

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и кибербезопасности
Высшая школа программной инженерии

Самостоятельная работа №3

по дисциплине «Сети и телекоммуникации»

Выполнил:

Группа:

Проверил:

Яровой В. Д.

5130904/00104

Медведев Б. М.

Санкт-Петербург
2023

Содержание

1 Цель работы	3
2 Порядок выполнения работы	3
3 Основная часть	4
3.1 Модель системы передачи данных	4
3.2 Источник данных	5
3.3 Передатчик	6
3.4 Линия связи	8
3.5 Приемник	9
3.6 Подсистема обнаружения ошибок	11
3.7 Оценка вероятности ошибки	12
4 Вывод	14

1 Цель работы

Создать в MATLAB/Simulink модель передачи данных и оценить вероятность ошибки, учитывая изменение отношения сигнал/шум

2 Порядок выполнения работы

- Разработать модель системы передачи данных в MATLAB/Simulink с использованием ОФМ сигналов при скорости передачи данных 1200 бит/с и частоте несущей 1800 Гц.
- Получить оценку вероятности ошибки в зависимости от отношения сигнал/шум в диапазоне от 1 до 10 дБ и сравнить с теоретической зависимостью.

3 Основная часть

3.1 Модель системы передачи данных

Для разработки модели телекоммуникационной системы на физическом уровне ЭМВОС будут использованы следующие наборы блоков из библиотеки:

- *Simulink*,
- *Communications Toolbox*,
- *DSP System Toolbox*.

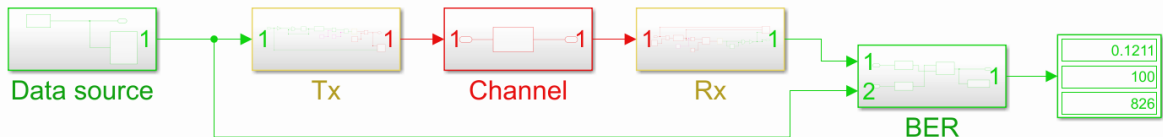


Рисунок 1: Model

Модель содержит следующие подсистемы:

- **Data source** – источник последовательности двоичных символов, подлежащих передаче.
- **Transmitter** – передатчик, преобразующий последовательность двоичных символов в последовательность сигналов в соответствии выбранным методом модуляции.
- **Channel** – модель линии связи.
- **Receiver** – приемник, выполняющий обработку сигналов из линии связи и формирующий последовательность решений о переданных символах.
- **BER** – подсистема обнаружения ошибок на выходе приемника при сравнении переданной и принятой последовательностей символов.

В соответствии с условием задачи в файле `model_init.m` заданы следующие параметры:

- **Tb** – длительность бита, соответствующая скорости передачи данных 1200 бит/с.
- **Ts** – интервал дискретизации сигнала, сформированного передатчиком.
- **F0** – частота несущего колебания модулятора.

```
1 % файл инициализации модели
2 Tb = 1/1200 % длительность бита, (с)
3 Ts = Tb/8 % интервал дискретизации сигнала, (с)
4 F0 = 1800 % несущая частота, (Гц)
```

По теореме Найквиста-Котельникова — частота дискретизации должна быть не меньше чем удвоенная максимальная частота в спектре сигнала.

Будем ориентироваться на телефонные линии связи – максимальная частота 4 КГц, удвоим ее и получим 8 КГц, нам нужно число не меньше 8000 и кратное 1200 — 8400, тогда нам нужно будет разделить **длительность бита** на 7, но будем делить на 8, чтобы временные графики имели узнаваемый вид синусоиды. Можно на 64 для идеального вида синусоиды, но это не повлияет на точность работы модели, нооборот усложнит ее внутренние вычисления.

Установленные значения параметров соответствуют стандартам международного союза телекоммуникаций (ITU-T) серии V для передачи данных по каналам телефонного типа

3.2 Источник данных

Для реализации модели подсистемы **Data source** был выбран блок **Bernoulli Binary Generator** из набора *Communications Toolbox/Comm Sources/Random Data Sources*.

Генератор случайных чисел формирует случайную последовательность двоичных символов с одинаковой вероятностью появления 0 и 1

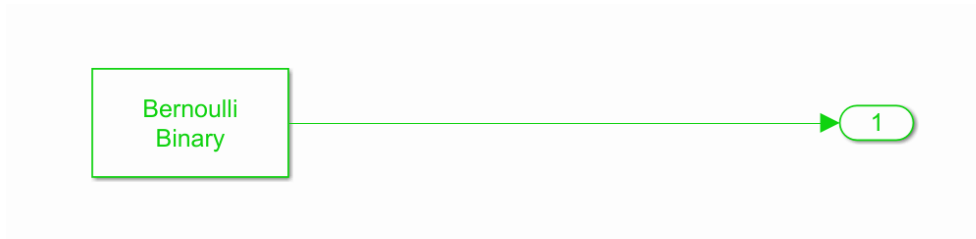
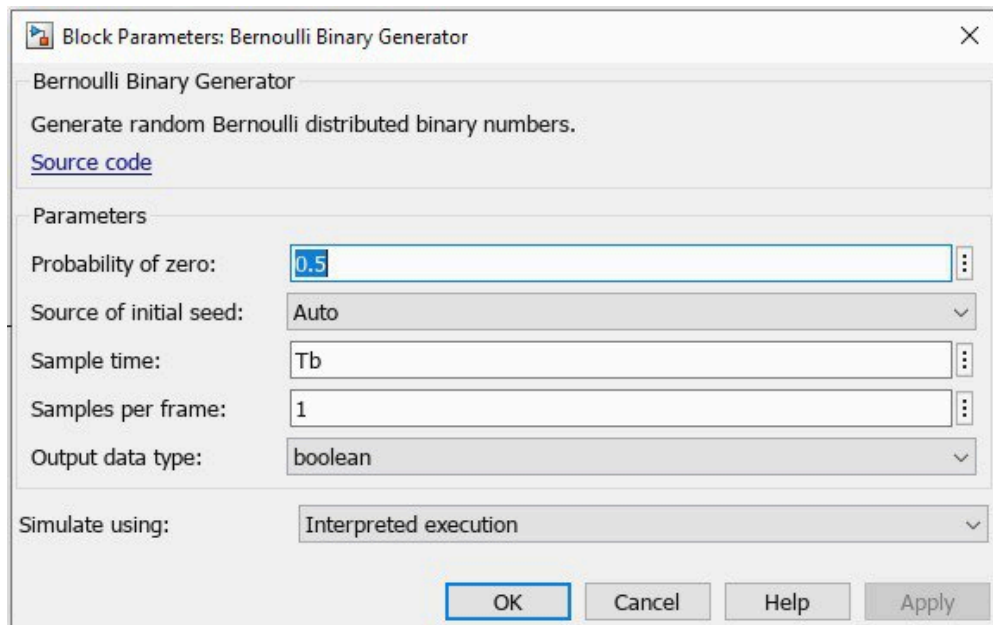


Рисунок 2: Data source

Выставим следующие параметры:



3.3 Передатчик

Передатчик преобразует последовательность бит в последовательность сигналов. Блок *Sin Wave* создает гармонический сигнал с амплитудой **1 вольт** и заданной частотой. Будет использоваться относительная фазовая модуляция (**ОФМ**)

Возьмем реализацию передатчика из 2 работы

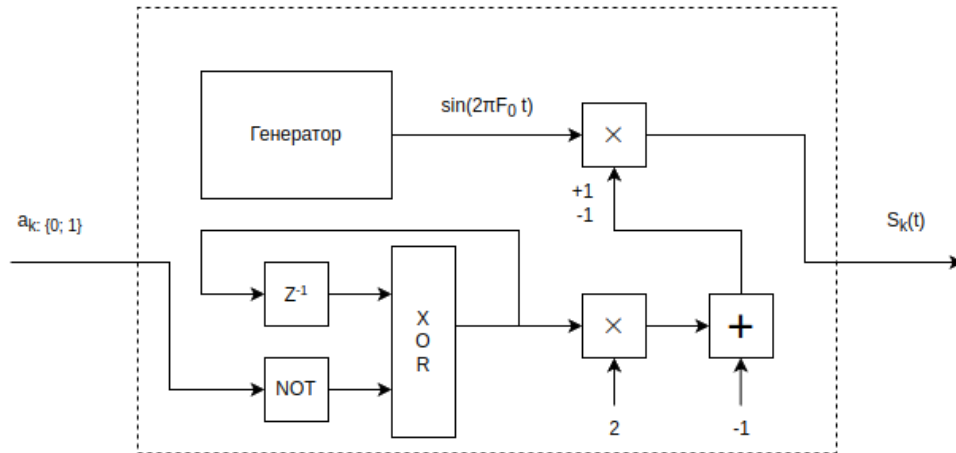


Рисунок 4: Transmitter schema

Реализуем ее в **Matlab**

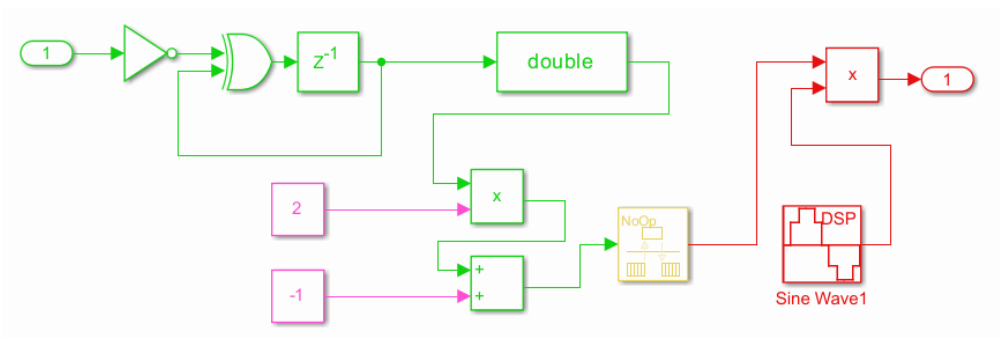
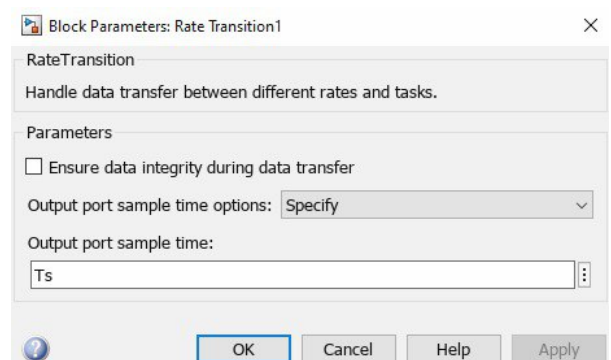
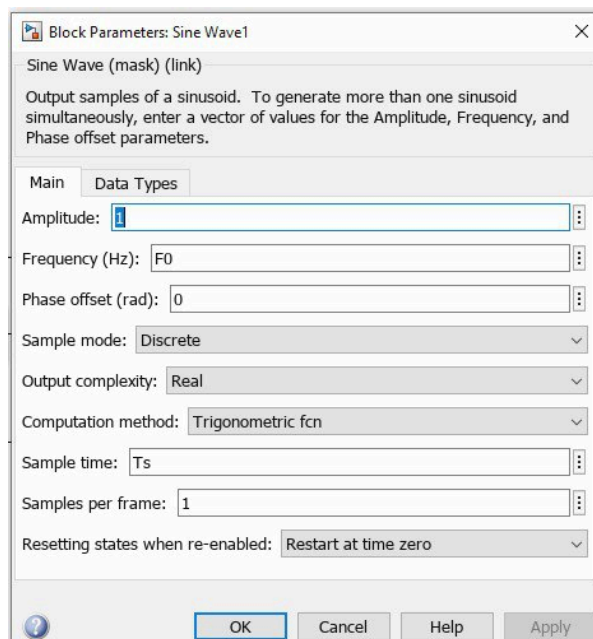


Рисунок 5: Transmitter model



Интервал дискретизации сигнала выбирается дольным (в целое число раз меньшим) длительности символа и удовлетворяющим теореме Найквиста—Котельникова: для сигнала, представленного последовательностью дискретных отсчетов, точное восстановление возможно, только если частота дискретизации более чем в 2 раза выше максимальной частоты в спектре сигнала.

3.4 Линия связи

В процессе моделирования отношение сигнал шум (**SNR**) будет меняться. Мощность входного сигнала будем рассчитывать по формуле:

$$P = \frac{A^2}{2R}, \quad \text{где } A = 1 \text{ (В)}, \quad R = 1 \text{ (Ом)}$$

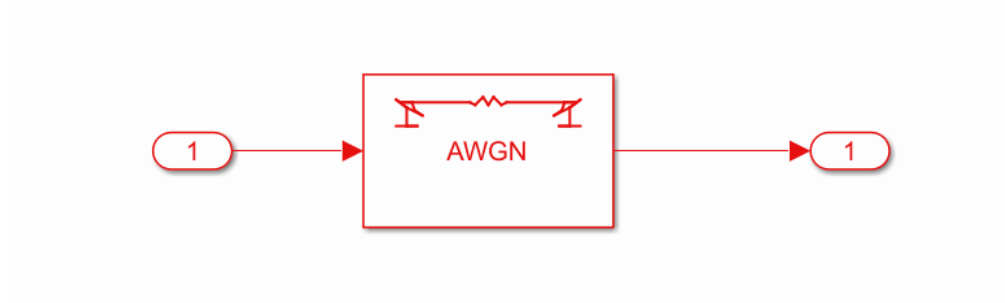
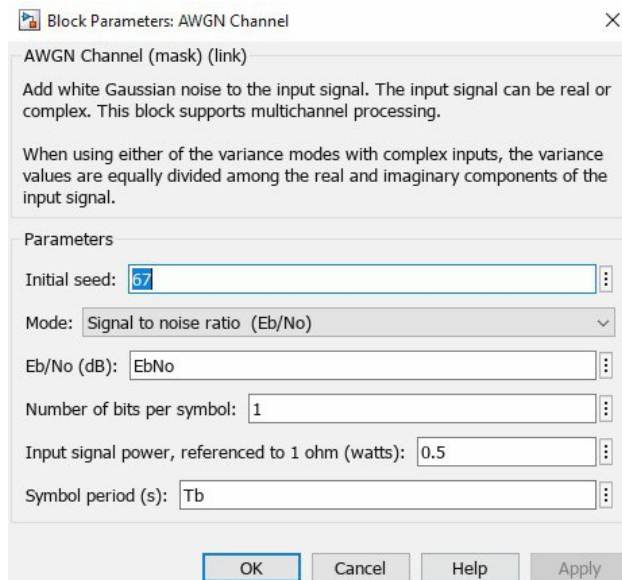


Рисунок 6: Channel

Настройки для линии связи:



E_b/N_0 – отношение сигнал/шум определяется как отношение энергии сигнала, приходящейся на 1 бит принимаемого сообщения (E_b), к энергетической спектральной плотности шума (N_0).

3.5 Приемник

Приемник обрабатывает сигналы из линии связи и принимает решения о переданной последовательности бит.

Возьмем реализацию улучшенного приемника из 2 работы:

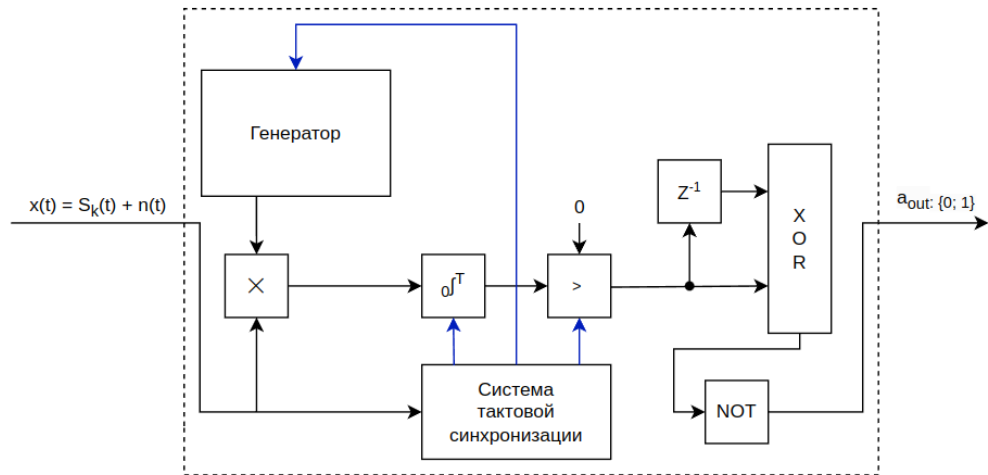


Рисунок 8: Receiver schema

Реализуем ее в **Matlab**

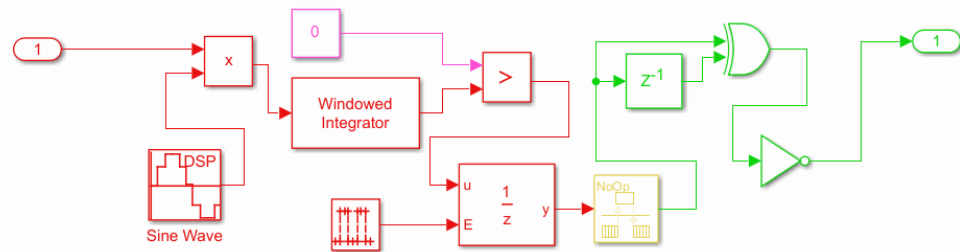
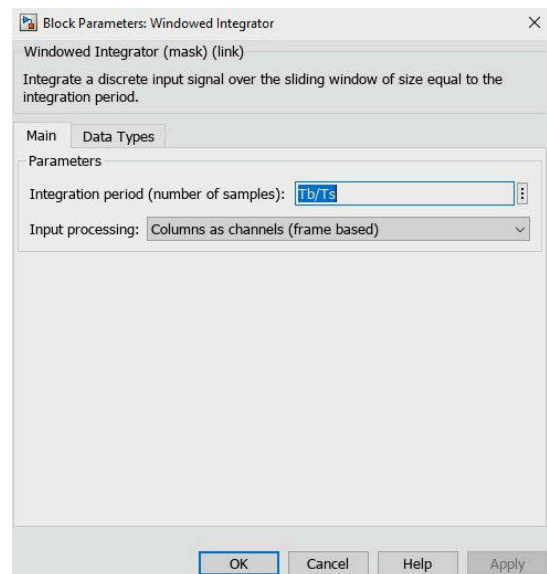
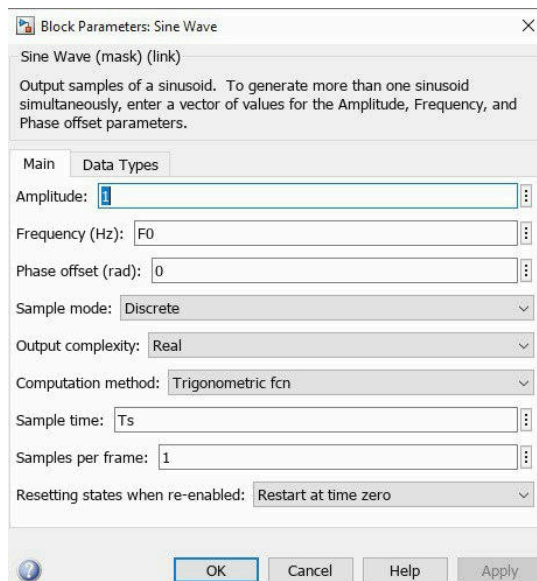


Рисунок 9: Receiver model

Настройки:



Block Parameters: Discrete Pulse Generator

Pulse Generator

Output pulses:

```

if (t >= PhaseDelay) && Pulse is on
    Y(t) = Amplitude
else
    Y(t) = 0
end

```

Pulse type determines the computational technique used.

Time-based is recommended for use with a variable step solver, while Sample-based is recommended for use with a fixed step solver or within a discrete portion of a model using a variable step solver.

Parameters

Pulse type: Sample based

Time (t): Use simulation time

Amplitude: 1

Period (number of samples): Tb/Ts

Pulse width (number of samples): 1

Phase delay (number of samples): Tb/Ts-1

Sample time: Ts

☒ Interpret vector parameters as 1-D

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: Rate Transition1

RateTransition

Handle data transfer between different rates and tasks.

Parameters

☐ Ensure data integrity during data transfer

Output port sample time options: Specify

Output port sample time: Tb

OK Cancel Help Apply

3.6 Подсистема обнаружения ошибок

Для оценки помехоустойчивости передачи данных в подсистеме BER сравниваются переданная и принятая последовательности символов и рассчитывается количество ошибок и общее количество переданных бит за сеанс моделирования.

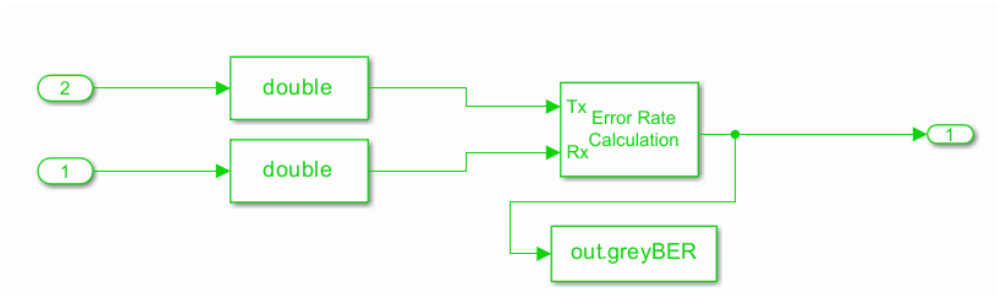
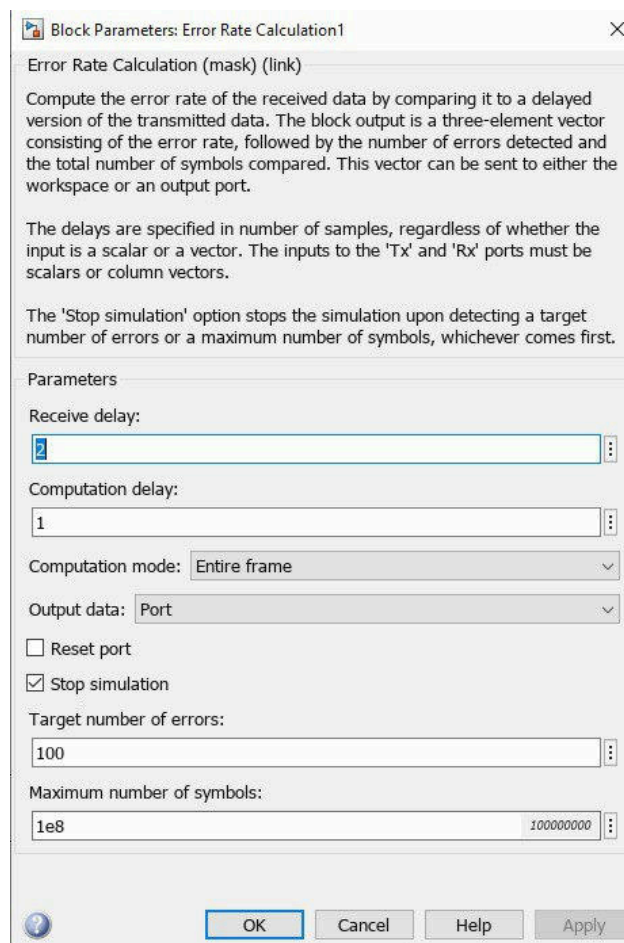


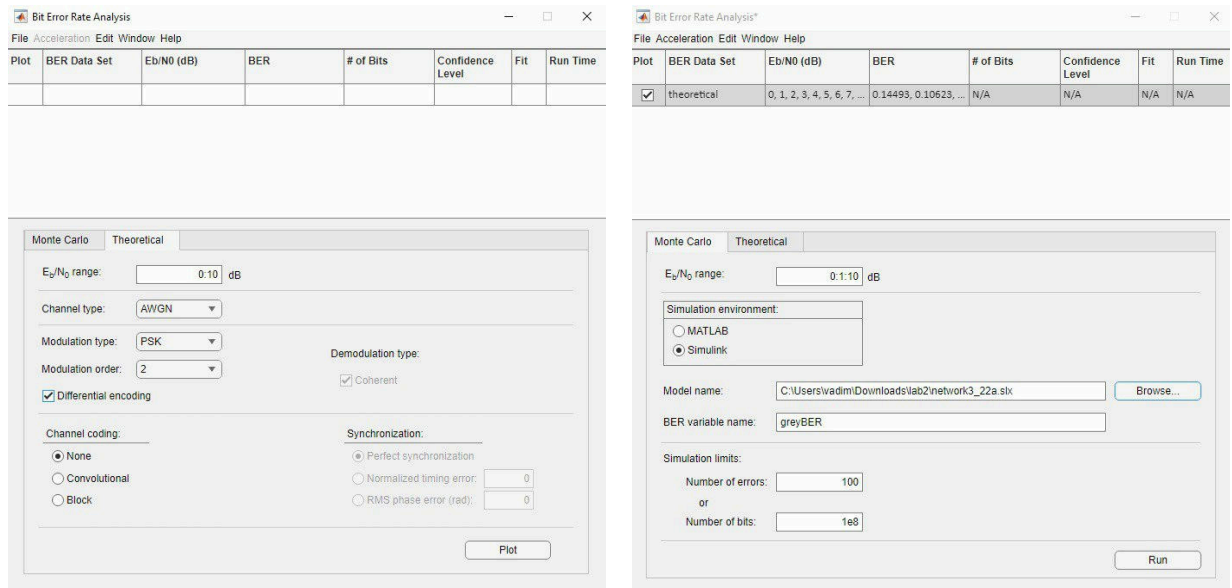
Рисунок 10: BER

Настройка:

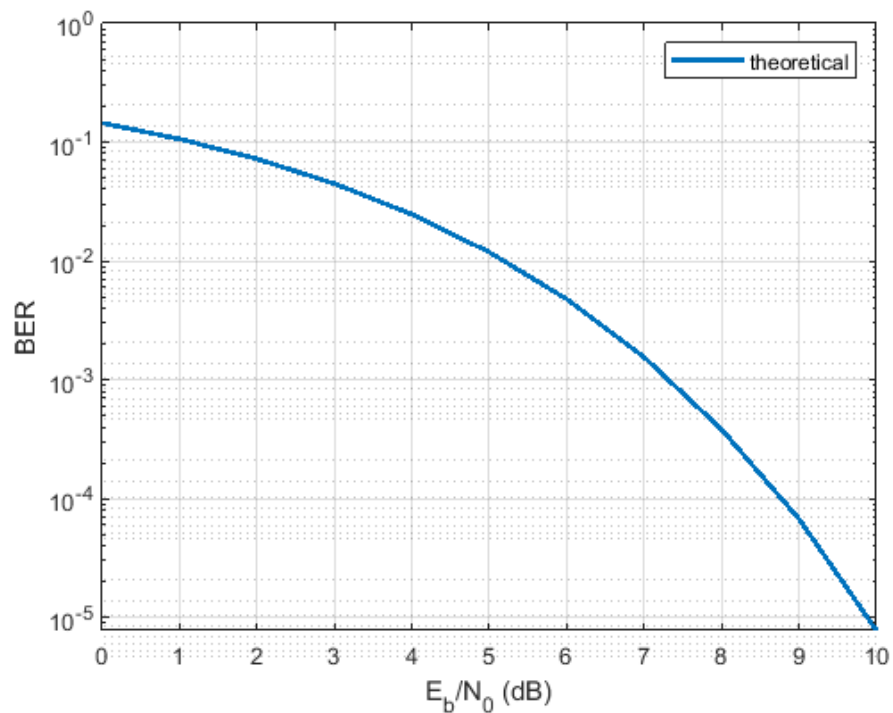


3.7 Оценка вероятности ошибки

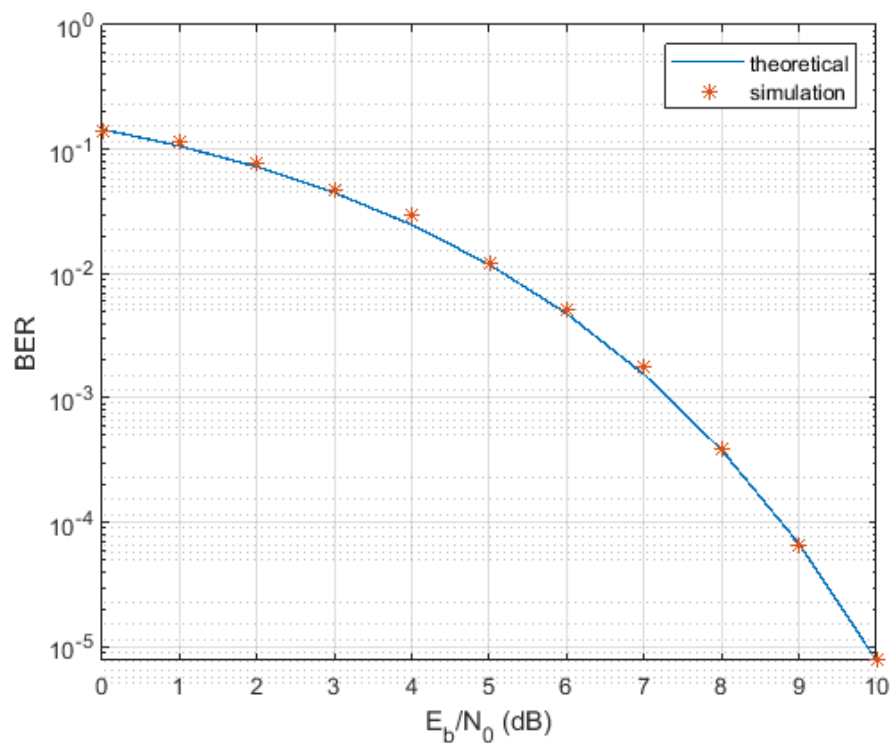
Для автоматизации эксперимента воспользуемся инструментом **bertool**, входящим в состав MATLAB.



Построим сначала теоретическую зависимость:



Нанесем практически полученные значения на наш график:



На графике отображена теоретическую зависимость вероятности ошибки от отношения сигнал/шум для метода относительной фазовой модуляции. Также на графике представили точки, являющиеся результатами моделирования, для сравнения теоретических значений с экспериментально полученными данными.

4 Вывод

В данной работе была разработана модель системы передачи данных в среде **MATLAB/Simulink**. Были построены, отображающие зависимость вероятности ошибки от отношения сигнал/шум, используя инструмент **bertool**. При анализе результатов обнаружили, что теоретические значения вероятности ошибки сходны с экспериментальными данными, полученными на основе построенной модели.