

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

Лабораторная работа №2
«Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной
модели»

Студент: Жеребин В.Р.
Группа: ЭР-15-15

Москва
2019

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

- Схемы блоков формирования дальномерного кода

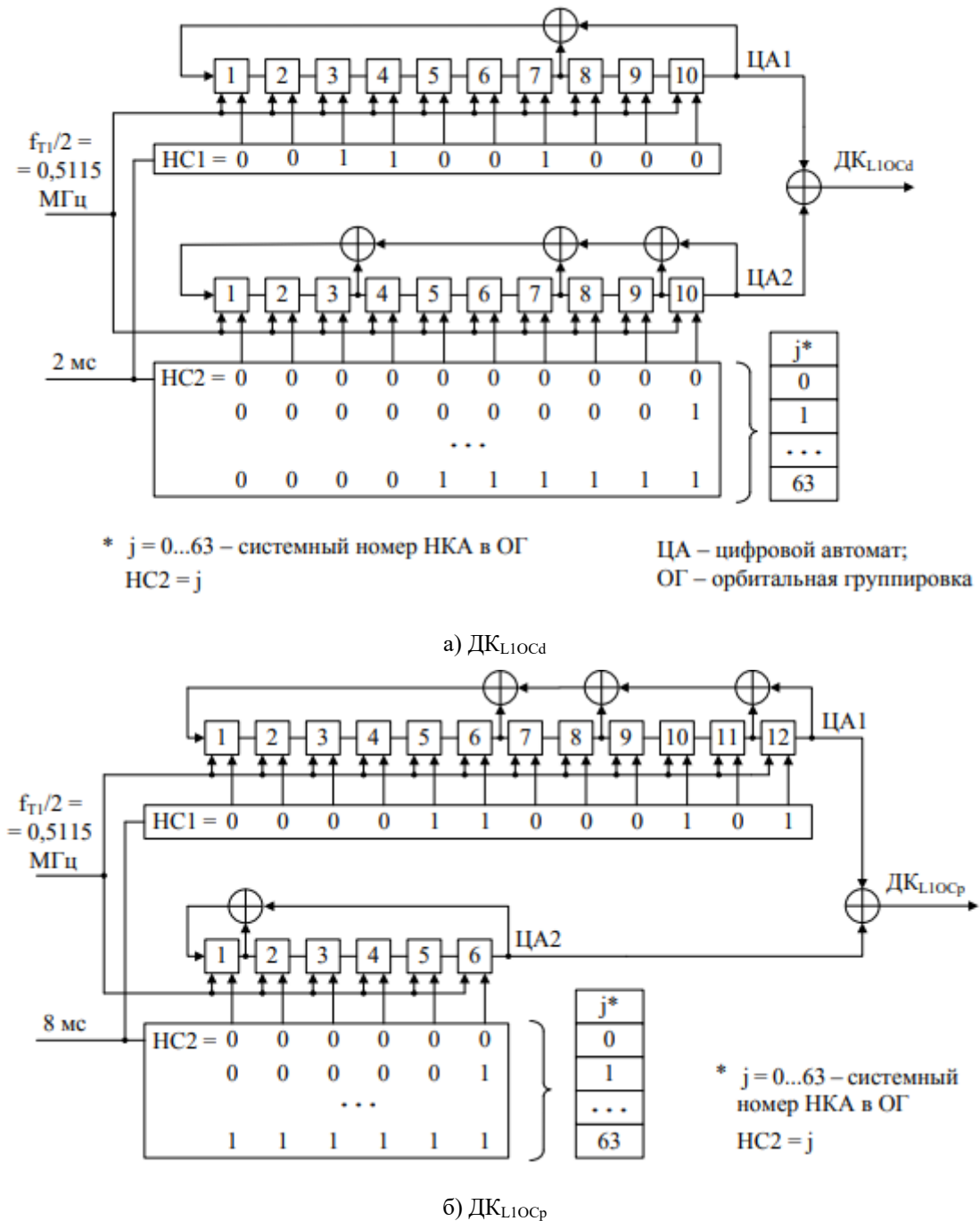


Рис.1. Блок-схема формирования дальномерного кода ГЛОНАСС

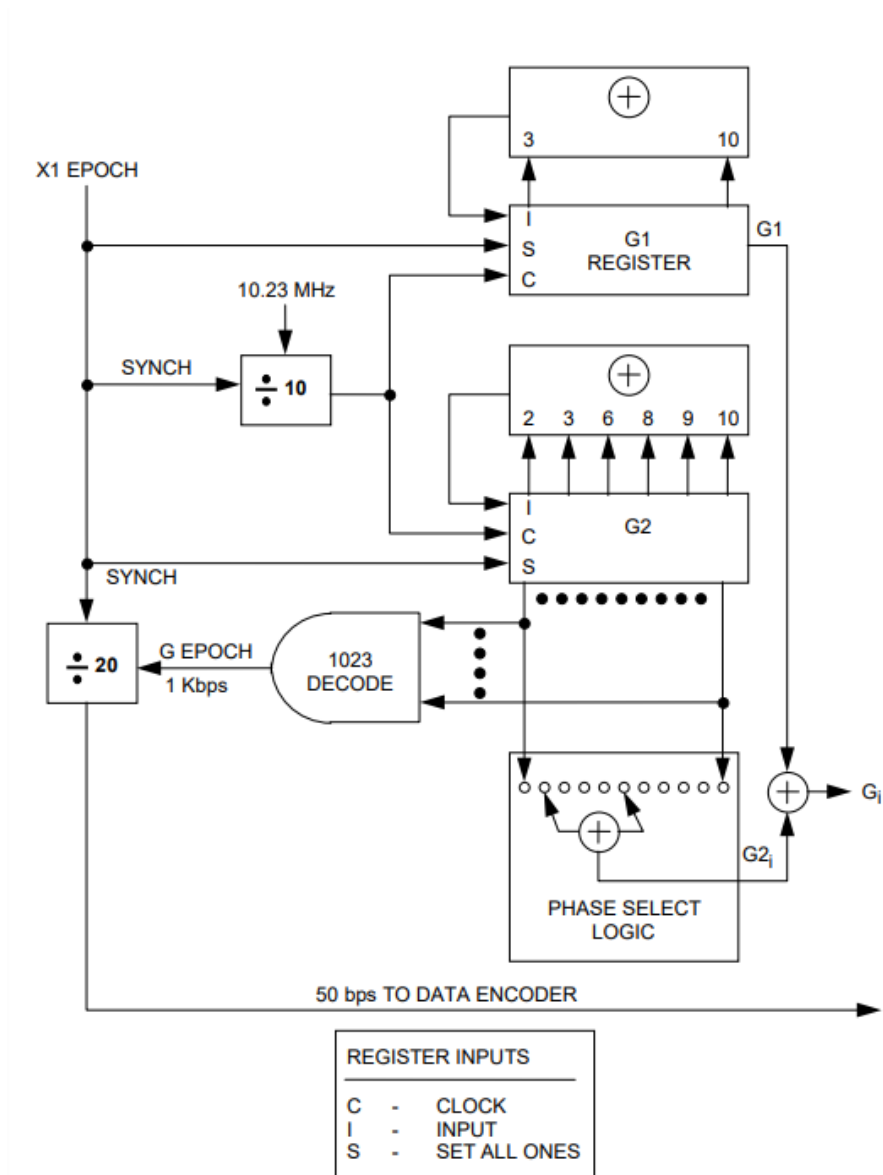


Рис.2. Блок-схема формирования дальномерного кода

- Выражения для статистических эквивалентов выходных отсчетов коррелятора

Таблица 1. Выражения для синфазной и квадратурной компоненты

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

Лабораторное исследование

- 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. Перенести схему в отчет. Занести в отчет вычисленные корреляционные функции. Определить промежуточную частоту сигнала, полосу сигнала.

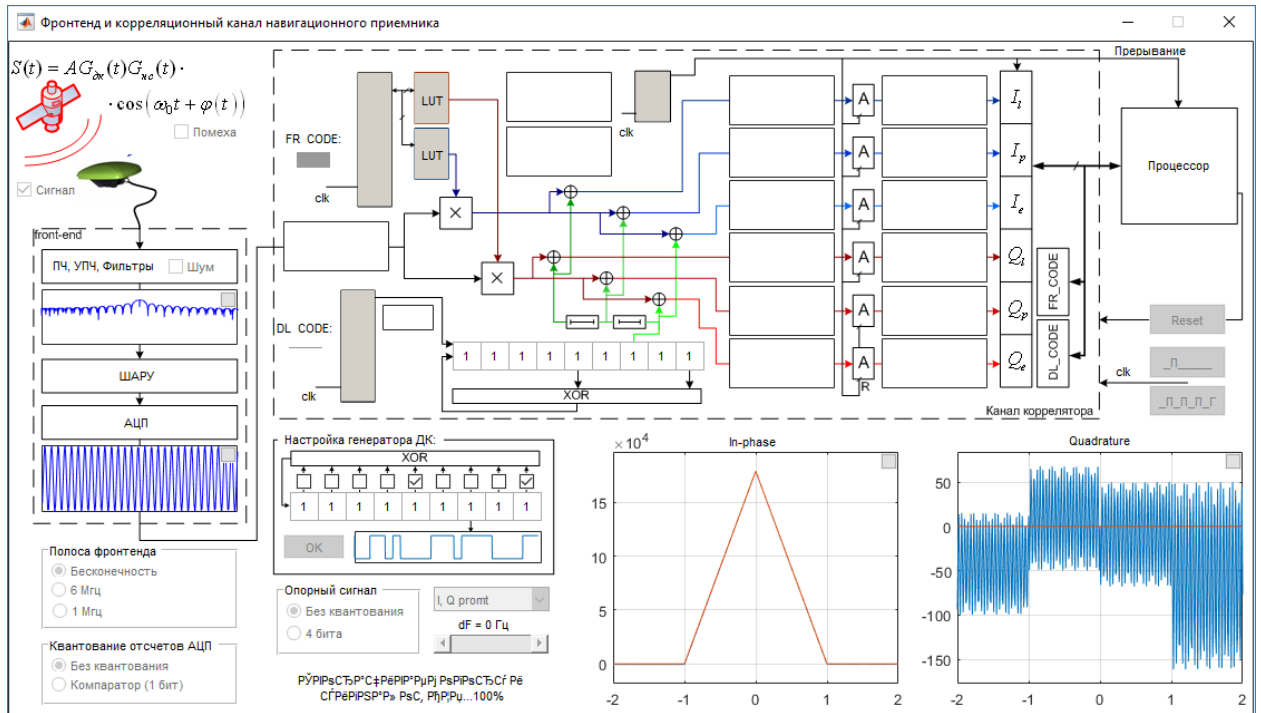


Рис.3. Окно имитационной модели коррелятора

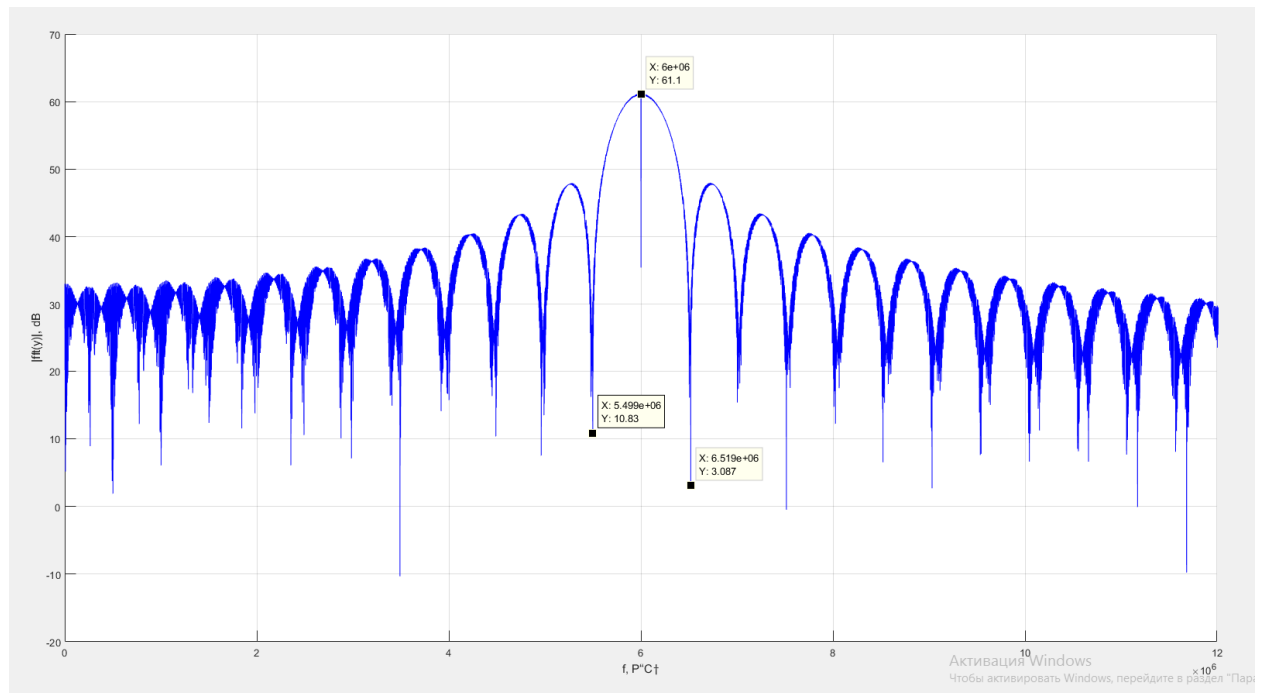


Рис.4. График спектра радиосигнала

Промежуточная частота сигнала $f_n = 6$ МГц

Полоса сигнала $\Delta f = (6,519 - 5,499)$ МГц = 1,02 МГц

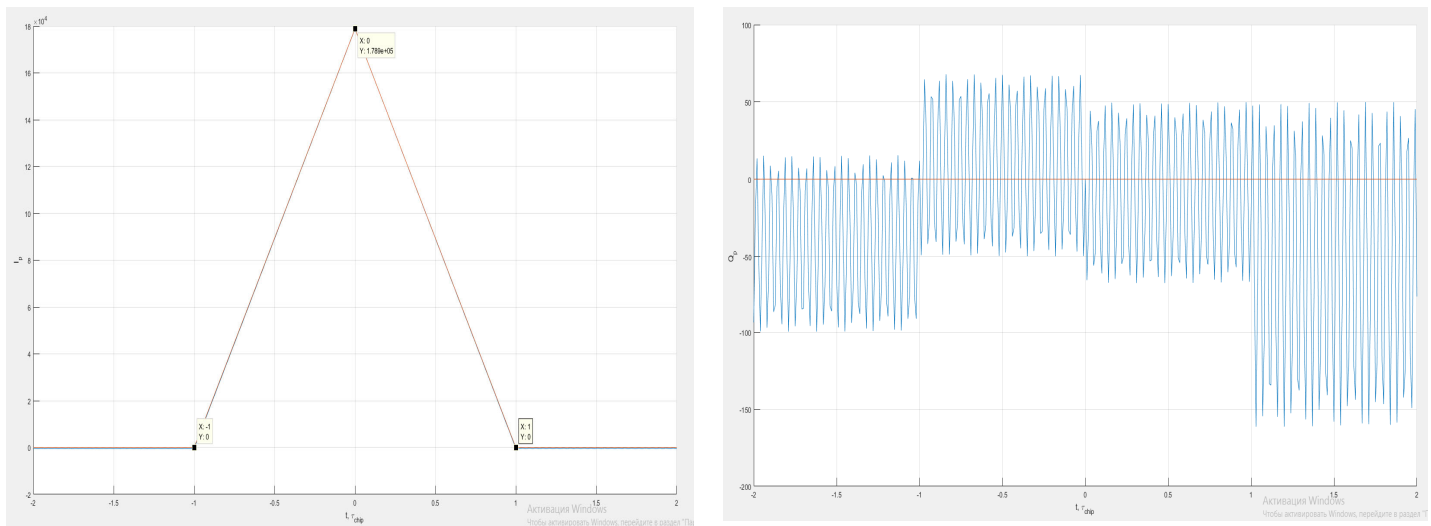


Рис.5. Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

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

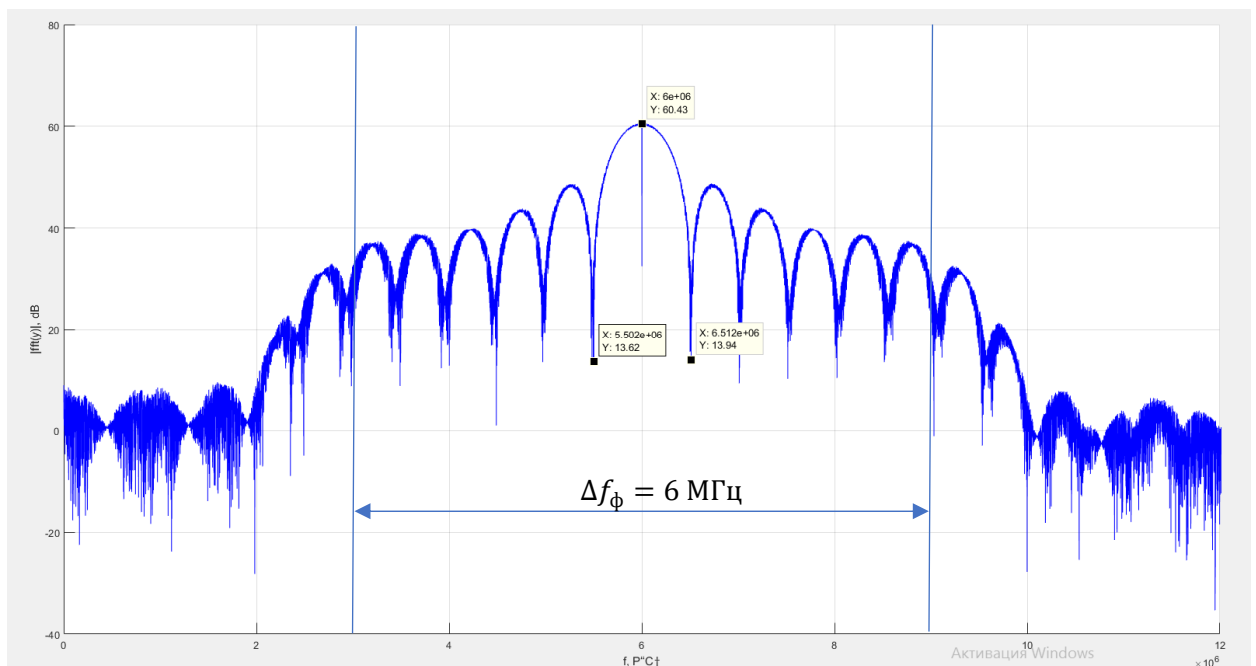


Рис.6. График спектра радиосигнала

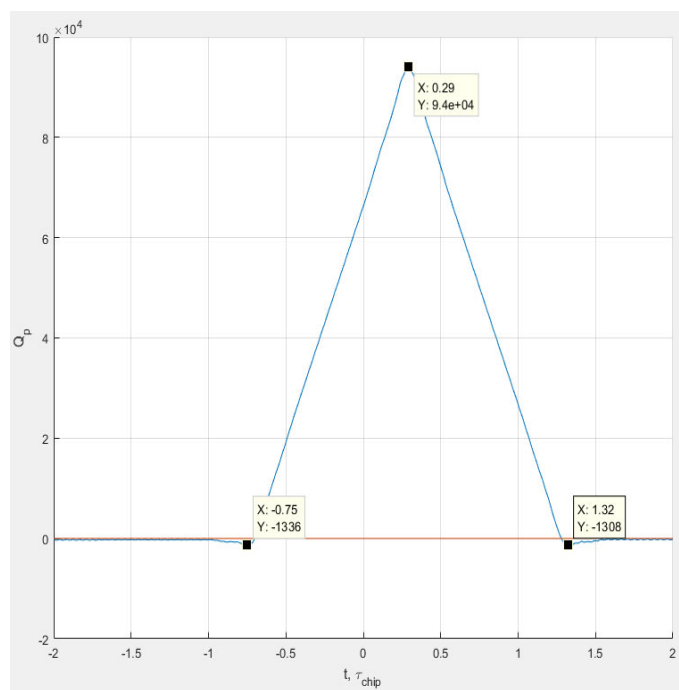
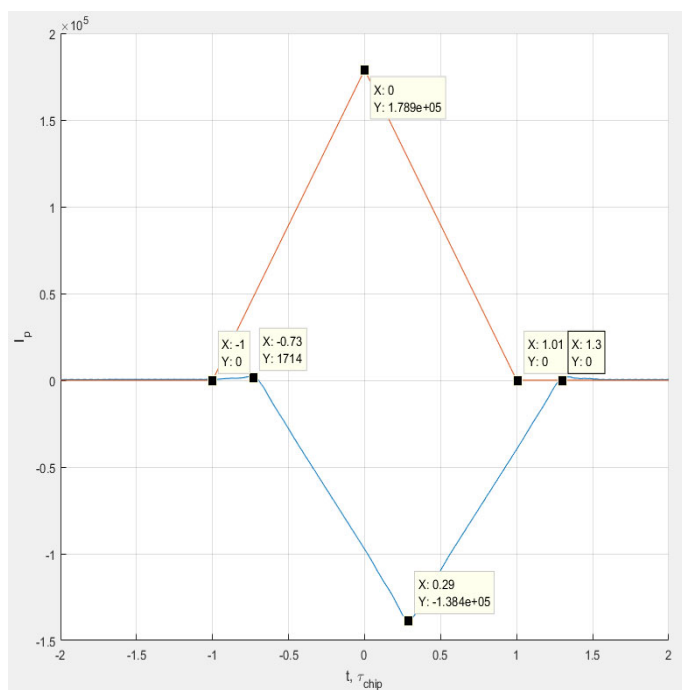


Рис.7. Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

Групповое время запаздывания для полосы фронта, равной 6 МГц, составляет 0,29 мкс

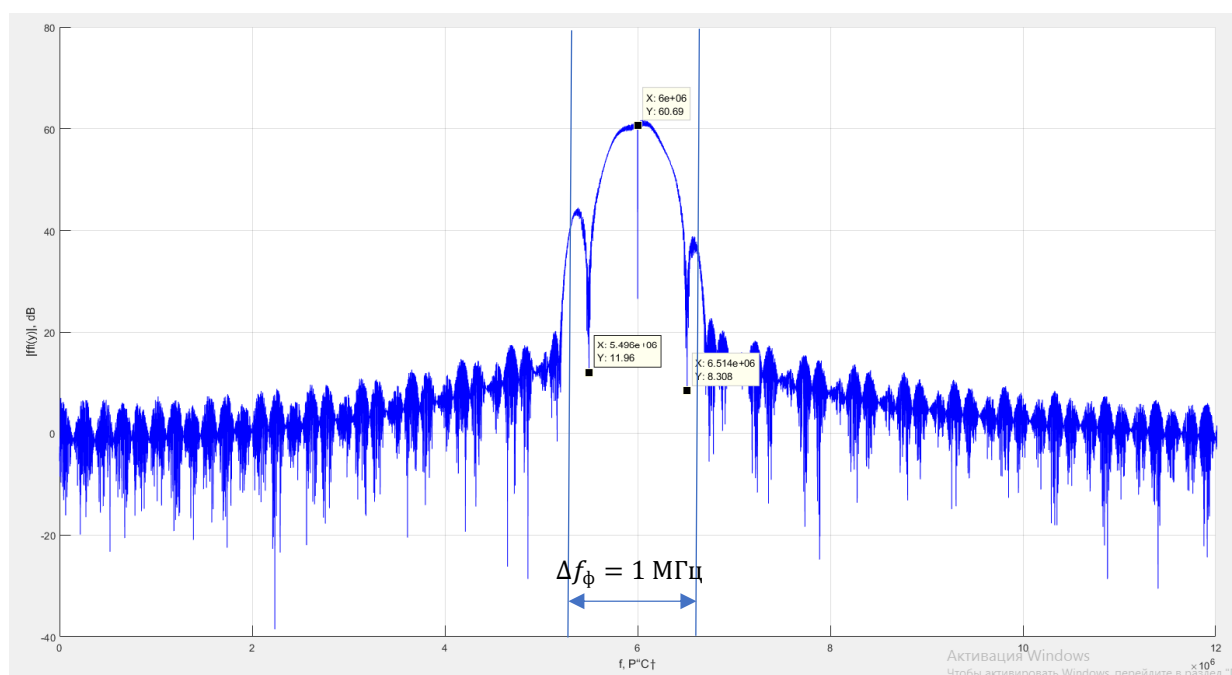


Рис.8. График спектра радиосигнала

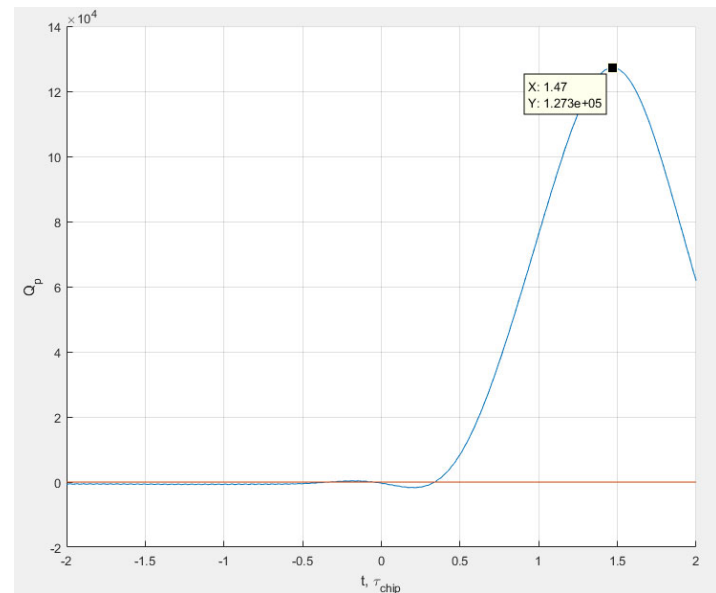
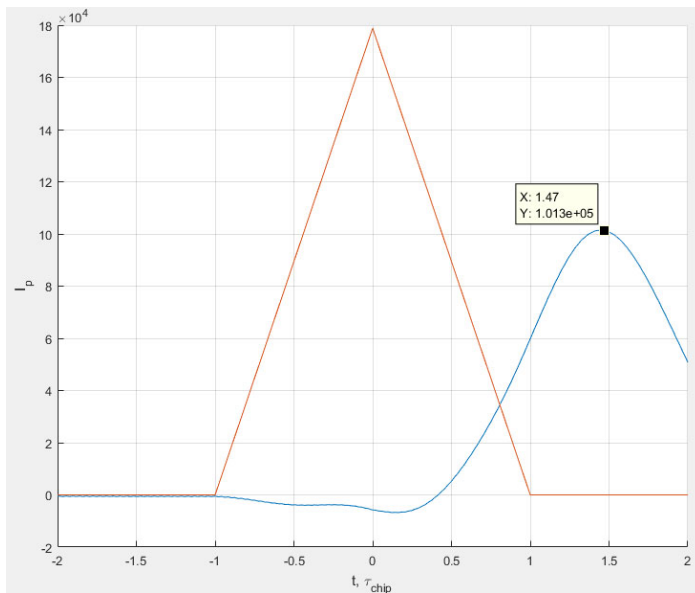


Рис.9. Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальноммерных кодов сигнала и опорных колебаний

Групповое время запаздывания для полосы фронта, равной 1 МГц, составляет 1,47 мкс. Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что сужение полосы фронта ведет к увеличению группового времени запаздывания, уменьшению уровня боковых лепестков спектра сигнала и, следовательно, увеличению отношения мощности сигнала к односторонней спектральной плотности шума.

- В качестве значения полосы фронта 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.

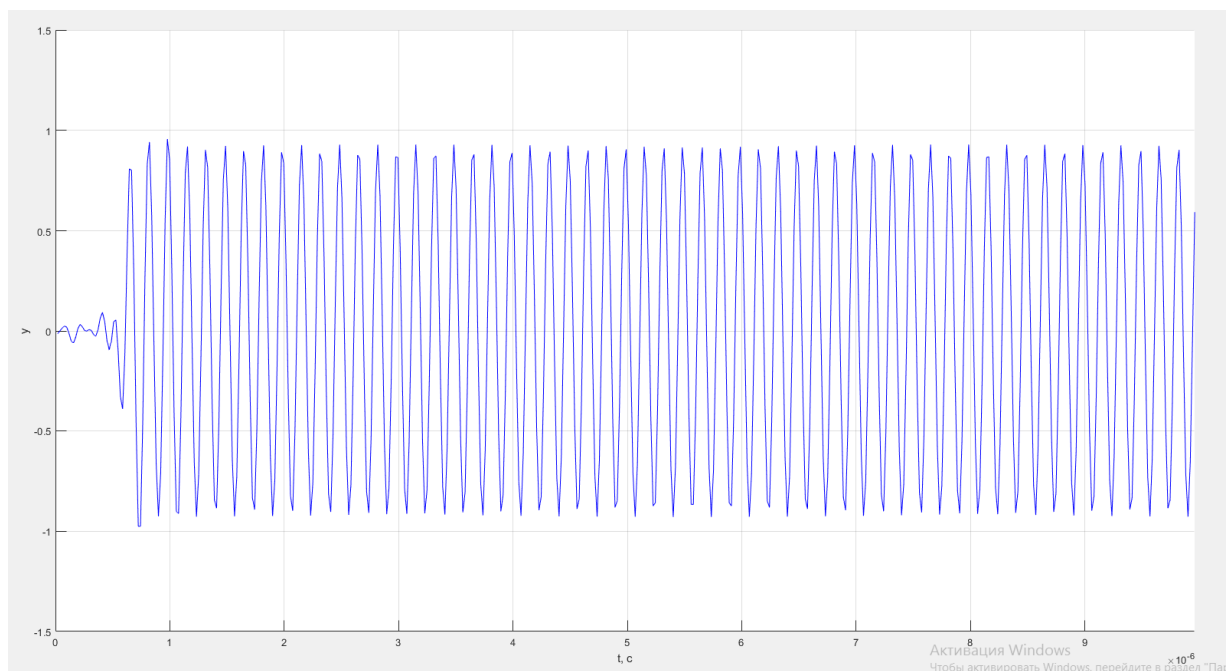


Рис.10. Наглядный отрезок реализации сигнала в интервале от 0 до 10 мкс

Рассчитаем мощность сигнала:

$$P_s = \frac{A_s^2}{2} \approx \frac{0,9^2}{2} = 0,4 \text{ Вт}$$

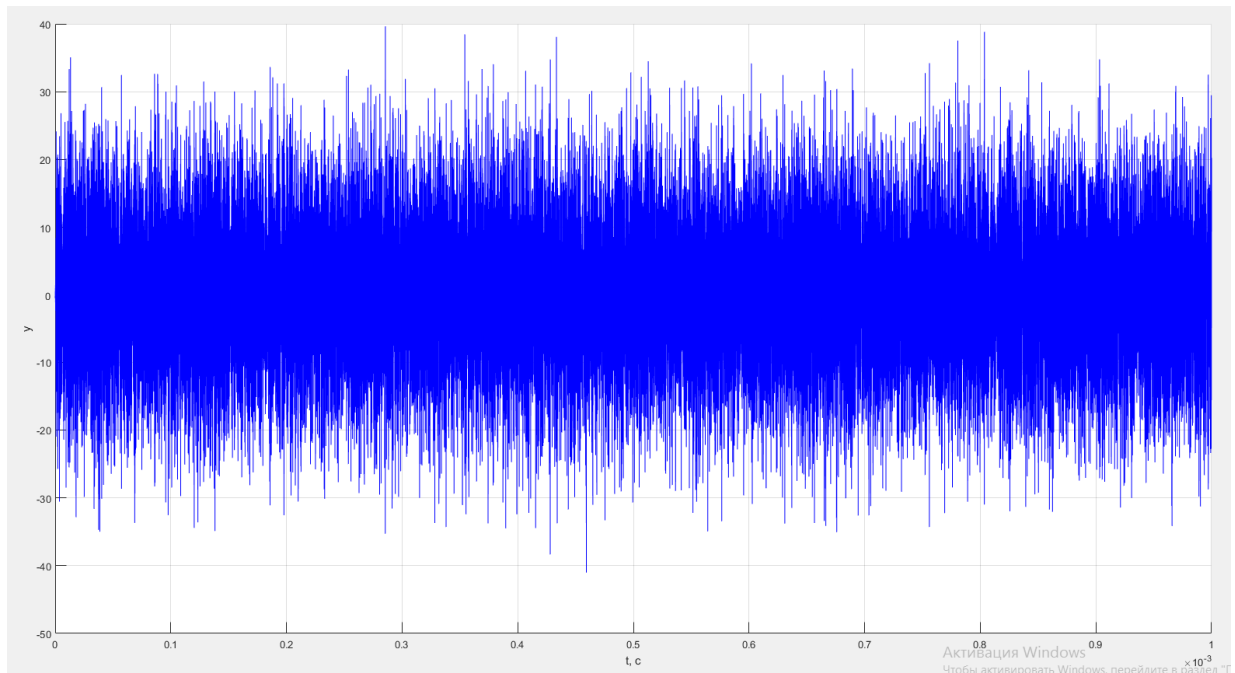


Рис.11. Реализация шума

Определим одностороннюю спектральную плотность шума:

$$6\sigma_n \approx 60 \rightarrow \sigma_n \approx 10 \text{ В} - \text{СКО шума}$$

$$D_n = \sigma_n^2 = 100 \text{ В}^2 - \text{дисперсия шума}$$

$$T_d = \frac{1}{F_d} = \frac{1}{51,1 \times 10^6} = 19,569 \times 10^{-9} = 19,569 \text{ нс} - \text{период дискретизации}$$

$$D_n = \frac{N_0}{2T_d} \rightarrow N_0 = 2D_n T_d = 2 \cdot 100 \cdot 19,569 \times 10^{-9} = 3,914 \times 10^{-6} \frac{\text{В}^2}{\text{Гц}}$$

$$q_{c/n0} = \frac{P_s}{N_0 \Delta f_\phi} = \frac{0,4}{3,914 \times 10^{-6} \cdot 6 \times 10^6} = 0,017$$

$$q_{c/n0} \text{ дБ} = 10 \log q_{c/n0} = 10 \log 0,017 = -17,7 \text{ дБГц}$$

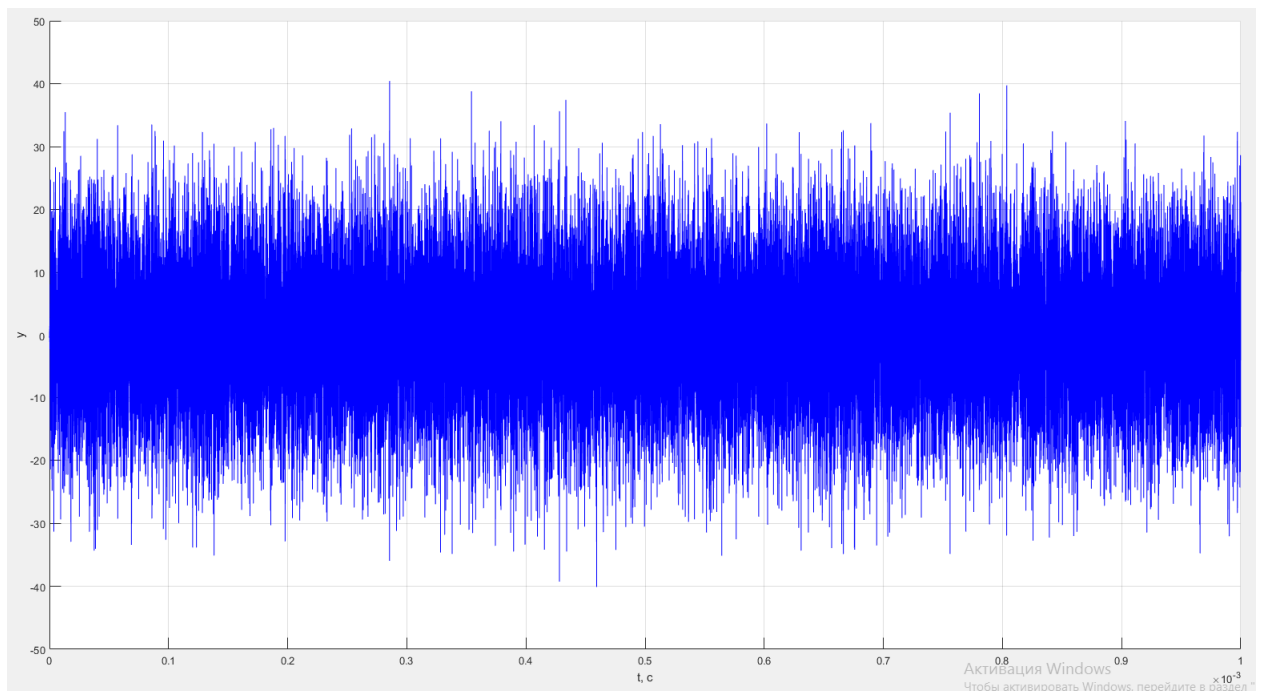


Рис.12. Реализация сигнала и шума

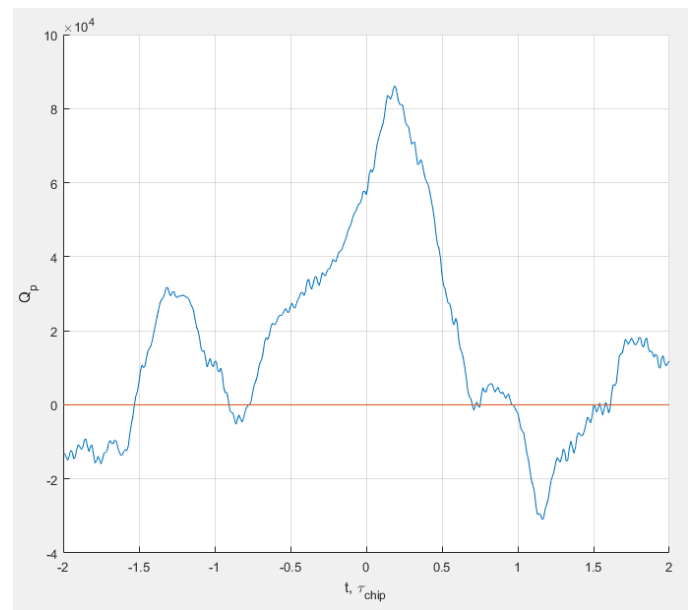
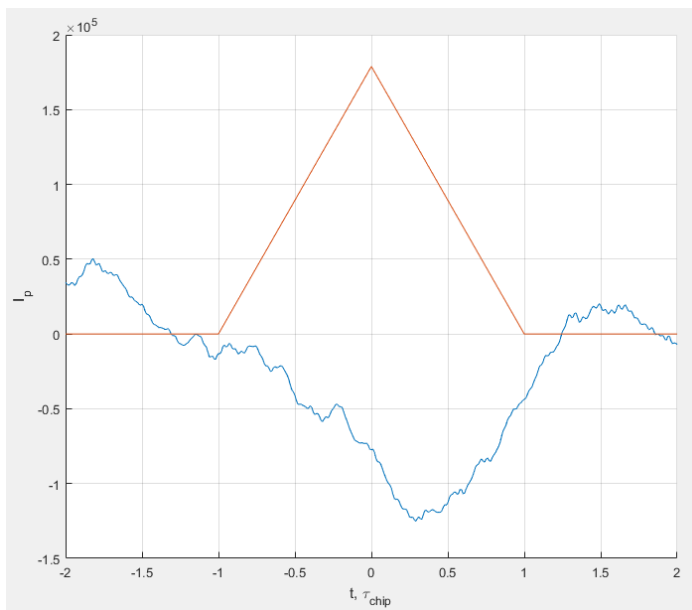
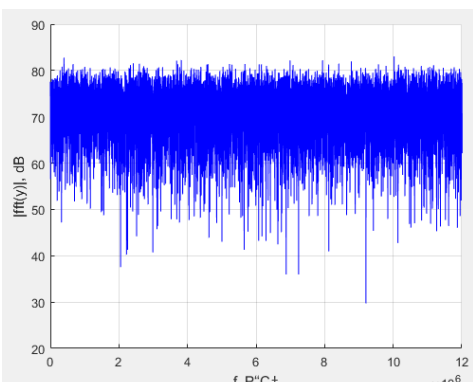
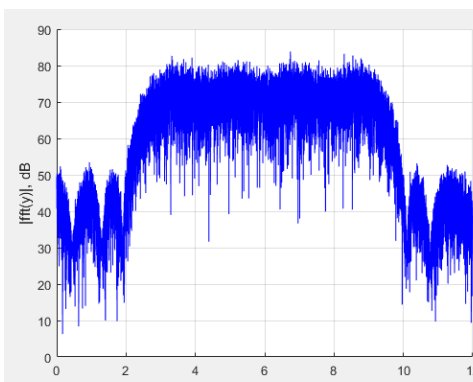
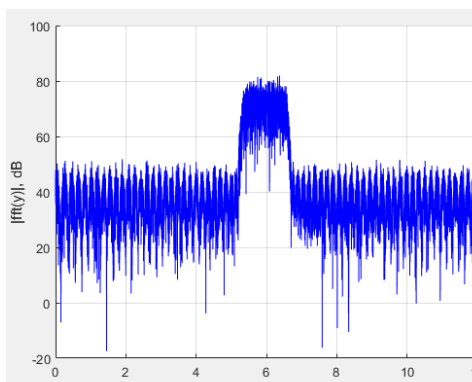
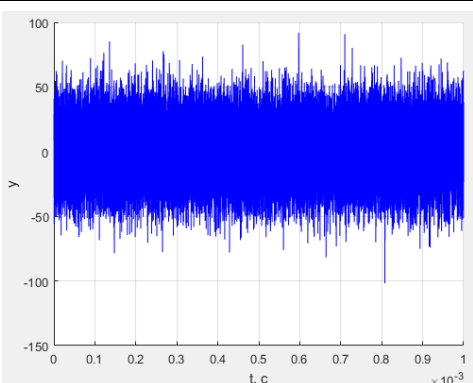
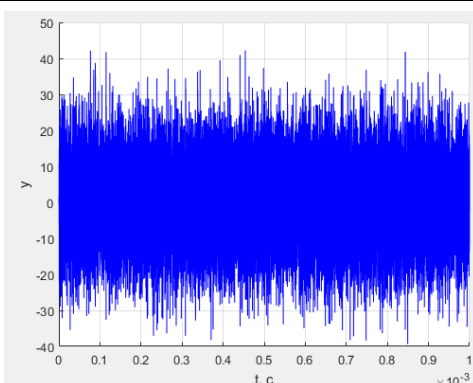
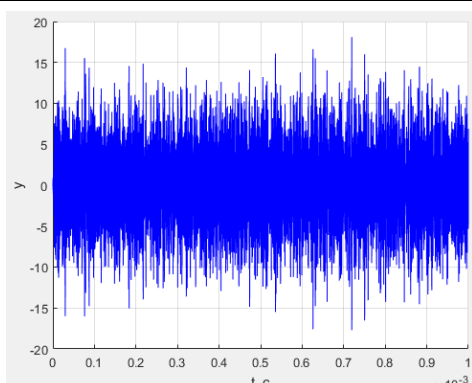
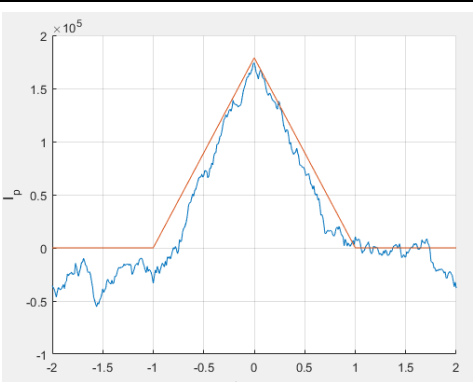
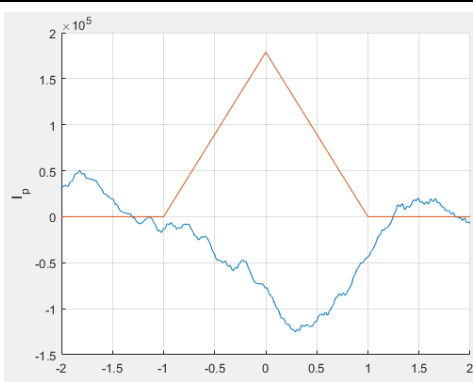
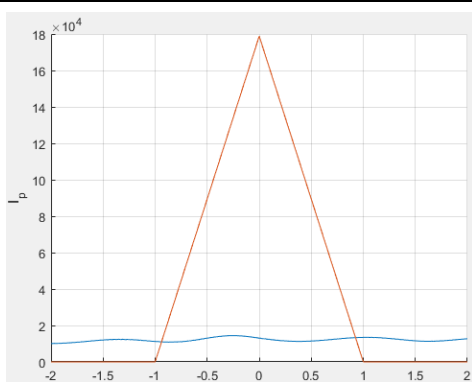
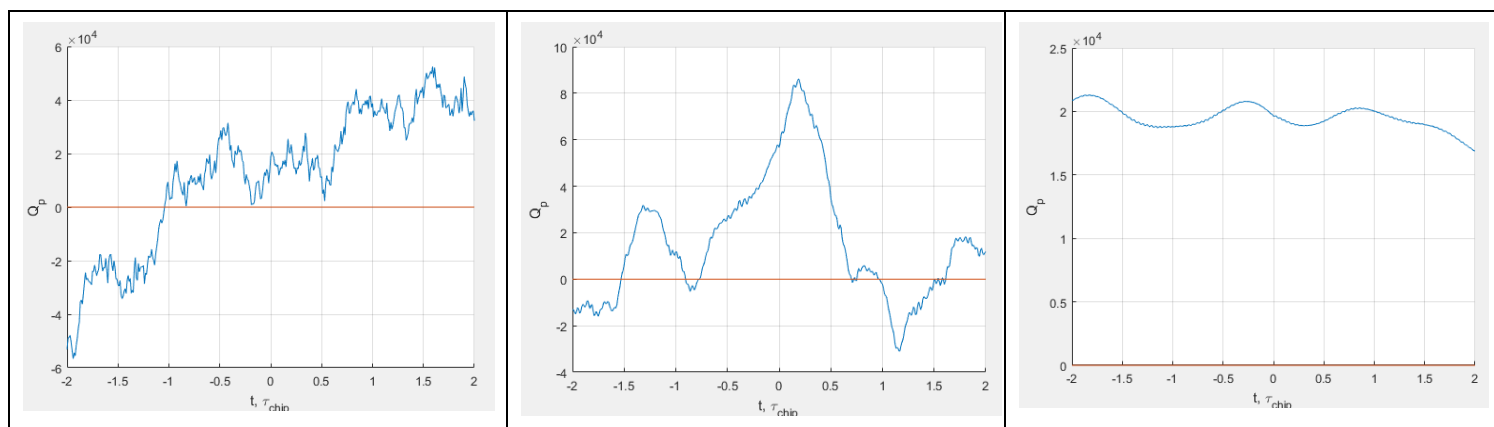


Рис.13. Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

- Наблюдать за изменением шумовой составляющей корреляционных функций при изменении полосы фронтенда. Исследовать зависимость мощности шумовой составляющей корреляционных компонент от полосы фронтенда, сделать соответствующие записи в отчете.

Таблица 2. Изменение корреляционной функции для различных полос фронта

Полоса фронта бесконечная	Полоса фронта 6 МГц	Полоса фронта 1 МГц
Спектр		
		
Реализации сигнала и шума		
		
Синфазная корреляционная сумма		
		
Квадратурная корреляционная сумма		



Из полученных наблюдений можно сделать вывод о том, что сужение полосы фронтада ведет к уменьшению уровня боковых лепестков спектра сигнала и, следовательно, увеличению отношения мощности сигнала к односторонней спектральной плотности шума.

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

Таблица 3. Исследование влияния квантования

Полоса фронтада бесконечная	Полоса фронтада 6 МГц	Полоса фронтада 1 МГц
Синфазная корреляционная сумма		
Квадратурная корреляционная сумма		

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

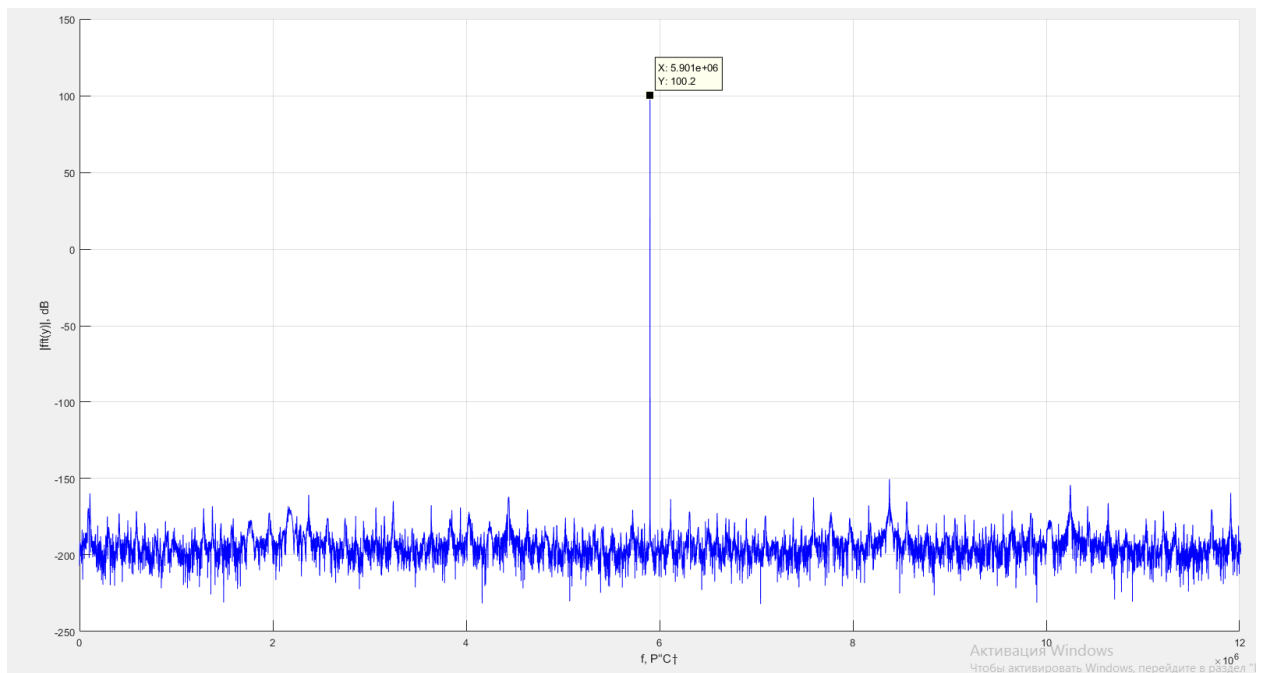


Рис.14. График спектра узкополосной помехи, полоса фронтеда – бесконечная

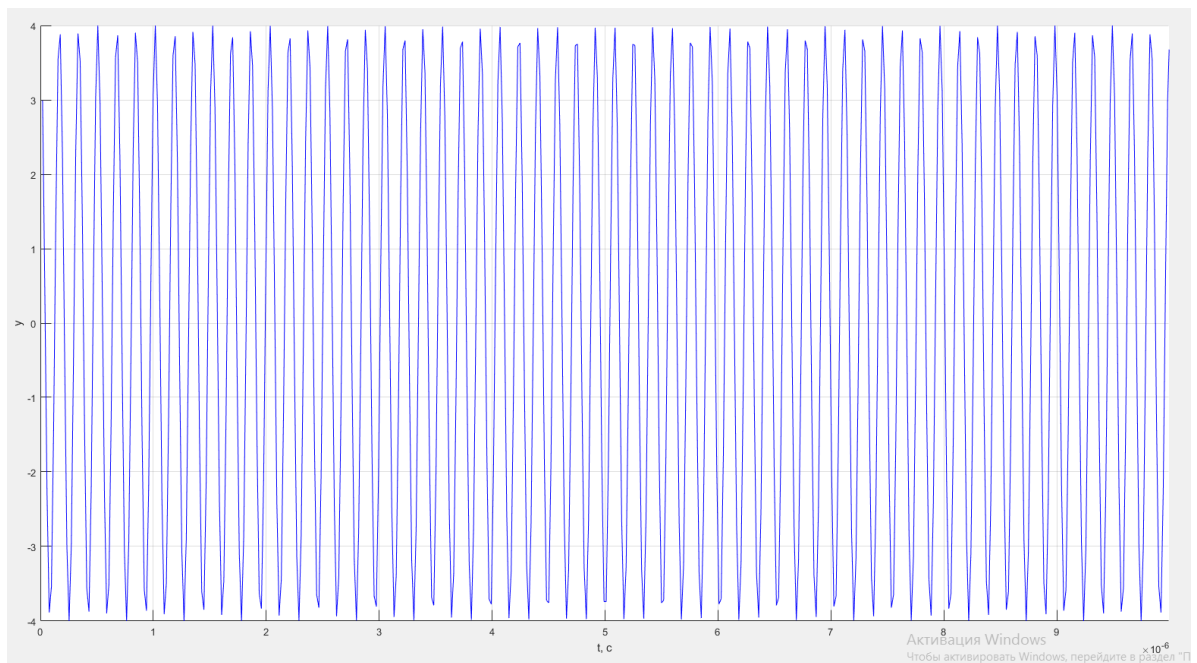


Рис.15. Реализация узкополосной помехи

Мощность сигнала уже была рассчитана, и составляет:

$$P_s = 0,4 \text{ Вт}$$

Мощность помехи рассчитаем аналогичным образом:

$$P_{\text{п}} = \frac{A_{\text{п}}^2}{2} \approx \frac{3,9^2}{2} = 7,6 \text{ Вт}$$

Отношение мощности помехи к мощности сигнала:

$$\frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{с}}} = \frac{7,6}{0,4} = 19$$

Таким образом мощность помехи в 19 раз больше мощности полезного сигнала

Таблица 4. Исследование влияния узкополосной помехи на корреляционные суммы

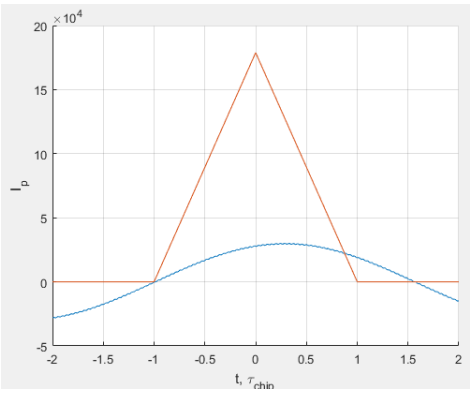
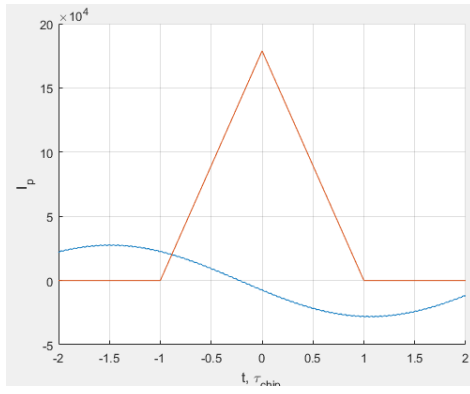
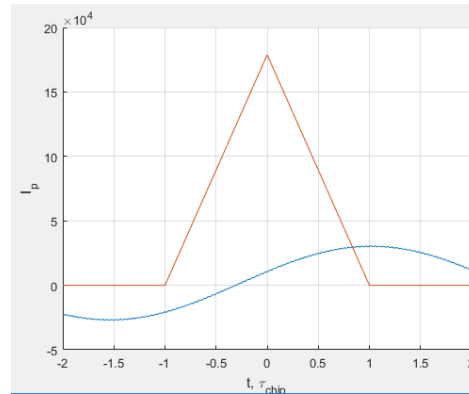
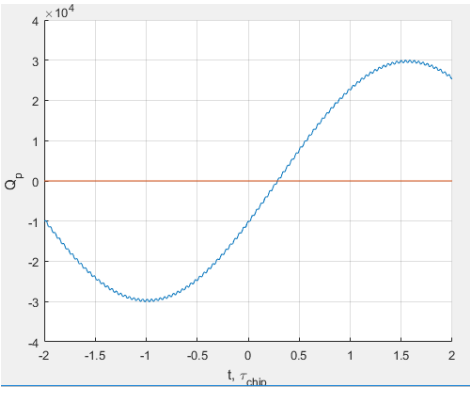
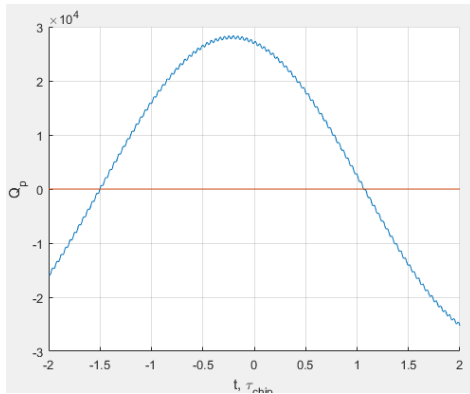
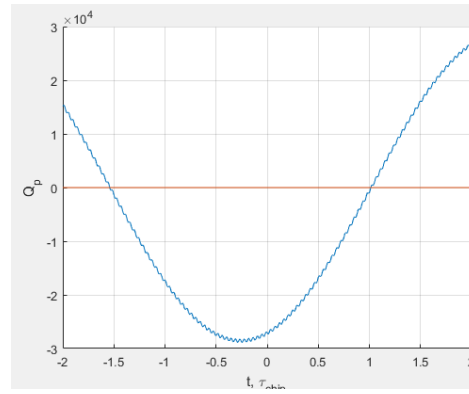
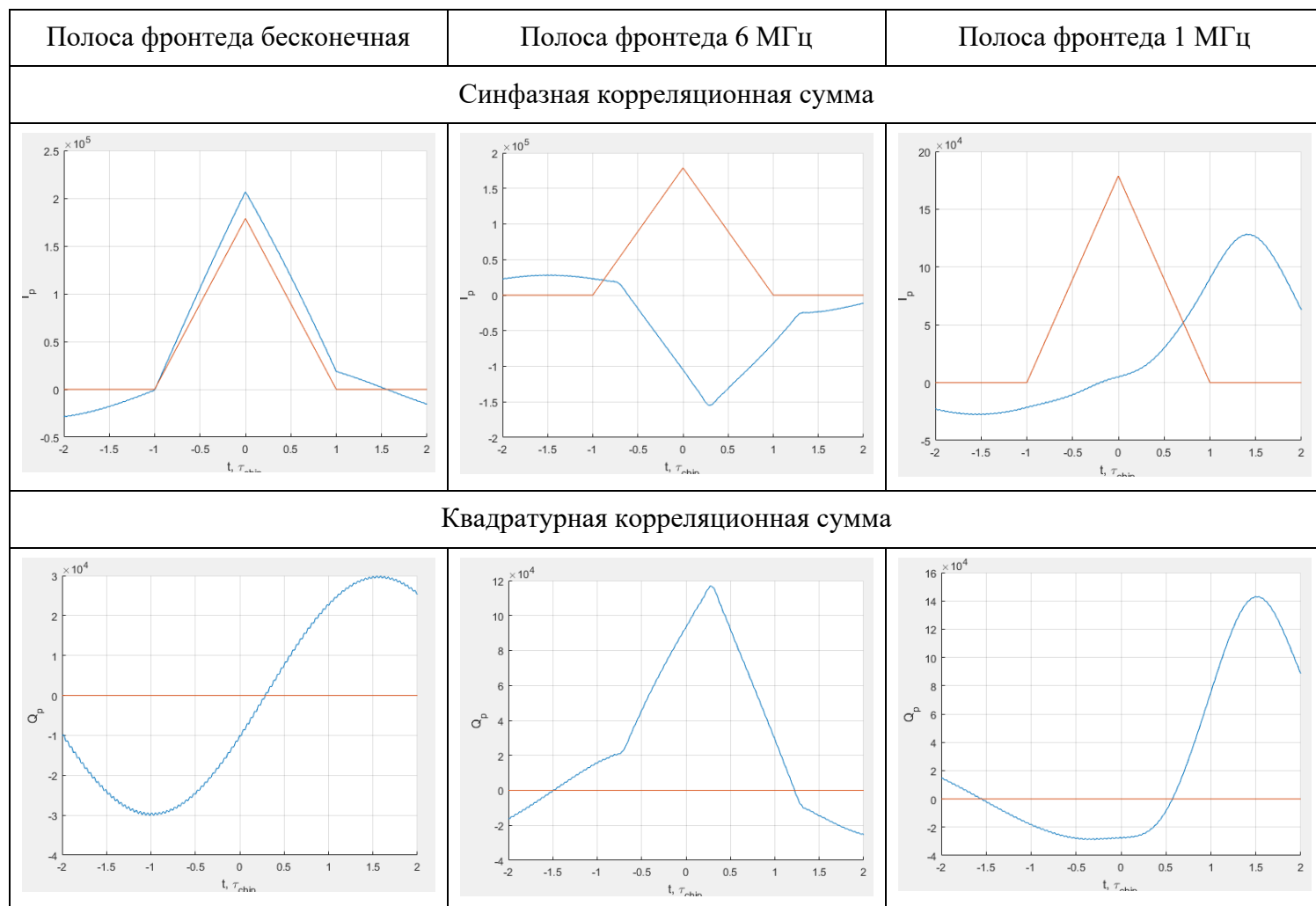
Полоса фронтада бесконечная	Полоса фронтада 6 МГц	Полоса фронтада 1 МГц
Синфазная корреляционная сумма		
		
Квадратурная корреляционная сумма		
		

Таблица 5. Исследование влияния сигнала и узкополосной помехи на корреляционные суммы



Выводы: в ходе выполнения моделирования была исследована структура и свойства функциональных элементов коррелятора АП СРНС. Исследованы характеристики процессов происходящих в корреляторах АП СРНС. На основе результатов моделирования были получены значения промежуточной частоты и полосы сигнала, а также значение группового запаздывания при изменении ширины полосы фронтеда. Измерены СКО и мощность сигнала, проведено сравнение полученных величин. Рассчитано значение отношения мощности сигнала к односторонней спектральной плотности шума.