

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

**Радиотехнический факультет (РТФ)**

**Кафедра радиоэлектроники и средств связи (РСС)**

**Изучение формирования импульсов в цифровой связи**

Руководство к лабораторной работе по дисциплине

«Устройства приема и обработки сигналов»

для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавра

11.03.01 «Радиотехника»

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Разработчики

Матвеев Д.Е.

Семенов Э.В.

ТОМСК 2018

## Содержание

1	Краткое описание и цель работы.....	3
2	Последовательность выполнения лабораторной работы.....	5
<b>1.1</b>	<b>Разработка блока формирования импульсов.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2</b>	<b>Разработка блока согласованной фильтрации .....</b>	<b>6</b>
2	Контрольные вопросы .....	14

## 1 Краткое описание и цель работы

В настоящей лабораторной работе изучается формирование импульсов в системах цифровой связи. Потребуется выполнить задание по формированию импульсов в передатчике QAM-сигнала и согласованной фильтрации этих импульсов в приемнике.

Структурная схема тракта передачи и приема для данного случая изображена на рисунке 1. С помощью цифрового формирования импульсов и повышения частоты дискретизации передатчик создает форму сигнала для передачи. В приемнике модулирующий сигнал сталкивается с аддитивным белым Гауссовским шумом. С помощью цифрового формирования импульсов и понижения частоты дискретизации с последующим обнаружением приемник проводит верную оценку передаваемых символов. Синхронизация символов также может быть включена, но она не показана на рисунке.

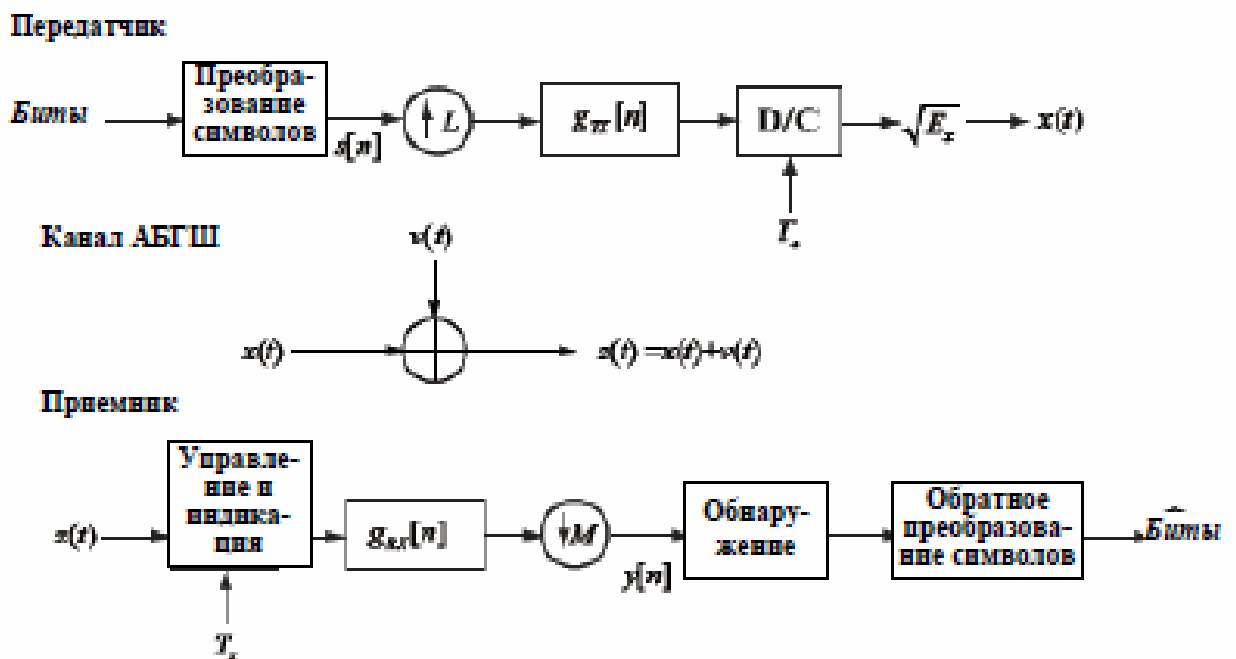


Рисунок 2.1 – Система, исследуемая в данной лабораторной работе

Необходимо построить схему формирования импульсов, повышения частоты дискретизации и блоков согласованной фильтрации модулятора в программе LabView. После проверки правильности вашей схемы при помощи

моделирующей программы, вы введете ваш код, используя NI-USRP (Универсальная приемно-передающая платформа для проектирования СВЧ-систем), для того, чтобы проверить, как работает этот код на настоящей радиолнии.

В рамках данной лабораторной работы вам необходимо будет представить два VI (*pulse shaping.vi* и *matched filtering.vi*), проверить их на настоящей радиолнии и ответить на вопросы.

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) – квадратурная амплитудная модуляция.

Разработка блок формирования импульсов и согласованной фильтрации, обеспечение передачи и приема приподнятого косинуса в управляющей среде LabVIEW с использованием приемно-передающего комплекса USRP - 2920.

## 2 Последовательность выполнения лабораторной работы

Вам были предоставлены образцы для Virtual Instruments (VI), которые необходимо создать в данной лабораторной работе, они содержат все входные и выходные данные, которые соединены для вас. От вас требуется закончить создание функциональных схем, чтобы обеспечить функциональность VI.

Части моделирующей программы, которые необходимо изменить, содержатся в передатчике (transmitter.vi) и приемнике (receiver.vi), представленных функциональных схем на рисунках 3.1 и 3.2.

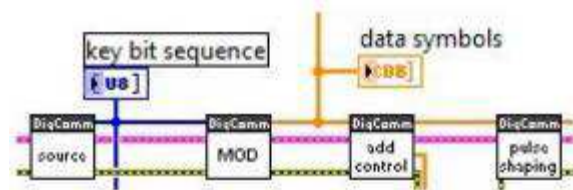


Рисунок 3.1 – Функциональная схема передатчика

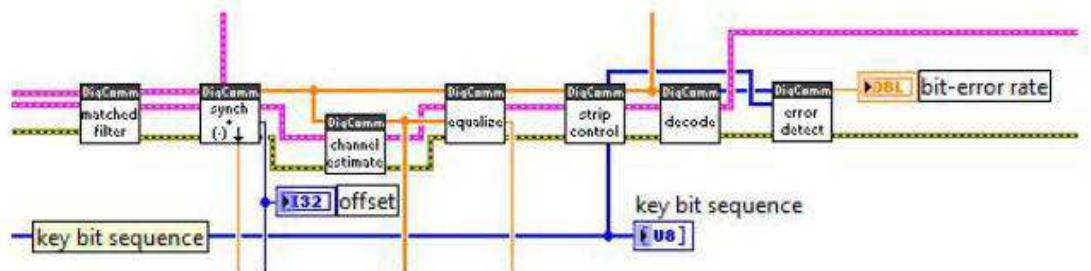


Рисунок 3.2 – Функциональная схема приемника

### 1.1 Разработка блока формирования импульсов

В рамках первой части данной лабораторной работы необходимо собрать функциональную схему формирования импульсов, используя следующие элементы:

- Case Structure.
- MT Generate Filter Coefficients.vi.
- Upsample.vi.
- Convolution.vi.

Выполните следующие пункты:

1. Создайте функциональную схему, показанную на рисунке 3.3.

2. Запустите файл Student\_Pulse\_Shaping.
3. Отобразите функциональную схему, нажав кнопкой мыши или выбрав Window ⇒ Show Block Diagram (Окно ⇒ Показать блок-схему).
4. Используйте для создания цикла Functions ⇒ Structures ⇒ Case Structure (Функции ⇒ Структуры ⇒ Тематические структуры).
5. Используйте для создания фильтра и формирования импульсов ⇒ Functions ⇒ RF Communications ⇒ Modulation ⇒ Digital ⇒ Utilities ⇒ MT Generate Filter Coefficients.vi (Функции ⇒ РЧ связи ⇒ Модуляция ⇒ Цифровая ⇒ Службы ⇒ Генератор коэффициентов).
6. Используйте для повышения дискретизации ⇒ Functions ⇒ Signal Processing ⇒ Signal Operation ⇒ Upsample (Функции ⇒ Обработка сигналов ⇒ Операция сигналов ⇒ Повышение дискретизации).
7. Используйте для свертывания сигнала ⇒ Functions ⇒ Signal Processing ⇒ Signal Operation ⇒ Convolution (Функции ⇒ Обработка сигналов ⇒ Операция сигналов ⇒ Свертка).
8. Сохраните ваш файл VI, как Your\_Student\_Pulse\_Shaping.

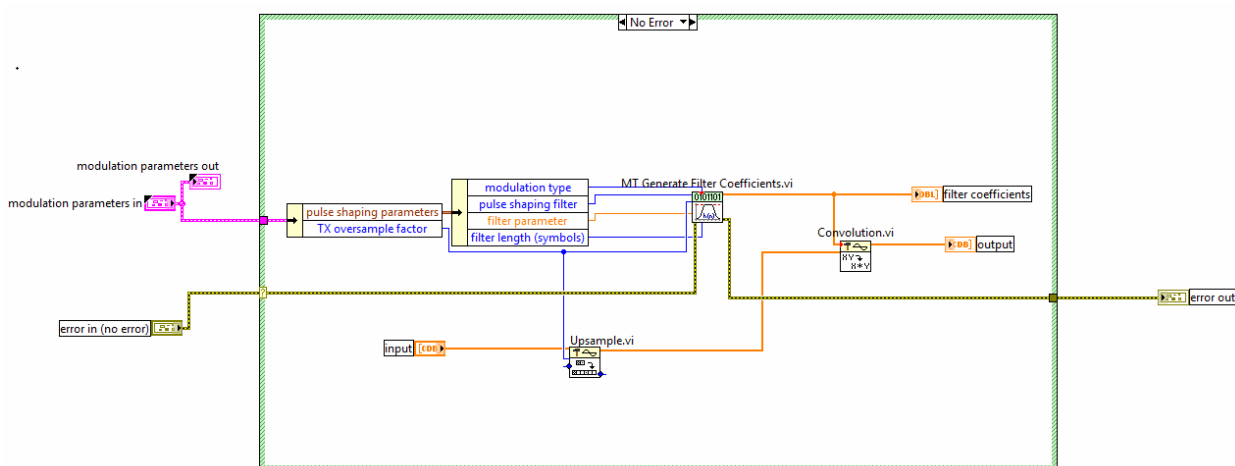


Рисунок 3.3 –Функциональная схема формирования импульсов

## 1.2 Разработка блока согласованной фильтрации

В рамках второй части лабораторной работы необходимо, собрать функциональную схему согласованной фильтрации используя следующие элементы:

- Case Structure.
- MT Generate Filter Coefficients.vi.
- Unbundle By Name.
- Bundle By Name.
- Convolution.vi.

Выполните следующие пункты:

1. Создайте функциональную схему, показанную на рисунке 3.4.
2. Запустите файл Student\_Matched\_Filtering.
3. Отобразите функциональную схему, нажав кнопкой мыши или выбрав Window ⇒ Show Block Diagram (Окно ⇒ Показать блок-диаграмму).
4. Перейдите к VI NI USRP на палитре Functions ⇒ Structures ⇒ Case Structure (Функции ⇒ Структуры ⇒ Тематические структуры).
5. Используйте для создания фильтра и формирования импульсов ⇒ Functions ⇒ RF Communications ⇒ Modulation ⇒ Digital ⇒ Utilities ⇒ MT Generate Filter Coefficients.vi (Функции ⇒ РЧ связи ⇒ Модуляция ⇒ Цифровая ⇒ Службы ⇒ Генератор коэффициентов).
6. Используйте для разделения сигнала Functions ⇒ Cluster, Class & Variant ⇒ Unbundle By Name (Функции ⇒ Кластер, класс и вариант ⇒ Разделитель).
7. Используйте для соединения сигнала ⇒ Functions ⇒ Cluster, Class & Variant ⇒ Unbundle By Name (Функции ⇒ Кластер, класс и вариант ⇒ Соединитель).
8. Используйте для свертывания сигнала ⇒ Functions ⇒ Signal Processing ⇒ Signal Operation ⇒ Convolution (Функции ⇒ Обработка сигналов ⇒ Операция сигналов ⇒ Свертка).
9. Сохраните ваш файл VI, как Your\_Student\_Matched\_Filtering.

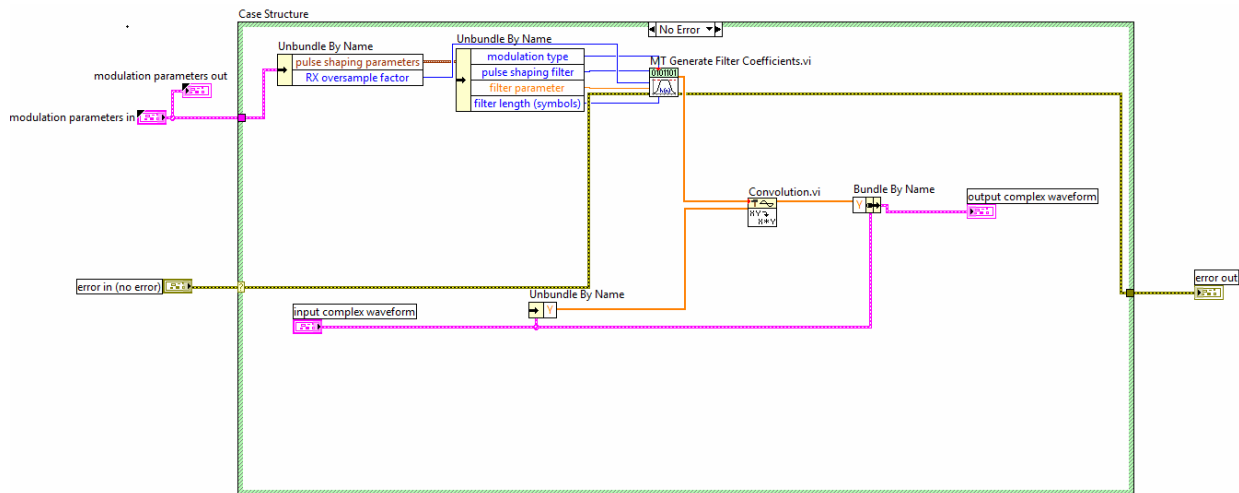


Рисунок 3.4 – Функциональная схема согласованной фильтрации

После создания функциональных схем: формирования импульсов и согласованной фильтрации, замените их в передатчике и приемнике вашим кодом, нажав правой кнопкой мыши на соответствующем VI и выбрав команду Replace ⇒ Select a VI (Заменить ⇒ Выбрать VI).

Перед тестированием вашего кода с помощью радиолинии, установите следующие параметры прямой передачи на лицевой панели файлов top\_tx.vi и top\_rx.vi (см. рисунок 3.5) и top\_rx.vi (см. рисунок 3.6).

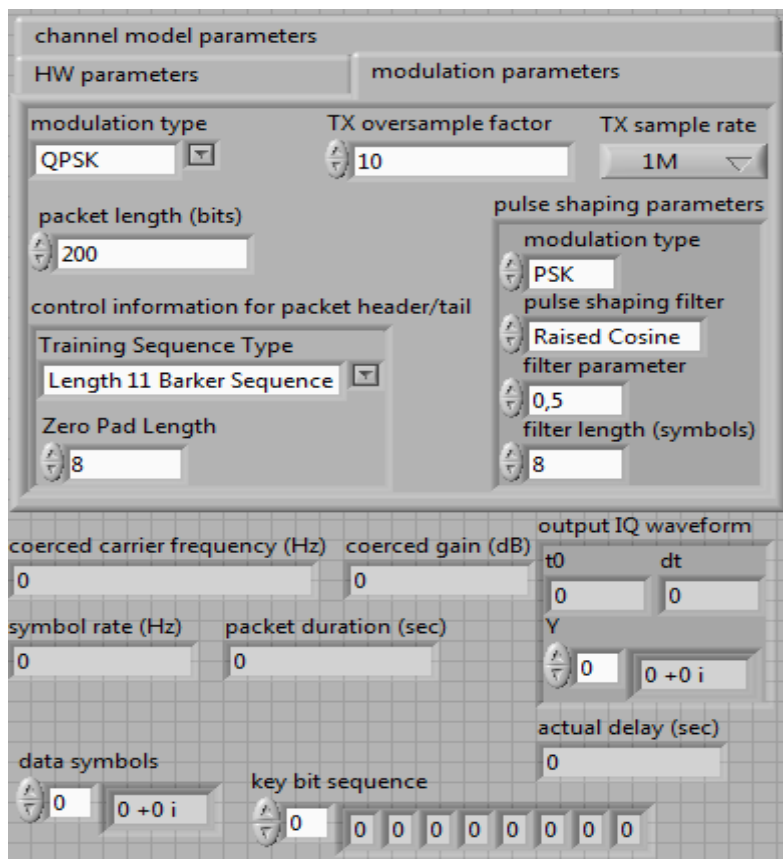


Рисунок 3.5 – Лицевая панель верхнего уровня передатчика



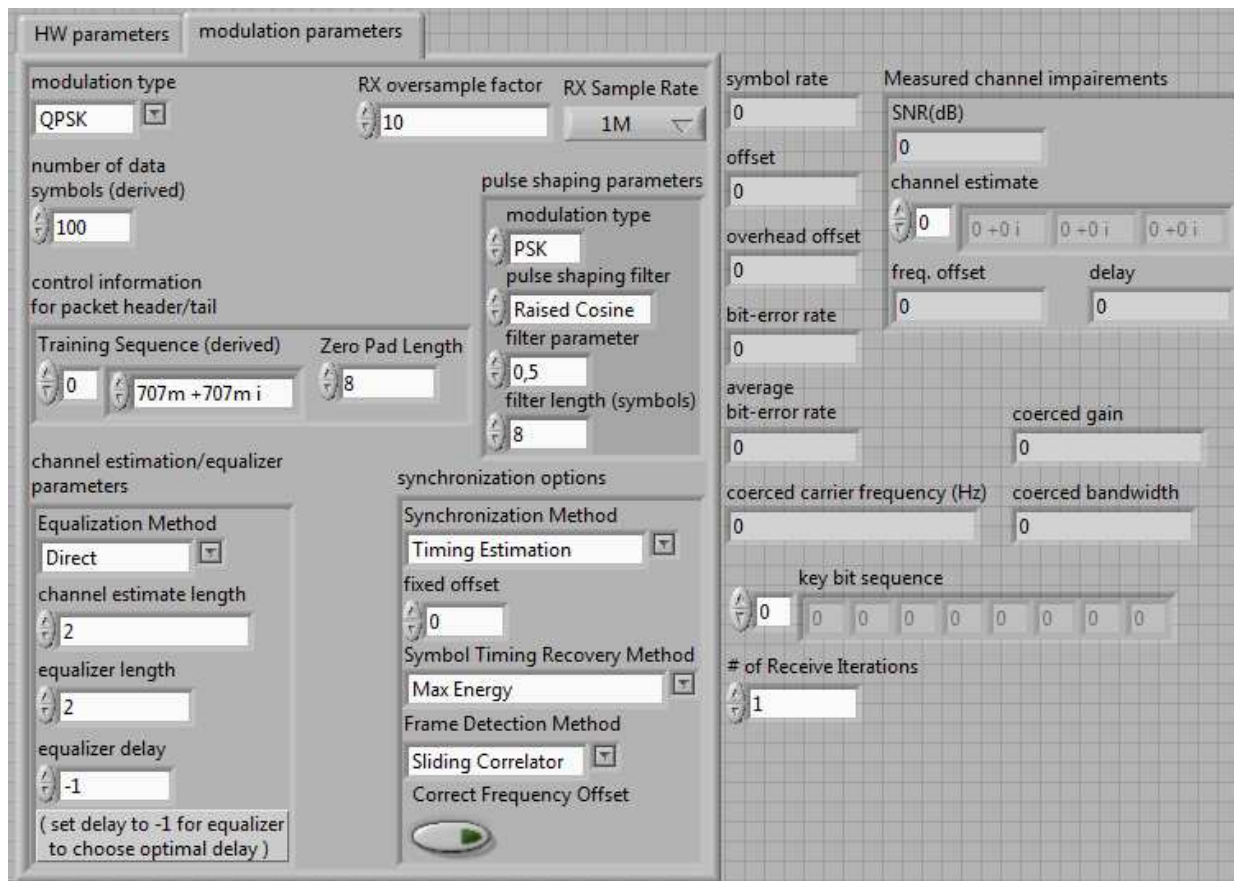


Рисунок 3.6 – Лицевая панель верхнего уровня приемника

Ввод параметров для передатчика:

- Длина пакета = 200 бит;
- Тип модуляции = QPSK и BPSK (квадратурная фазовая модуляция и двоичная фазовая модуляция);
  - Фильтр для формирования импульсов = Root Raised (корень из приподнятого косинуса);
  - Параметр фильтра = 0,5;
  - Длина фильтра = 8.

Ввод параметров для приемника:

- Время захвата = 2мс.

Для запуска системы необходимо:

1. Запустить верхний уровень вашего передатчика (т.е. запустить файл top\_tx.vi).

2. Подождать, пока загорится индикатор Transmitting (передача данных). Изображение глазковой диаграммы на передаче (см. рисунок 3.7).
3. Запустить верхний уровень вашего приемника (т.е. запустить файл top\_rx.vi). Изображение глазковой диаграммы на приеме (см. рисунок 3.8).

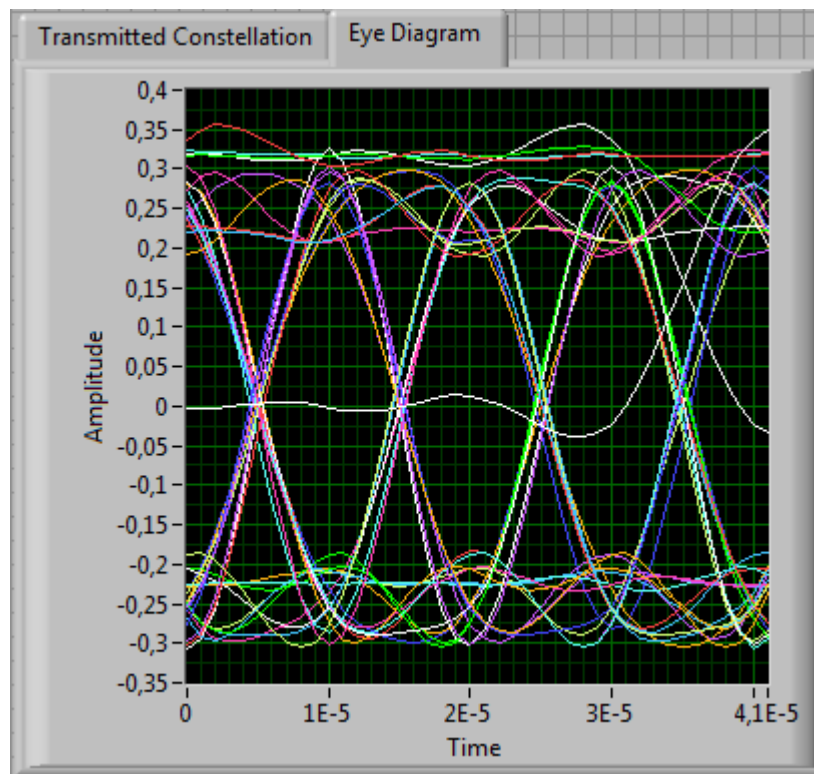


Рисунок 3.7 –Глазковая диаграмма на передатчике

По глазковой диаграмме можно выполнить ряд важных измерений:

- чем больше открыт глазок, тем легче различать логические 1 и 0;
- ширина открытия глазковой диаграммы (время между пересечениями линий логической 1 с логическим 0 и логического 0,с логической 1) показывает временной интервал, в течение которого сигнал может быть замерен без ошибки из-за межсимвольного влияния;
- псевдослучайной последовательности битов и отображения сигналов на запоминающем осциллографе получается структура, которая называется глазковой диаграммой (eye diagram). Типичная глазковая диаграмма приведена на рисунке 3.7.

- высота открытия глазка измеряет запас помехоустойчивости на выходе приемника;
- ширина линий глазка к точкам пересечения в углах глазка является мерой флуктуации в системе передачи. Флуктуации вызываются разбросом времени включения и выключения лазера; искажением импульса оптическим волокном и шумом. Флуктуации выражаются в пикосекундах, градусах или в процентах интервала бита;
- толщина линий импульса наверху и внизу глазка пропорциональна шуму и искажениям в системе передачи; время перехода сигнала в схеме глазка с верхнего уровня (логического 0) в нижний (логическая 1) и наоборот указывает времена подъема и спада системы передачи. Они обычно измеряются между отметками 10 и 90%;
- времена подъема и спада важны для оценки чувствительности системы к синхронизации замеров (sample timing). Чем больше времена подъема и спада сигнала, тем более чувствительна система к ошибкам синхронизации;
- чтобы обеспечить Системе максимальную невосприимчивость к шуму, лучшим временем для замеров уровня сигнала является время, когда высота открытия глазковой диаграммы максимальна.

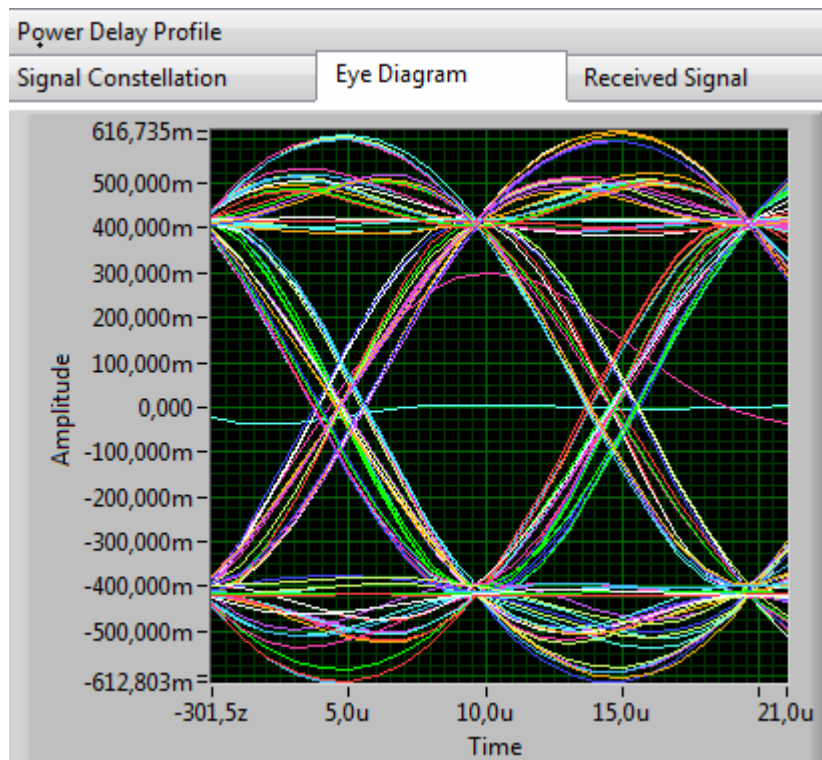


Рисунок 3.8 – Глазковая диаграмма на приемнике

Глазковая диаграмма строится с помощью сигнала во временной области и накладываемых кривых определенного количества временных интервалов символов. Например, если  $T_s = 10 \mu\text{сек}$  – это временной интервал символа для данной формы сигнала, глазковая диаграмма для длин двух глазков будет создана с помощью наложения кривых продолжительности  $2T_s$ , начиная с оптимального момента отсчета. При отсутствии шума эти наложенные сигналы могут выглядеть, как показано на рисунке 3.8.

На глазковой диаграмме, изображенной на рисунке 3.8, видно наложенные кривые модулированного цифрового потока двоичной фазовой манипуляции (BPSK) с использованием sinc-импульса для длин двух глазков. Данная глазковая диаграмма дает нам качественное представление о полученном сигнале. Например, открытие глазка показывает период времени, за который мы с успехом можем произвести отсчет сигнала (т.е. не претерпевая межсимвольные помехи). Наряду с определением количества межсимвольных помех в системе, искажение сигнала на диаграмме также показывает различные качественные параметры, такие как изменение пересечения нулевого значения

или искажение, связанное с отношением сигнал/шум. Для получения более детальной информации об использовании глазковой диаграммы как средства для качественного анализа процессов в системах цифровой коммуникации.

## **2 Контрольные вопросы**

- 2.1 Объясните принцип прямой передачи сигнала QAM модулятора.
- 2.2 Объясните, какие функции выполняет передатчик?
- 2.3 Объясните, какие функции выполняет приемник?
- 2.4 Опишите, что показывает глазковая диаграмма.
- 2.5 Опишите, что происходит с открытием глазка на диаграмме при увеличении параметра избыточной ширины полосы пропускания с 0 до 1.

## **Содержание отчета**

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Ход работы (предоставьте все необходимые скриншоты по каждой части лабораторной работы, поясните, что они демонстрируют).
4. Анализ результатов.
5. Вывод.