

Путин Павел Александрович, группа 7.1

Лабораторная работа № 2

### Вариант № 6

Моделирование и оценка эффективности систем передачи информации в среде MATLAB + Simulink

#### Цель работы

Практическое изучение технологий визуального программирования имитационных моделей систем с использованием подсистемы Simulink, освоение навыков проведения экспериментальных исследований с моделями систем передачи информации в интересах оценки их эффективности и влияния основных факторов.

#### Задание

Путем имитационного моделирования канала передачи информации с полезным пилообразным радиосигналом и амплитудной модуляцией (несущая частота – 250 Гц) в среде с мешающим аддитивным белым шумом, построить зависимость СКО передачи аналогового сообщения от мощности шума  $NP \in (0,025;0,1)$  и расстояния от источника до приемника  $R \in (2;5)$ .

#### Код программы (внесённые изменения в шаблон кода выделены)

```
% Оценка СКО (среднеквадратического отклонения) передачи
аналогого
% сообщения и его зависимости от мощности шума (NP) и расстояния
от
% источника до приёмника R.
% Исследуемые факторы влияния: расстояние от источника до
приемника – R;
% уровень (мощность) шума на входе приемника – NP.
clear all;

%% Статегическое планирование

% Задание интервала дискретизации по времени и количества
отсчетов на интервале моделирования [0, 10] с.
Ts = 0.001; % интервал дискретизации
Ns = 10000; % количество интервалов дискретизации

% Задание неварьируемых величин
mr = 1; % коэффициент различимости
Hz = 250; % несущая частота
Am = 1; % амплитуда полезного радиосигнала
```

```

% Задание факторов количества и диапазонов изменения факторов NP
и R
nf = 2; % количество факторов
minf = [0.025 2]; % минимумы уровня шума и расстояния между
передатчиком и приёмником
maxf = [0.1 5]; % максимумы уровня шума и расстояния между
передатчиком и приёмником

fracfact('a b ab' ); % дробный двухуровневый план эксперимента
для учета взаимодействий
N = 2 ^ nf; % количество экспериментов N
fracplan = ans;
fictfact = ones(N, 1); % план с фиктивной переменной
X = [fictfact ans]'; % матрица планирования

fraceks = zeros(N, nf); % матрица, содержащая реальные значения
факторов
for i = 1 : nf
    for j = 1 : N
        fraceks(j, i) = minf(i) + (fracplan(j, i) + 1) *
(maxf(i) - minf(i)) / 2;
    end
end

fraceks

%% Тактическое планирование эксперимента
d_sigma = 0.2; % доверительный интервал
alpha = 0.2; % уровень значимости
tkr_alpha = norminv(1 - alpha / 2); % t-критическое
NE = round(1 + 2 * tkr_alpha^2 / d_sigma^2) % требуемое число
испытаний

% цикл по совокупности экспериментов стратегического плана
for j = 1 : N
    NP = fraceks(j, 1)
    R = fraceks(j, 2)
    % цикл статистических испытаний с фиксированным объемом
    for k = 1 : NE
        % имитация функционирования системы
        to = round(rand * 100); % инициализация генератора шума
        s = sim('trenl', Ts * Ns); % Ts * Ns - время
        моделирования
    end
end

```

```

        d(k) = sum(abs(s.simout - s.simout1)); % количество
несовпадений
    end
    % оценка показателя (реакции) по выборке наблюдений
    Y(j) = std(d) ^ 2;
end

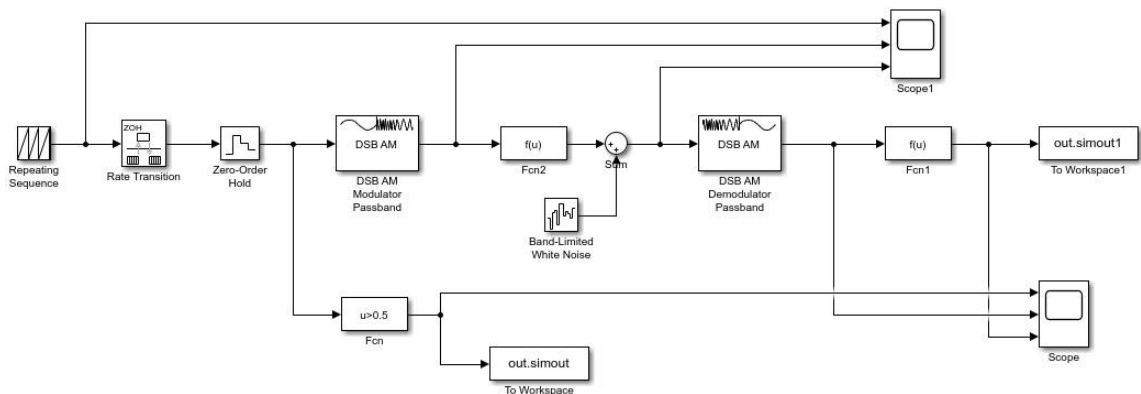
% определение коэффициентов регрессии
C = X * X';
b_ = inv(C) * X * Y'

% формирование зависимости реакции системы на множестве
% значений факторов
A = minf(1) : 0.001 : maxf(1);
B = minf(2) : 0.001 : maxf(2);
[k N1] = size(A);
[k N2] = size(B);
for i = 1 : N1
    for j = 1 : N2
        an(i) = 2 * (A(i) - minf(1)) / (maxf(1) - minf(1)) - 1;
        bn(j) = 2 * (B(j) - minf(2)) / (maxf(2) - minf(2)) - 1;
        % экспериментальная поверхность реакции
        Yc(j, i) = b_(1) + an(i) * b_(2) + bn(j) * b_(3) + an(i)
* bn(j) * b_(4);
    end
end

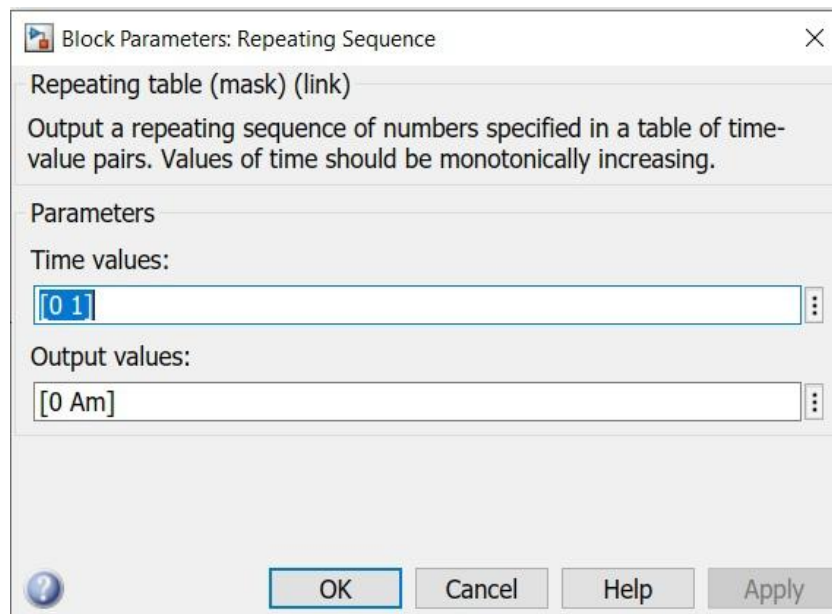
% отображение зависимостей в трехмерной графике
[x, y] = meshgrid(A, B);
figure;
plot3(x, y, Yc),
xlabel('NP'),
ylabel('R'),
zlabel('CKO'),
title('Зависимость CKO от NP и R'),
grid on;

```

## Схема системы в Simulink

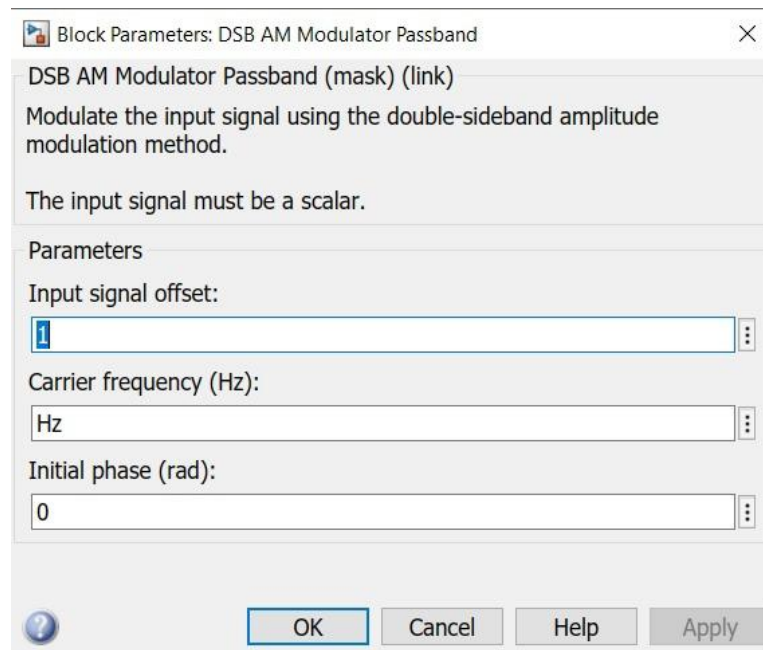


Блок Repeating Sequence определяет форму сгенерированного сигнала, в данном случае он формирует пилообразный сигнал, который растет от 0 до заданного параметра  $A_m$  за 1 секунду, а затем снова становится равен 0.

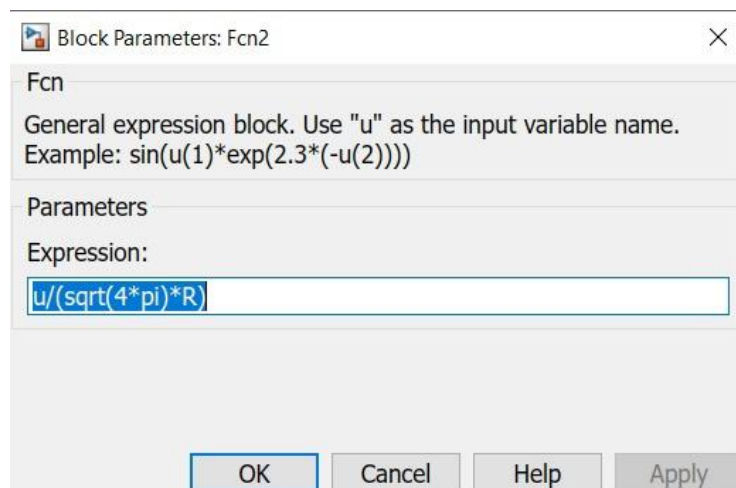


Блоки Rate Transition и Zero-Order Hold используются для преобразования аналогового сигнала в дискретный, с которым могут работать модулятор и демодулятор.

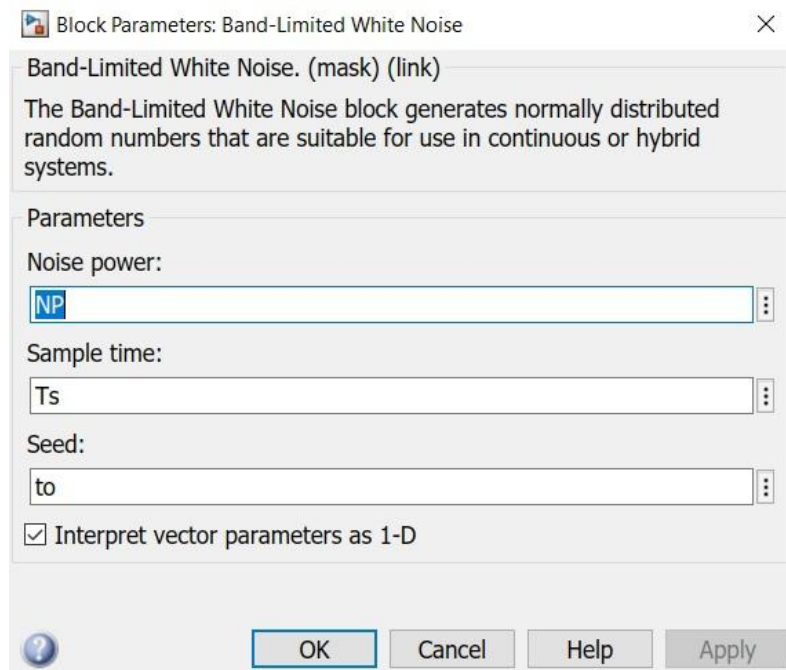
Блок DSB AM Modulator Passband реализует амплитудную модуляцию полученного сигнала для его дальнейшей передачи. Частота несущего сигнала определяется параметром Hz.



Блок Fcn2 реализует функцию, имитирующую затухание сигнала в процессе передачи, в зависимости от расстояния от источника до приемника.

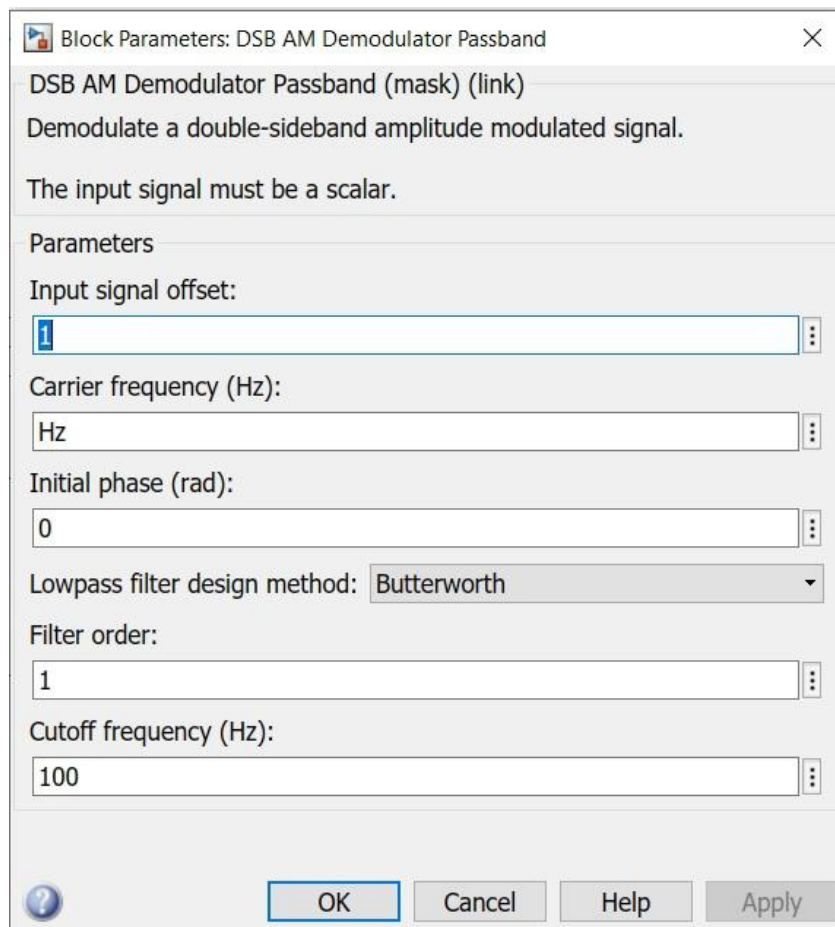


Блок Band-Limited White Noise генерирует мешающий белый шум с заданной мощностью.

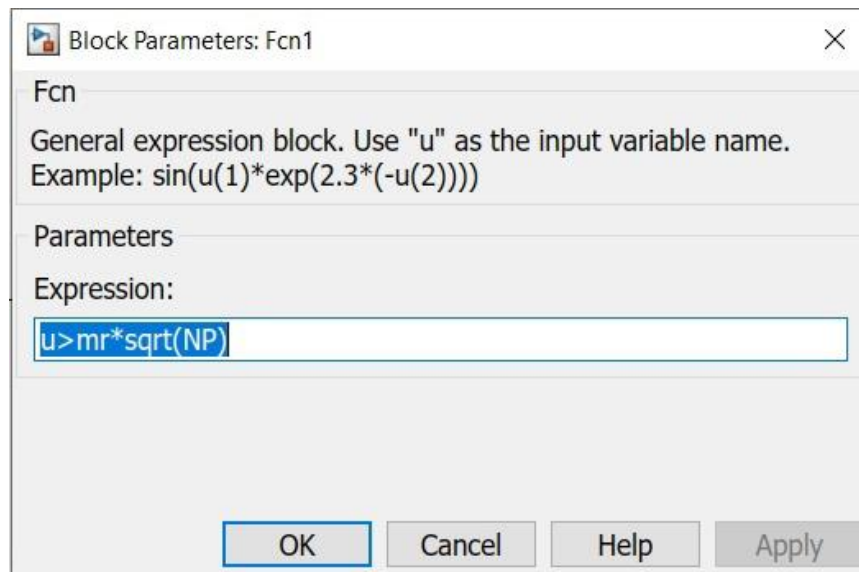


Блок Sum суммирует модулированный полезный сигнал с аддитивным мешающим шумом.

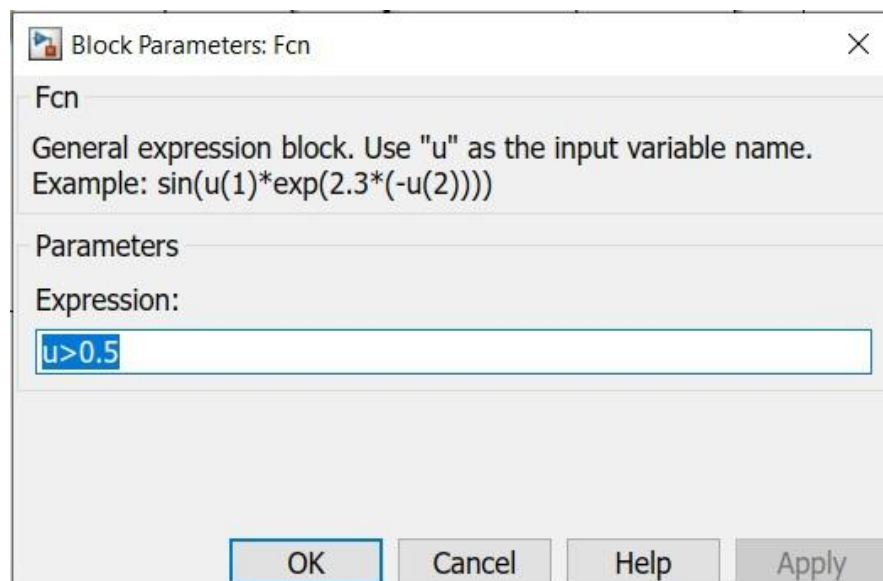
Блок DSB AM Demodulator Passband реализует фазовую демодуляцию полученного сигнала.



Блок Fcn1 имитирует работу порогового устройства с регулируемым порогом.



Блок Fcn реализует сравнение исходного передаваемого видеосигнала с фиксированным порогом, равным 0,5, и служит для контрольного подсчета числа излучаемых импульсов.



Блоки ToWorkspace и ToWorkspace1 используются для передачи данных испытания в управляющую программу.

Блоки Score и Score1 используются для визуализации процесса работы системы, они выдают осциллограммы сигнала в разные моменты работы.

### Результаты выполнения задания

Зависимость СКО передачи аналогового сообщения от мощности шума и расстояния от источника до приемника:

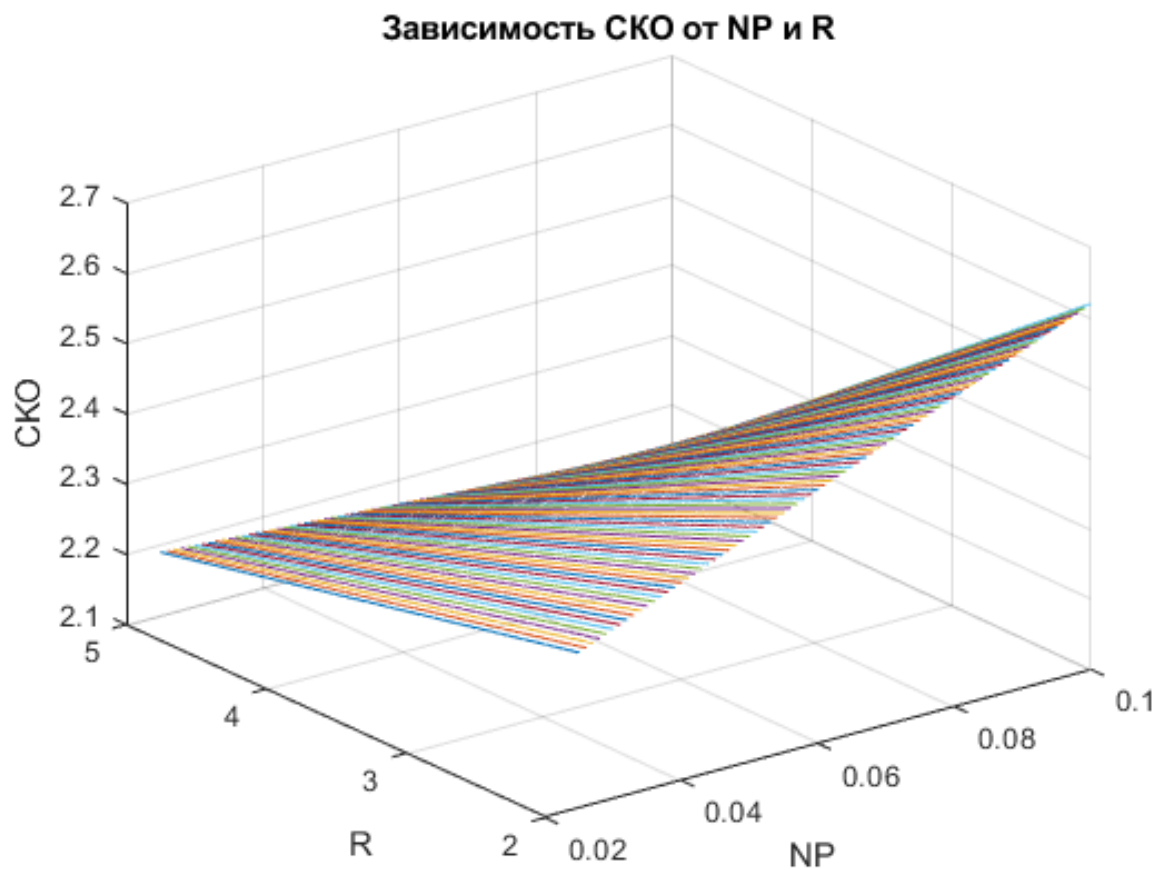


Рисунок 1

Осциллограммы сигнала после генерации, после модуляции и после сложения с мешающим шумом:



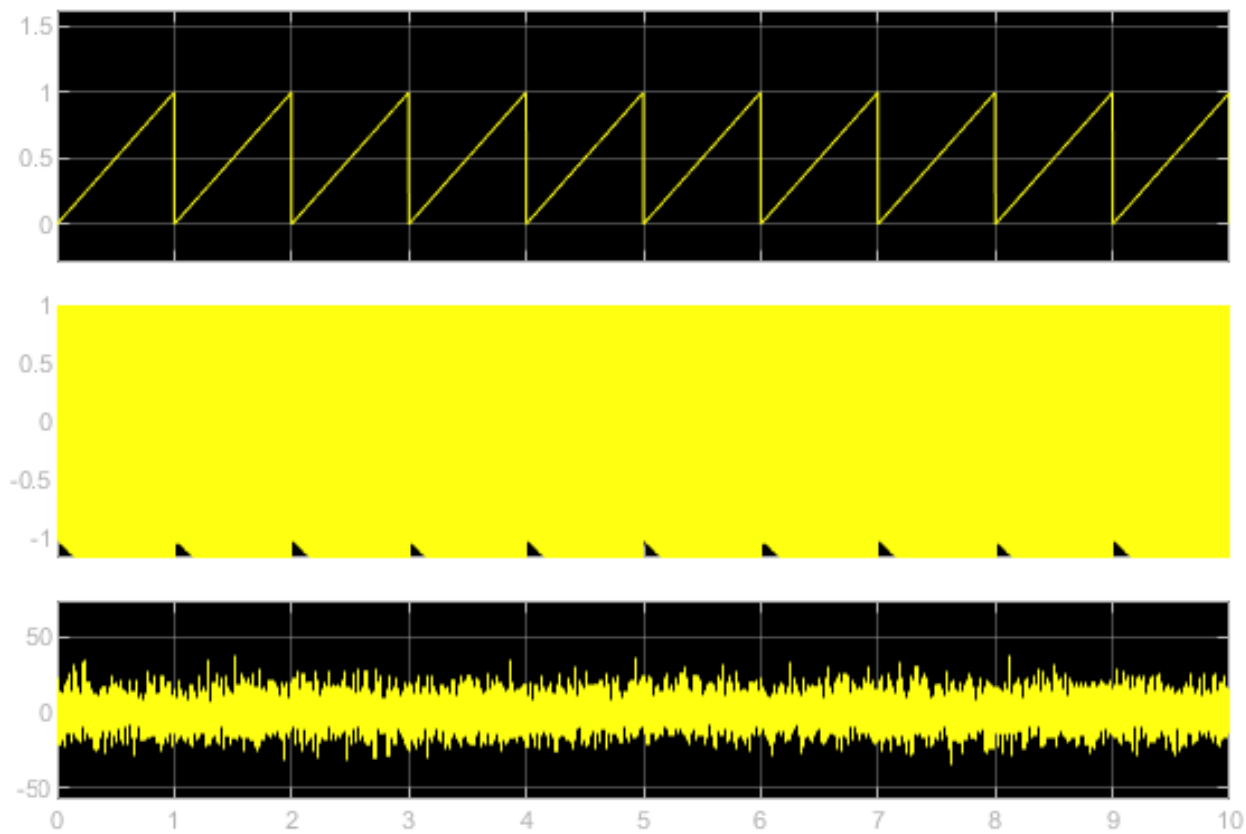


Рисунок 2

Осциллограммы сигнала после задержки, после демодуляции и после прохождения порогового устройства:

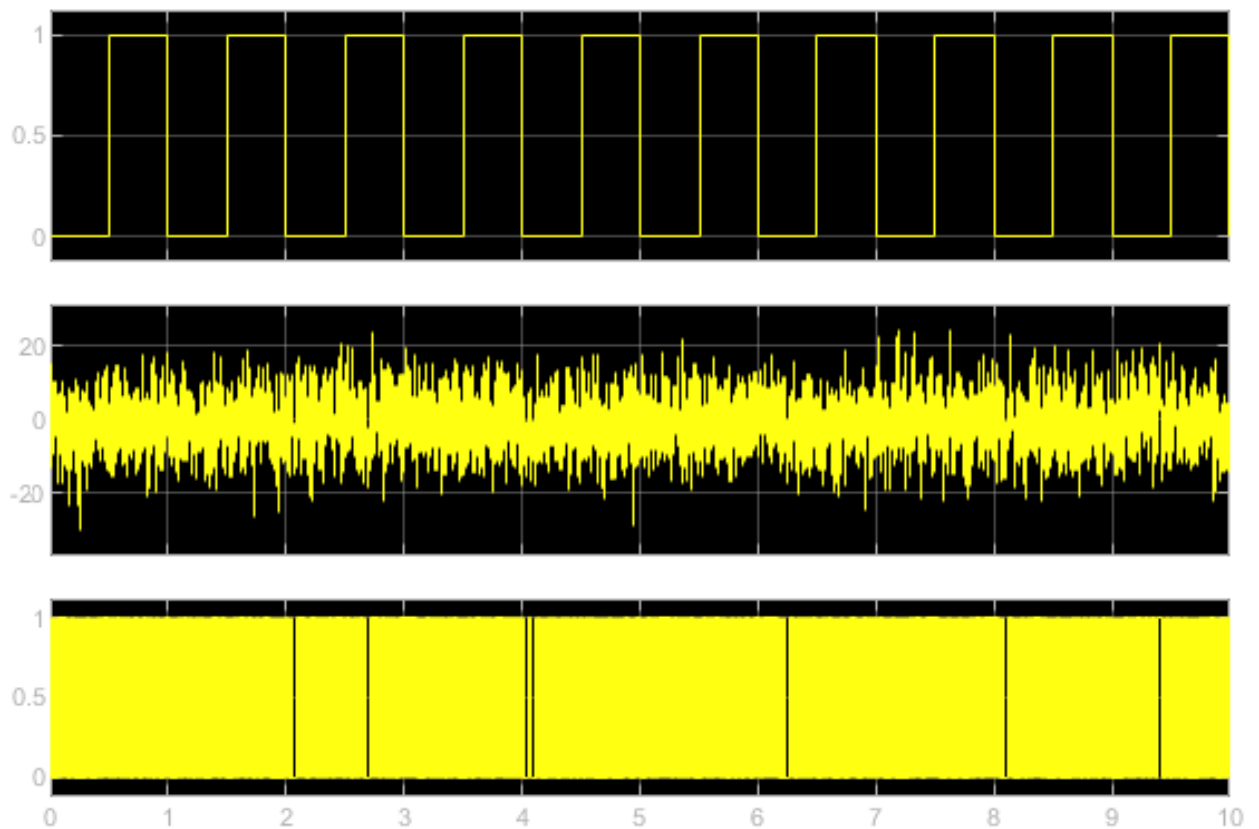


Рисунок 3

Как видно по рисунку, итоговый сигнал при максимальных значениях параметров сильно зашумлен.

### **Выводы**

Были изучены технологии визуального программирования имитационных моделей систем с использованием подсистемы Simulink, освоены навыки проведения экспериментальных исследований с моделями систем передачи информации в интересах оценки их эффективности и влияния основных факторов.