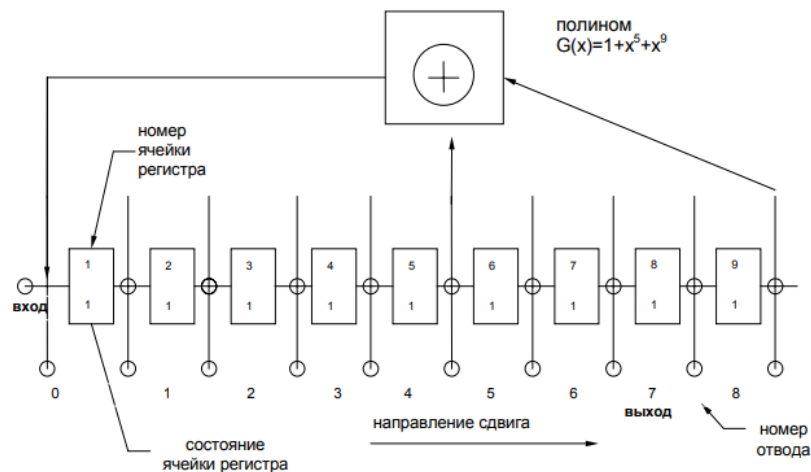


Рисунок 1 — Структура регистра сдвига, формирующего дальномерный код для ГЛОНАСС L1 СТ

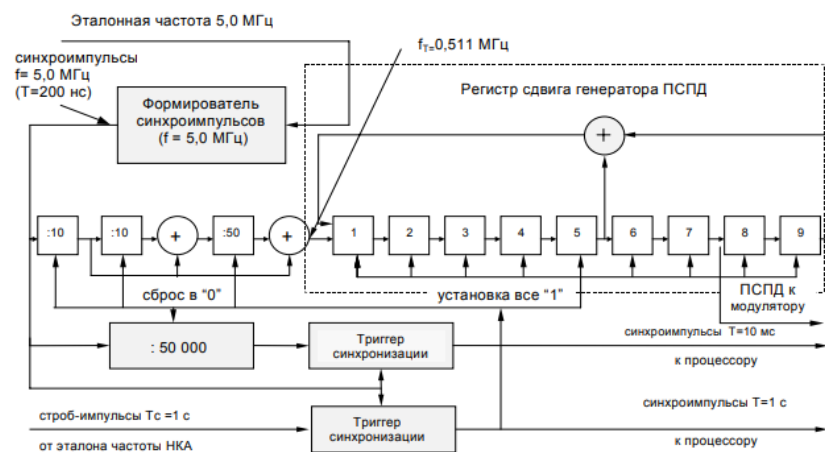


Рисунок 2 — Структурная схема формирования дальномерный код для ГЛОНАСС L1 СТ

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

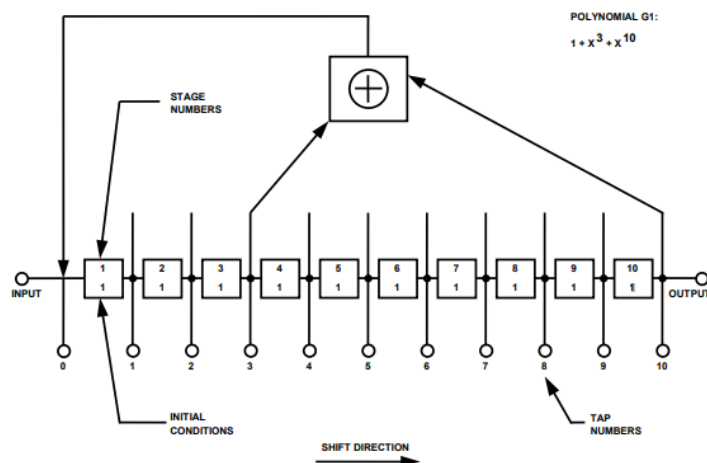


Рисунок 3 — Структура регистра сдвига G1, формирующего дальномерный код для GPS L1 C/A

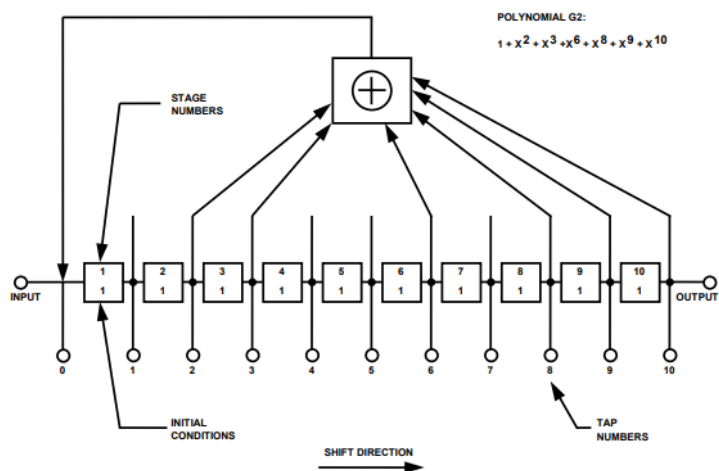


Рисунок 4 — Структура регистра сдвига G2, формирующего дальномерный код для GPS L1 C/A

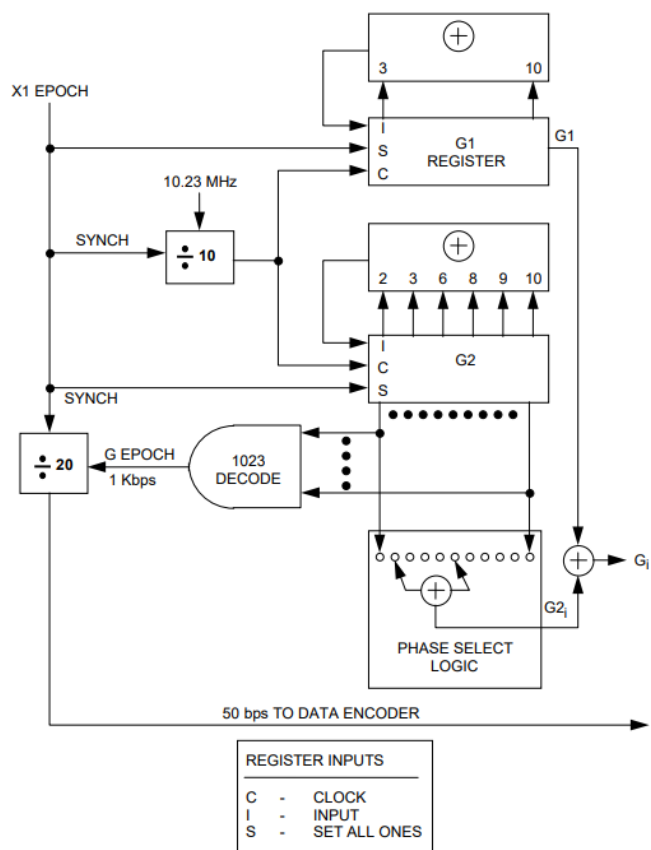
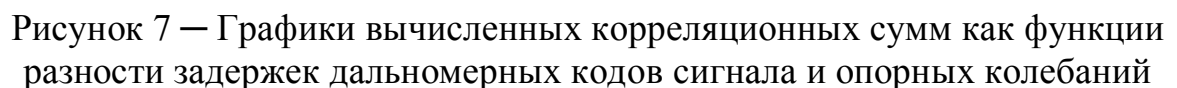
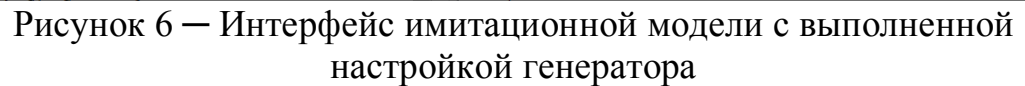


Рисунок 5 — Структура формирования дальномерный код для GPS L1 C/A

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.



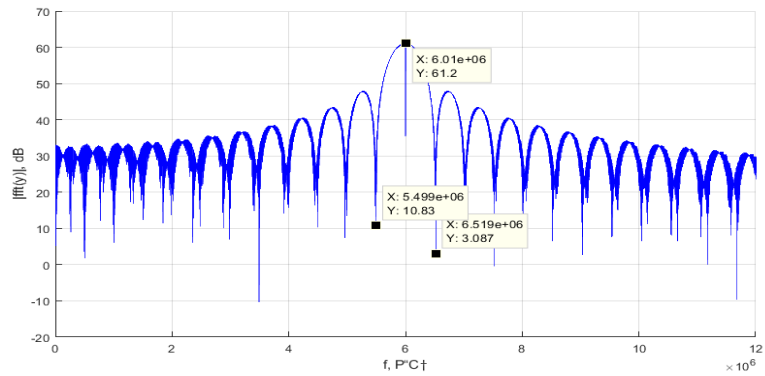


Рисунок 8 — Спектр радиосигнала

По виду спектра можно определить следующие параметры:

- полоса сигнала  $\Delta f = (6.519 - 5.499) \cdot 10^6 = 1.02$  МГц
- промежуточная частота 6 МГц

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

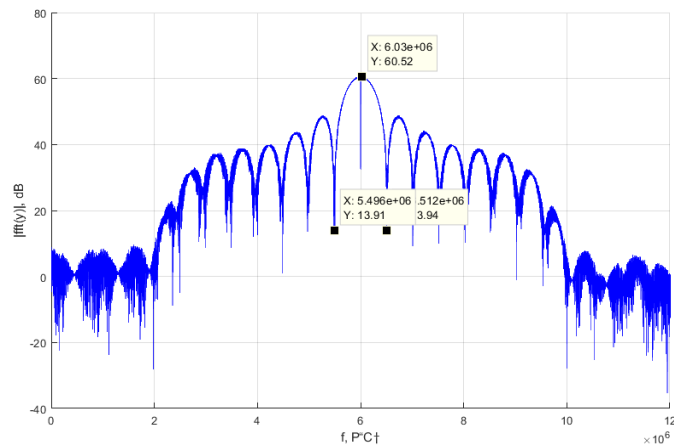


Рисунок 9 — Спектр радиосигнала при полосе фронтеда 6 МГц

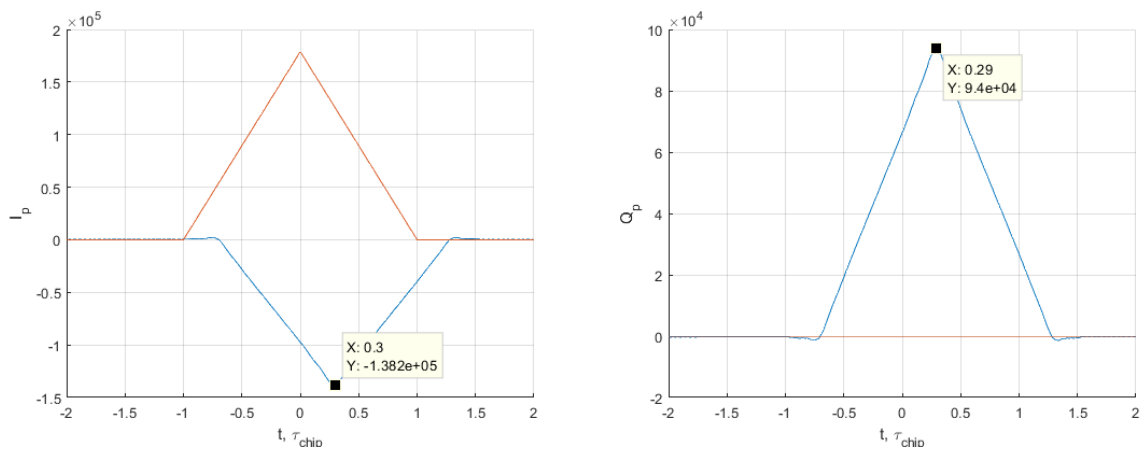


Рисунок 10 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтеда 6 МГц

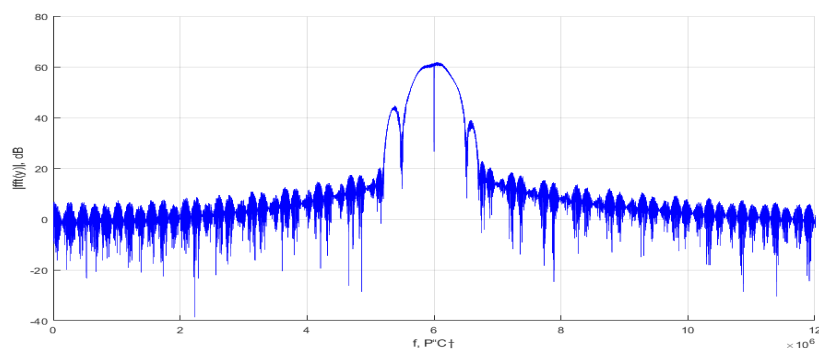


Рисунок 11 — Спектр радиосигнала при полосе фронтенда 1 МГц

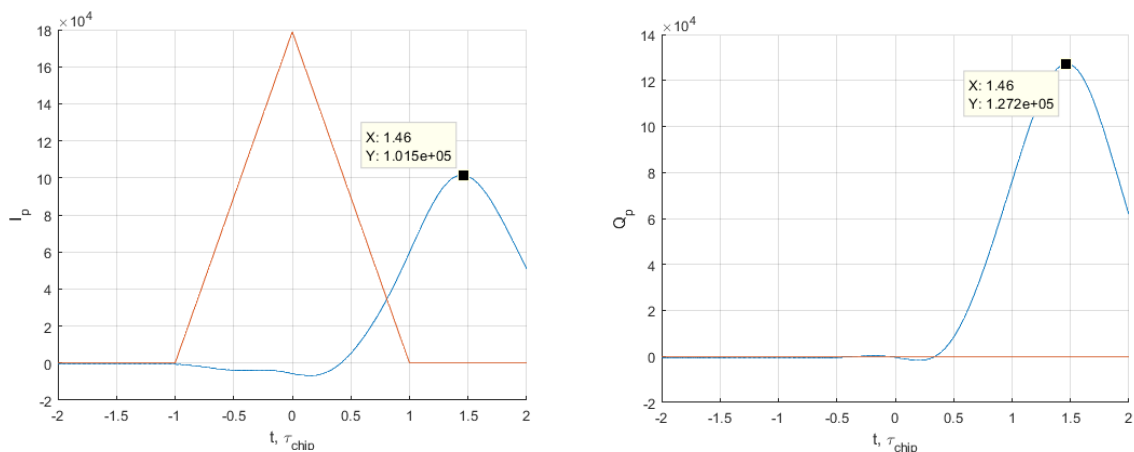


Рисунок 12 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронтенда 1 МГц

Групповое время запаздывания для фронтенда:

Для 6 МГц, равно 0.29 мкс,

Для 1 МГц равно 1.46 мкс

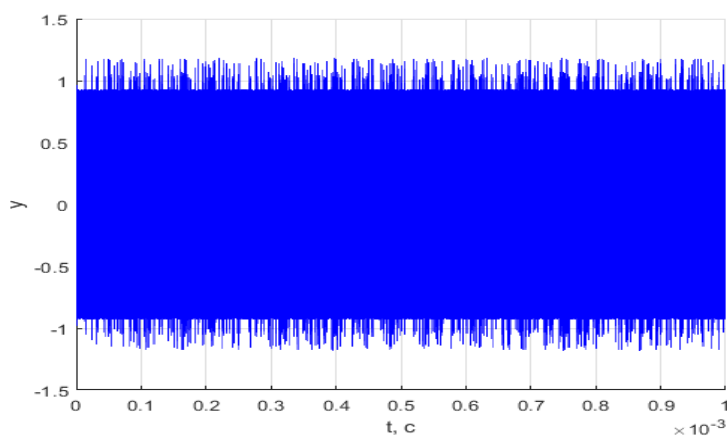


Рисунок 13 — Сигнал без шума

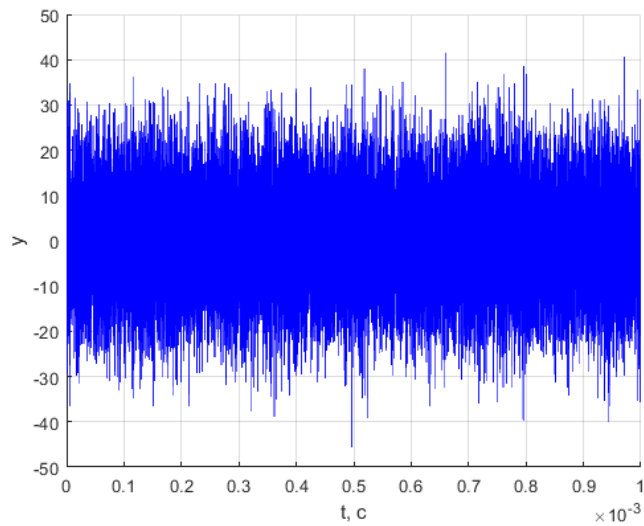


Рисунок 14 — Реализация шума  
СКО шума:  $\sigma_n \approx 10 B$

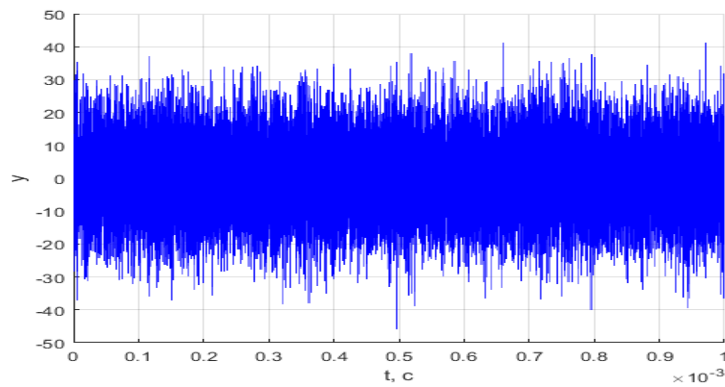


Рисунок 15 — Сигнал с шумом

Выполним расчёт отношения сигнал-шум:

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

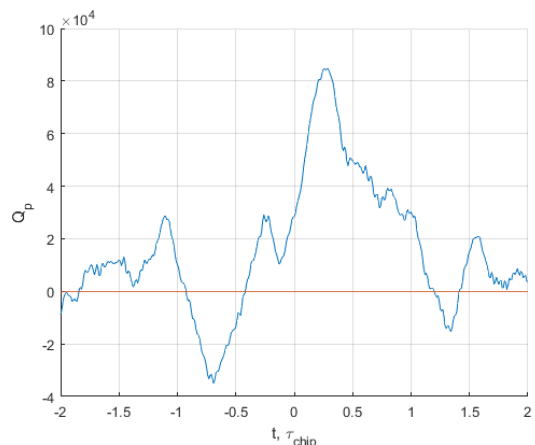
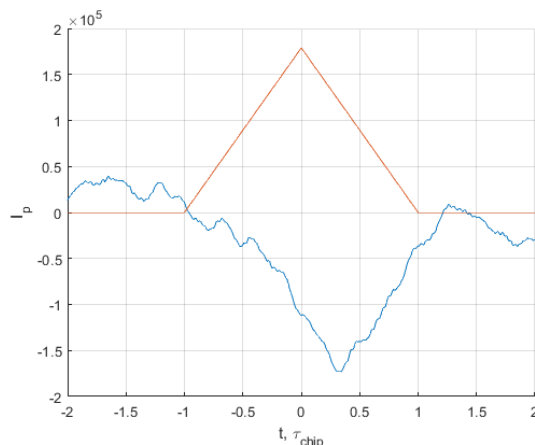


Рисунок 16 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний



- Рассмотреть шумовую составляющую корреляционных функций при изменении полосы фронтенда. А так же исследовать зависимость мощности шумовой составляющей корреляционных компонент от полосы фронтенда.

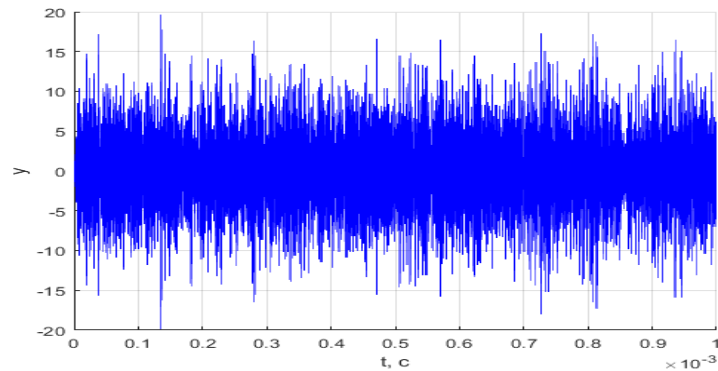


Рисунок 17 — Сигнал с шумом при 1 МГц и наличием шума

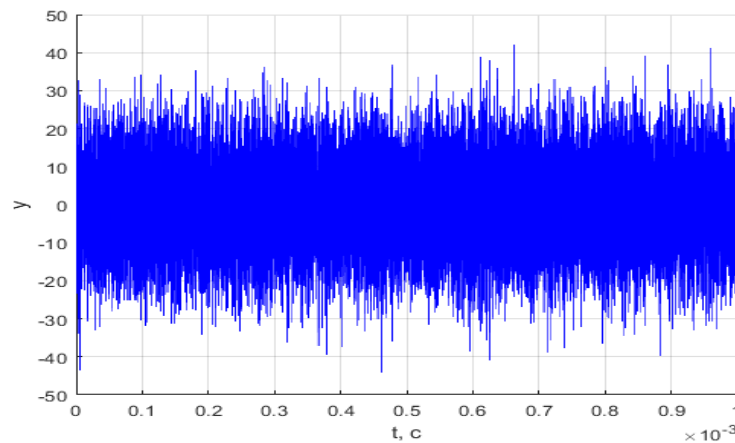


Рисунок 18 — Сигнал с шумом при 6 МГц и наличием шума

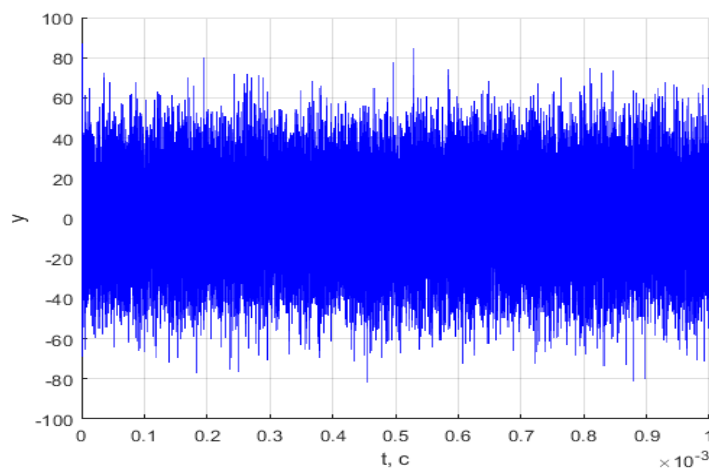


Рисунок 19 — Сигнал с шумом при полосе фронтенда – бесконечность и наличием шума

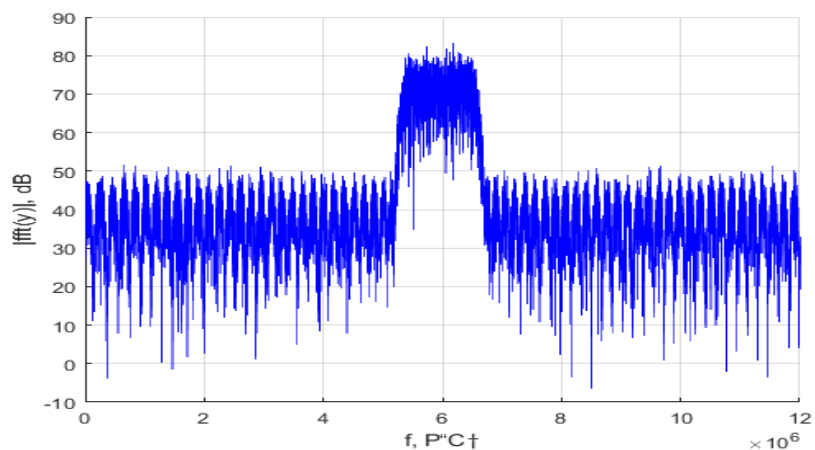


Рисунок 20 — Спектр радиосигнала при полосе фронтенда 1 МГц и наличием шума

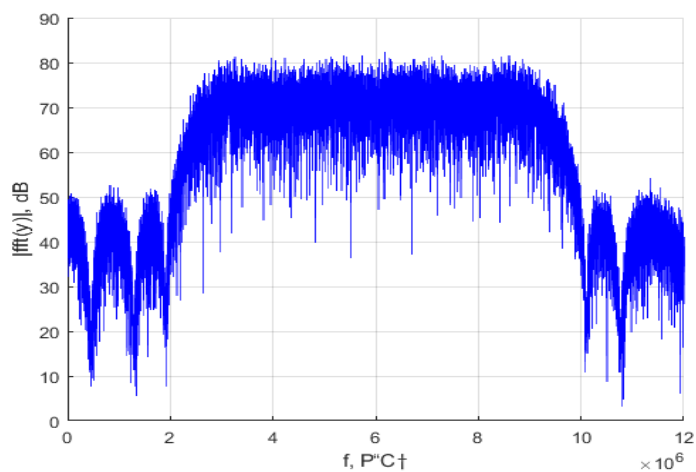


Рисунок 21 — Спектр радиосигнала при полосе фронтенда 6 МГц и наличием шума

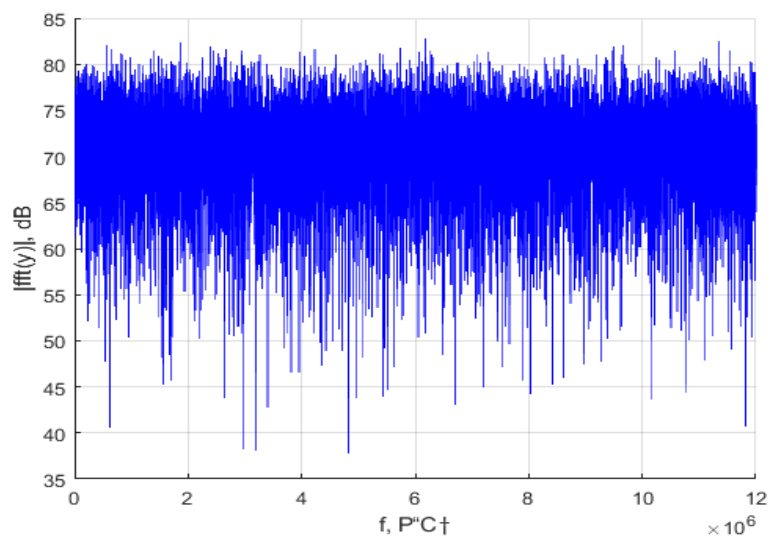


Рисунок 22 — Спектр радиосигнала при полосе фронтенда бесконечность и наличием шума

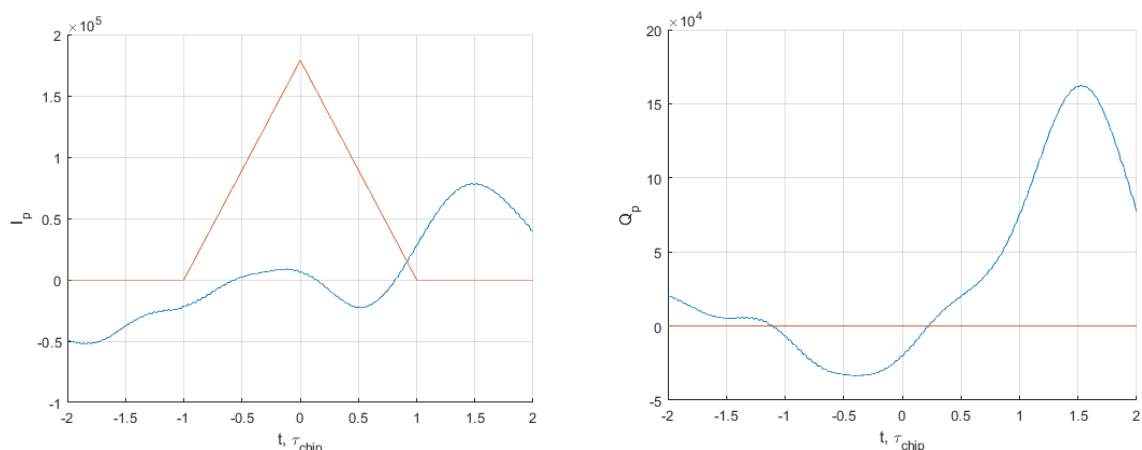


Рисунок 23 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта 1 МГц и наличии шума

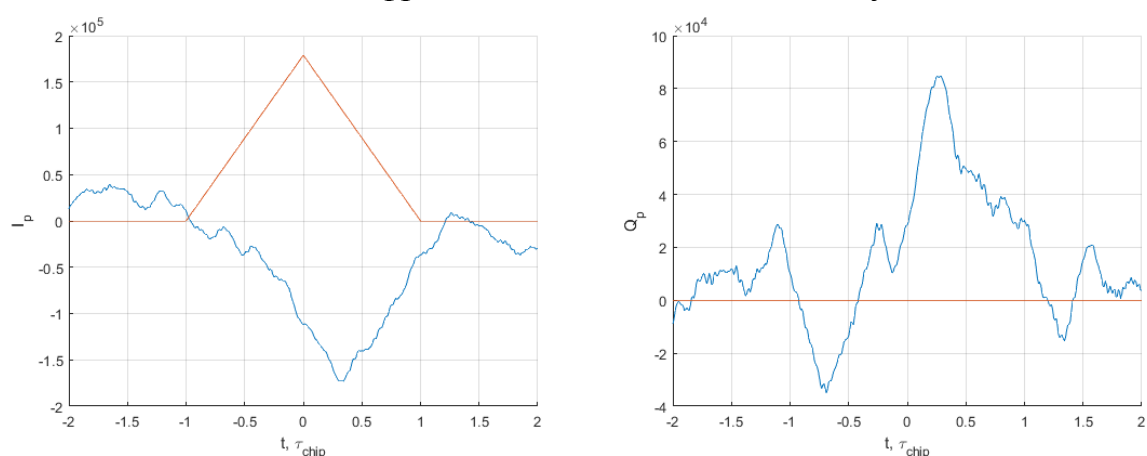


Рисунок 24 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта 6 МГц и наличии шума

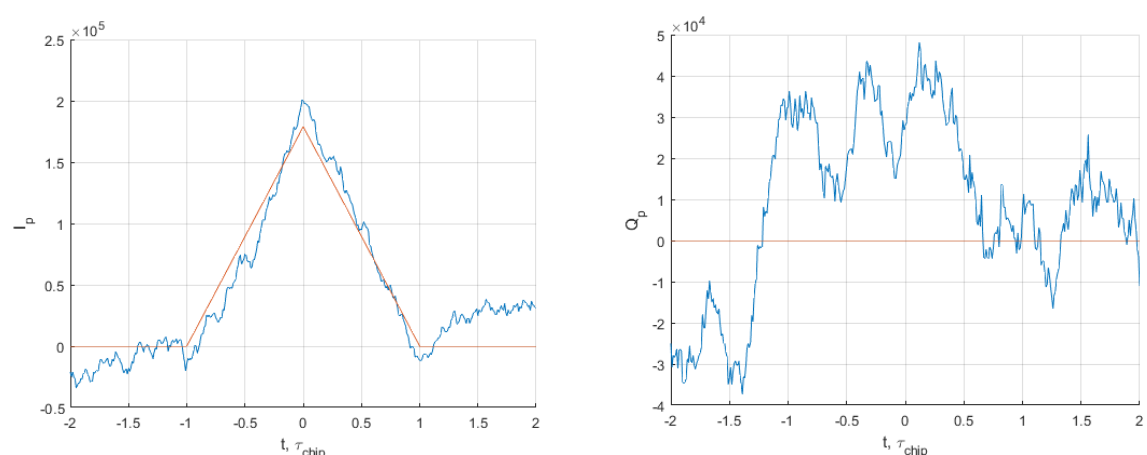


Рисунок 25 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта равной бесконечности и наличии шума

Уровень боковых лепестков спектра сигнала уменьшается при сужении полосы фронта

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

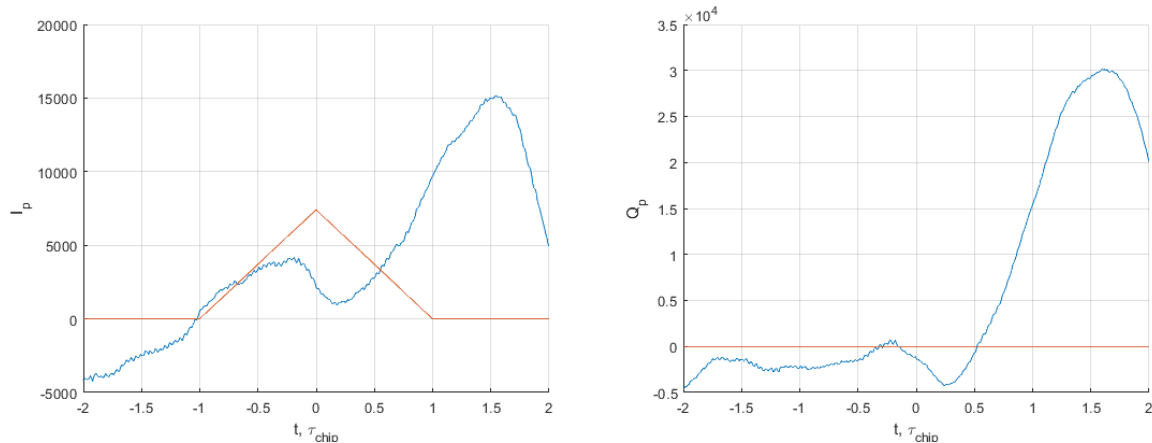


Рисунок 26 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта равной 1 МГц, наличием помехи и включенным квантователем отсчетов АЦП

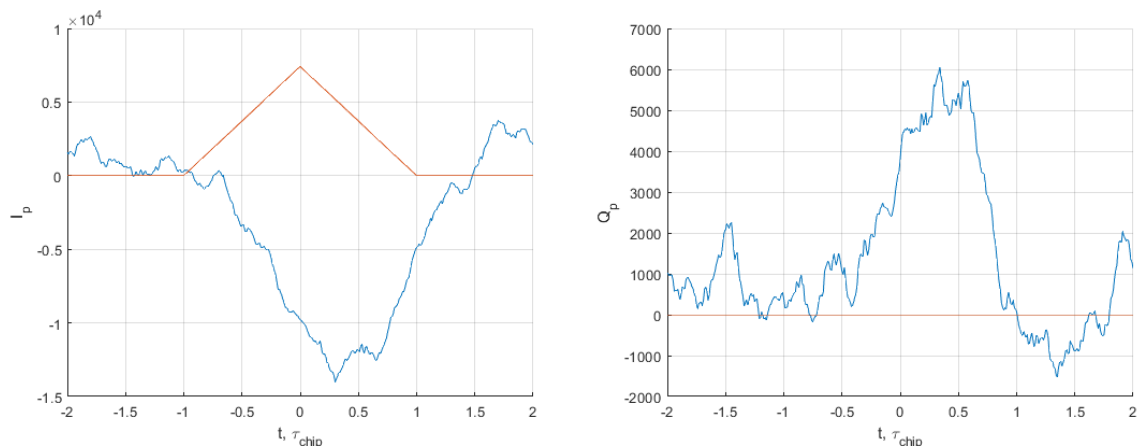


Рисунок 27 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта равной 6 МГц, наличием помехи и включенным квантователем отсчетов АЦП

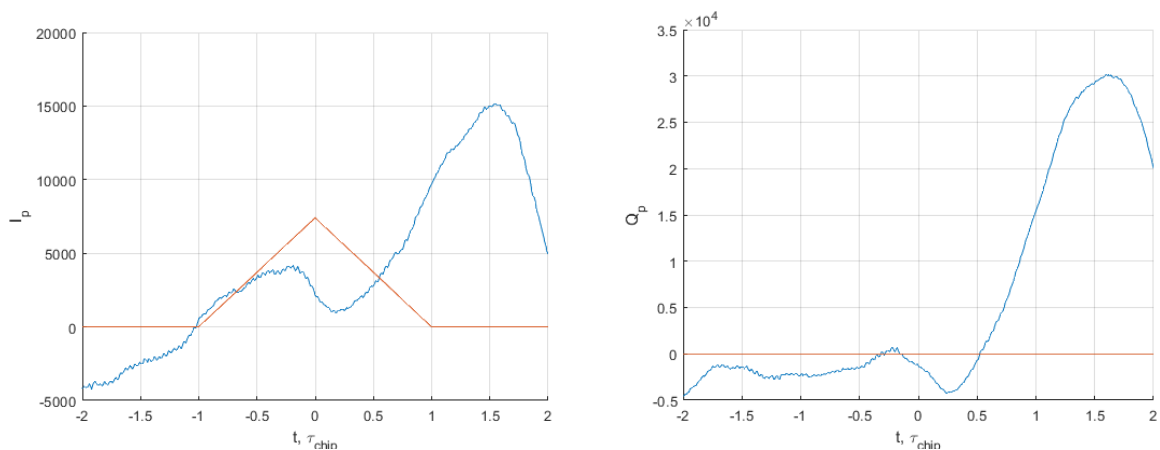


Рисунок 28 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта равной бесконечность, наличием помехи и включенным квантователем отсчетов АЦП

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

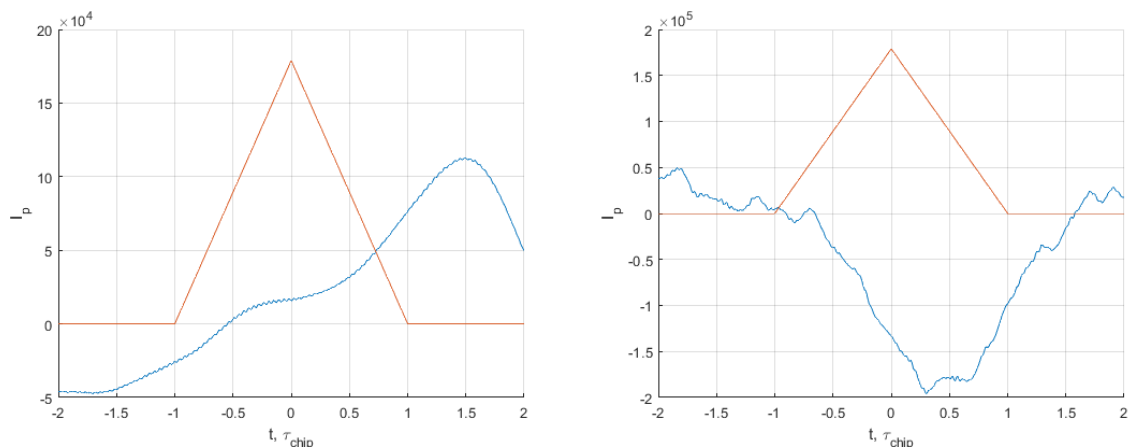


Рисунок 29 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта равной 1 МГц (при наличии помехи)

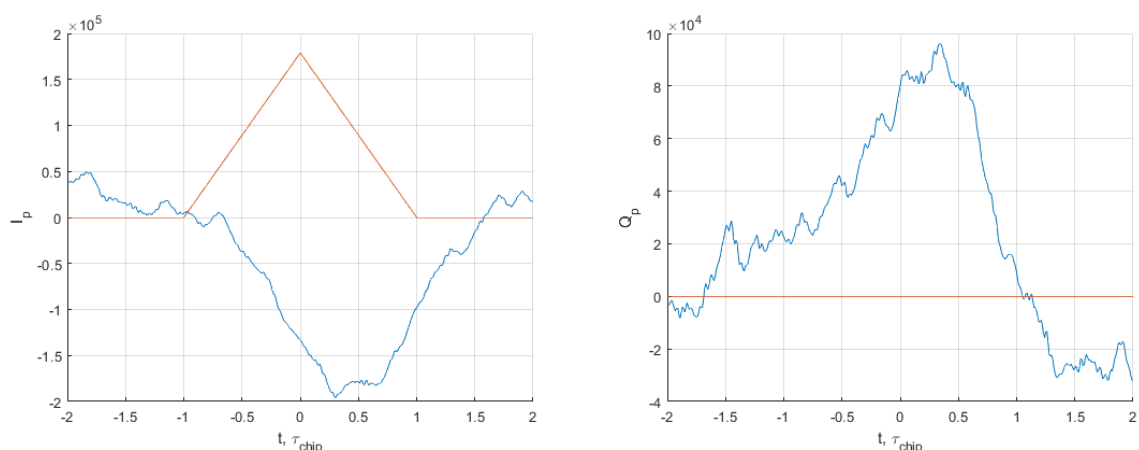


Рисунок 30 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта равной 6 МГц (при наличии помехи)

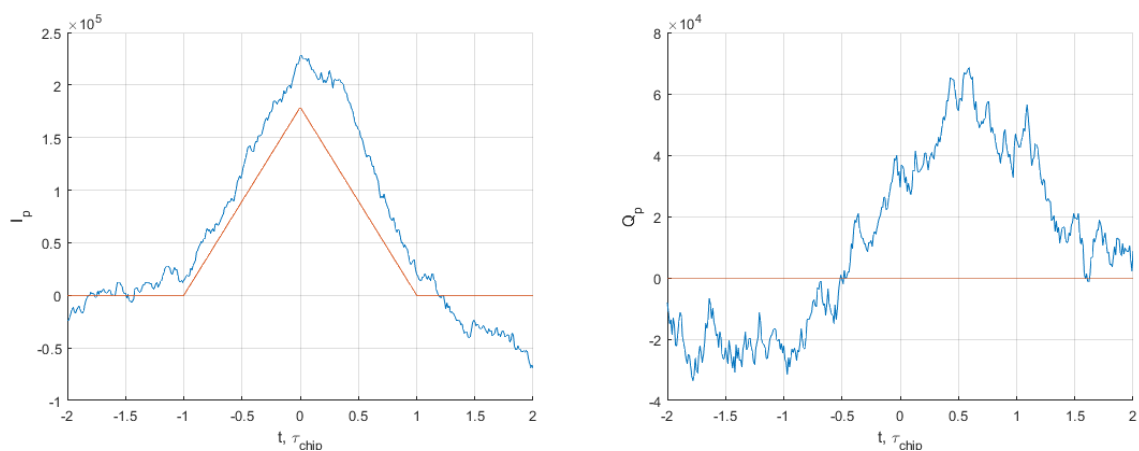


Рисунок 31 — Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний при полосе фронта равной бесконечность(при наличии помехи)

Вывод: С появлением помехи увеличивается корреляционный пик.

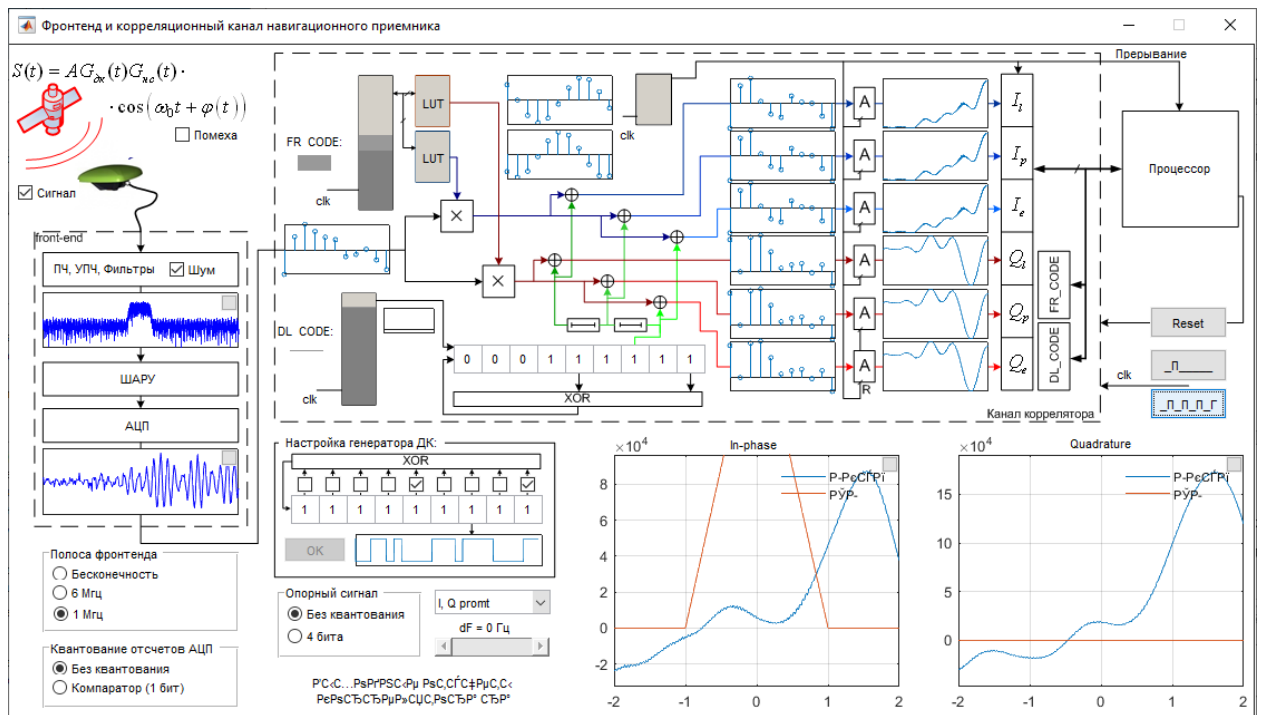


Рисунок 32 – Пошаговая модель коррелятора

**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.