



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Компьютерные системы и сети»

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ «09.03.01 Информатика и вычислительная техника»

ОТЧЕТ
по лабораторной работе № 4

Название: «Простые и сложные сигналы.»

Дисциплина: «Основы теории цифровой обработки сигналов»

Вариант № 19

Студент ИУ6-62Б
(Группа)

Преподаватель

(Подпись, дата)

А.Е.Медведев
(И. О. Фамилия)

(Подпись, дата)

А.А.Сотников
(И. О. Фамилия)

2022 г.

1 Цель работы:

Приобретение практических навыков, освоение программных средств имитационного моделирования простых и сложных сигналов с различными характеристиками, применяемых в радиолокации, гидролокации и других отраслях науки и техники. Практическое изучение способов увеличения разрешающей способности измерения смещения сигналов по времени и частоте.

2 Ход работы

1. Смоделировать простейшие графики автокоррекции

Листинг 2.1 – Код программы для пункта 1

```
% плагин pulse waveform analyzer
% фкмб - фазо-кода манипулируемый сигнал кода Баркера
% нчм - непрерывная частотная модуляция
% лчм - линейно частотная модуляция
% Имитационное моделирование и графическая визуализация
% функции неопределенности простых и сложных сигналов
clear all; % Очистка памяти
close all; % Закрытие всех окон с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
fontSize=10; % Размер шрифта графиков
fontType=''; % Тип шрифта графиков
% Цвет графиков
tColor='b'; % Временная область
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Временная область
Color0='r'; % Эталонные сигналы
fColor=[1 0.4 0]; % Частотная область
eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Погрешности
eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Погрешности
tstep = 0.05; % Шаг по оси времени
fstep = 0.05; % Шаг по оси частоты
dT = 3; % Длительность импульса
N = 1.5;
tmin = -N * dT; % Диапазон значений по времени (мин)
tmax = N * dT; % Диапазон значений по времени (макс)
fmin = round(-4/dT)-1; % Диапазон значений по частоте (мин)
```

```

fmax = round(4/dT)+1; % Диапазон значений по частоте (макс)
t = tmin:tstep:tmax; % Значения по оси времени
f = fmin:fstep:fmax; % Значения по оси частоты
% Формирование значений двумерной автокорреляционной
% функции тонального импульса
eps = 0.000001;
i = 0;
for ti = tmin:tstep:tmax
    i = i + 1;
    j = 0;
    for fj = fmin:fstep:fmax
        j = j + 1;
        val1 = 1 - abs(ti) / dT;
        val2 = pi * dT * (1.0 - abs(ti) / dT) * fj;
        x(j,i) = abs( val1 * sin(val2+eps)/(val2+eps));
    end
end

% Формирование трехмерного графика
figure; mesh(t,f,x);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', fontSize); %
    Изменение шрифта
xlabel ('Время,\it nT_д\rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel ('Частота,\it f\rm, Гц'); % Надпись оси ординат
zlabel('АКФ,\it R(t,f)'); % Надпись оси аппликат
title({'\rm Двумерная автокорреляционная функция для
    ЛЧМ-импульса'}); % Заголовок
figure; contour(t,f,x,'Linewidth',1);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', fontSize); %
    Изменение шрифта
xlabel ('Время,\it nT_д\rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel ('Частота,\it f\rm, Гц'); % Надпись оси ординат
title({'\rm Проекция двумерной автокорреляционной функции для
    ЛЧМ-импульса'}); % Заголовок

```

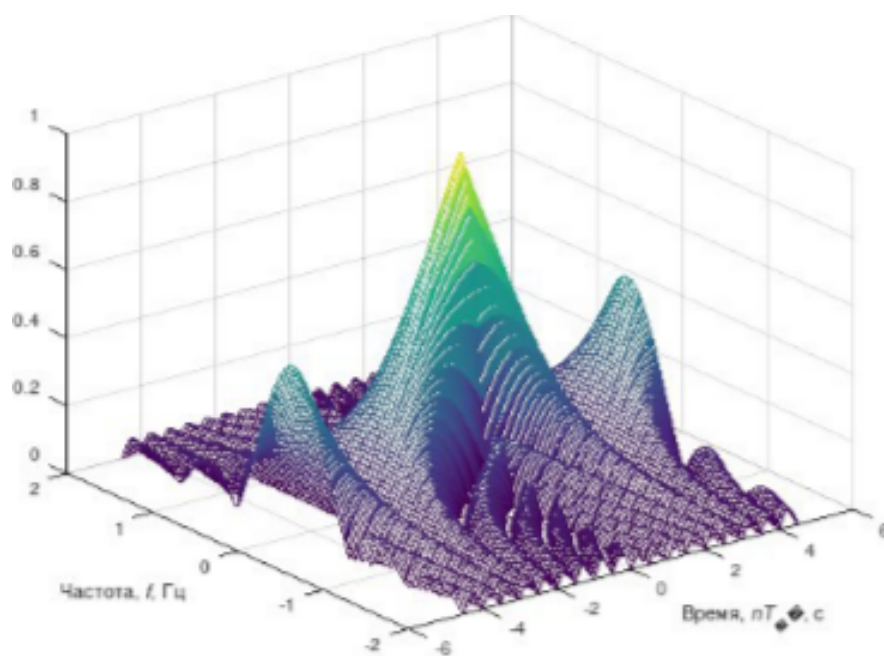


Рисунок 2.1 – График автокорреляции тонального импульса

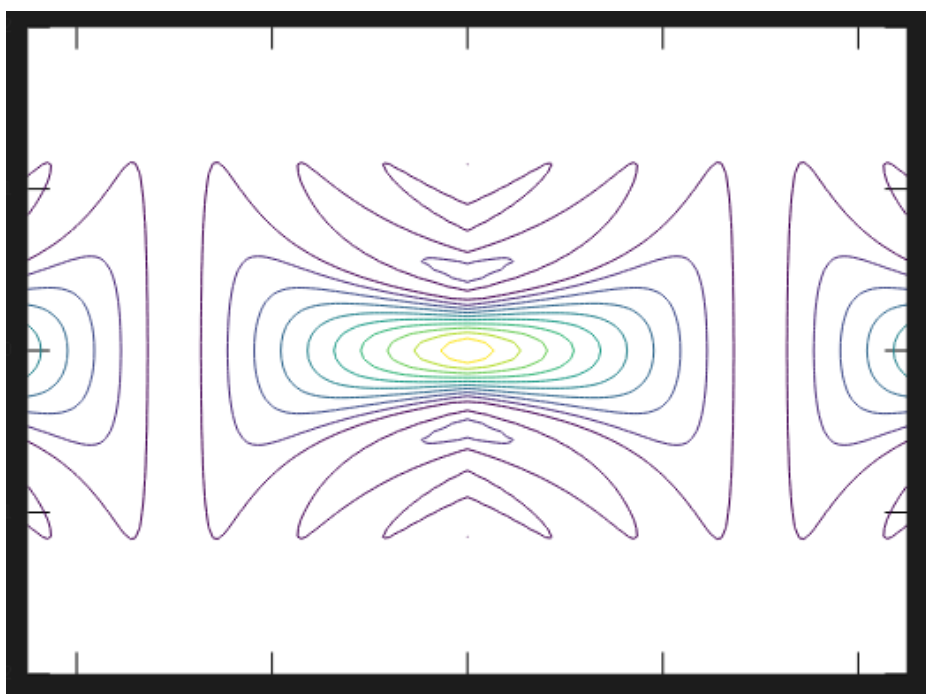


Рисунок 2.2 – Проекция графика автокорреляции

2. Смоделировать работу функции неопределённость тонального импульса

Листинг 2.2 – Код программы для пункта 2

```
% плагин pulse waveform analyzer
```

```

% фкмб - фазо-кода манипулируемый сигнал кода Баркера
% нчм - непрерывная частотная модуляция
% лчм - линейно частотная модуляция
% Имитационное моделирование и графическая визуализация
% функции неопределенности простых и сложных сигналов
clear all; % Очистка памяти
close all; % Закрытие всех окон с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
fontSize=10; % Размер шрифта графиков
fontType=''; % Тип шрифта графиков
% Цвет графиков
tColor='b'; % Временная область
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Временная область
Color0='r'; % Эталонные сигналы
fColor=[1 0.4 0]; % Частотная область
eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Погрешности
eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Погрешности
tstep = 0.05; % Шаг по оси времени
fstep = 0.05; % Шаг по оси частоты
dT = 3; % Длительность импульса
N = 1.5;
tmin = -N * dT; % Диапазон значений по времени (мин)
tmax = N * dT; % Диапазон значений по времени (макс)
fmin = round(-4/dT)-1; % Диапазон значений по частоте (мин)
fmax = round(4/dT)+1; % Диапазон значений по частоте (макс)
t = tmin:tstep:tmax; % Значения по оси времени
f = fmin:fstep:fmax; % Значения по оси частоты
% Формирование значений двумерной автокорреляционной
% функции тонального импульса
eps = 0.000001;
i = 0;
for ti = tmin:tstep:tmax
    i = i + 1;
    j = 0;
    for fj = fmin:fstep:fmax
        j = j + 1;
        val1 = 1 - abs(ti) / dT;
        val2 = pi * dT * (1.0 - abs(ti) / dT) * fj;
    end
end

```

```

        x(j,i) = abs( val1 * sin(val2+eps)/(val2+eps));
    end
end

% Моделирование функции неопределенности импульса с линейной
    частотной модуляцией
y = x.^2; % Формирование значений
% Формирование трехмерного графика
figure; mesh(t,f,y);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', fontSize); %
    Изменение шрифта
xlabel ('Время,\it nT_д\rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel ('Частота,\it f\rm, Гц'); % Надпись оси ординат
zlabel('АКФ,\it A(t,f)'); % Надпись оси аппликат
title({'\rm Функция неопределенности для ЛЧМ-импульса'});
    %Заголовок
% Формирование проекции
figure; contour(t,f,y,'Linewidth',1);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', fontSize); %
    Изменение
шрифта
xlabel ('Время,\it nT_д\rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel ('Частота,\it f\rm, Гц'); % Надпись оси ординат
title({'\rm Проекция функции неопределенности для
    ЛЧМ-импульса'}); % Заголовок

```

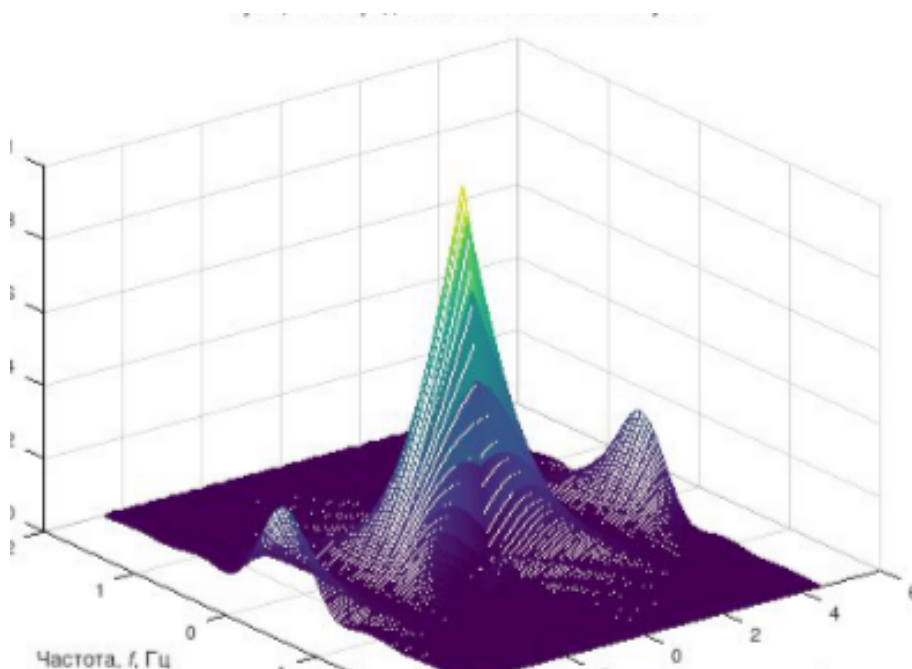


Рисунок 2.3 – График функции неопределенности тонального импульса

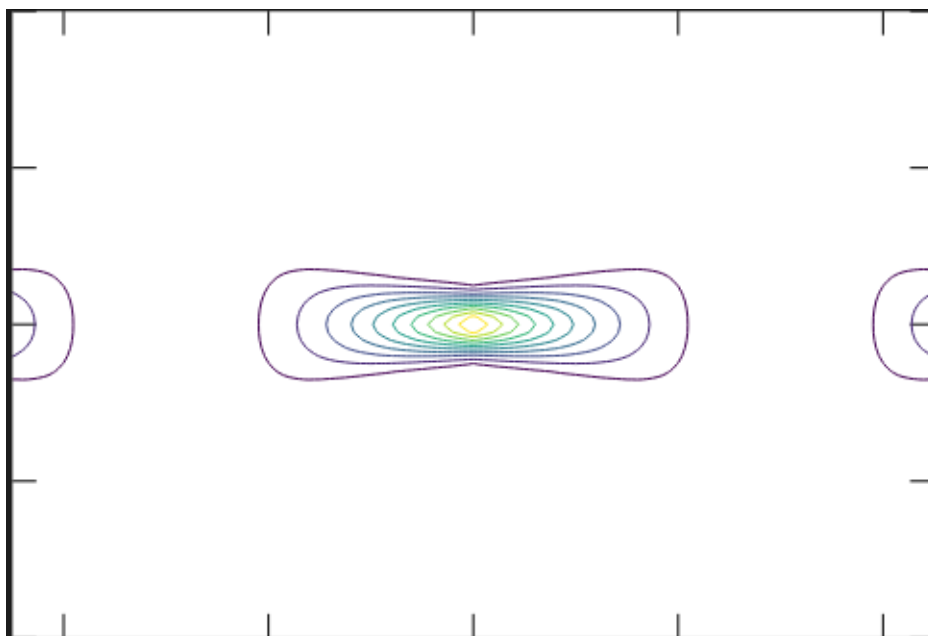


Рисунок 2.4 – Проекция графика функции неопределенности

3. Смоделировать автокоррекцию по времени и частоте

Листинг 2.3 – Код программы для пункта 3

```
% плагин pulse waveform analyzer
% фкмб - фазо-кода манипулируемый сигнал кода Баркера
% нчм - непрерывная частотная модуляция
```

```

% лчм - линейно частотная модуляция
% Имитационное моделирование и графическая визуализация
% функции неопределенности простых и сложных сигналов
clear all; % Очистка памяти
close all; % Закрытие всех окон с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
fontSize=10; % Размер шрифта графиков
fontType=''; % Тип шрифта графиков
% Цвет графиков
tColor='b'; % Временная область
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Временная область
Color0='r'; % Эталонные сигналы
fColor=[1 0.4 0]; % Частотная область
eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Погрешности
eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Погрешности
tstep = 0.05; % Шаг по оси времени
fstep = 0.05; % Шаг по оси частоты
dT = 3; % Длительность импульса
N = 1.5;
tmin = -N * dT; % Диапазон значений по времени (мин)
tmax = N * dT; % Диапазон значений по времени (макс)
fmin = round(-4/dT)-1; % Диапазон значений по частоте (мин)
fmax = round(4/dT)+1; % Диапазон значений по частоте (макс)
t = tmin:tstep:tmax; % Значения по оси времени
f = fmin:fstep:fmax; % Значения по оси частоты
% Формирование значений двумерной автокорреляционной
% функции тонального импульса
eps = 0.000001;
i = 0;
for ti = tmin:tstep:tmax
    i = i + 1;
    j = 0;
    for fj = fmin:fstep:fmax
        j = j + 1;
        val1 = 1 - abs(ti) / dT;
        val2 = pi * dT * (1.0 - abs(ti) / dT) * fj;
        x(j,i) = abs( val1 * sin(val2+eps)/(val2+eps));
    end
end

```


end

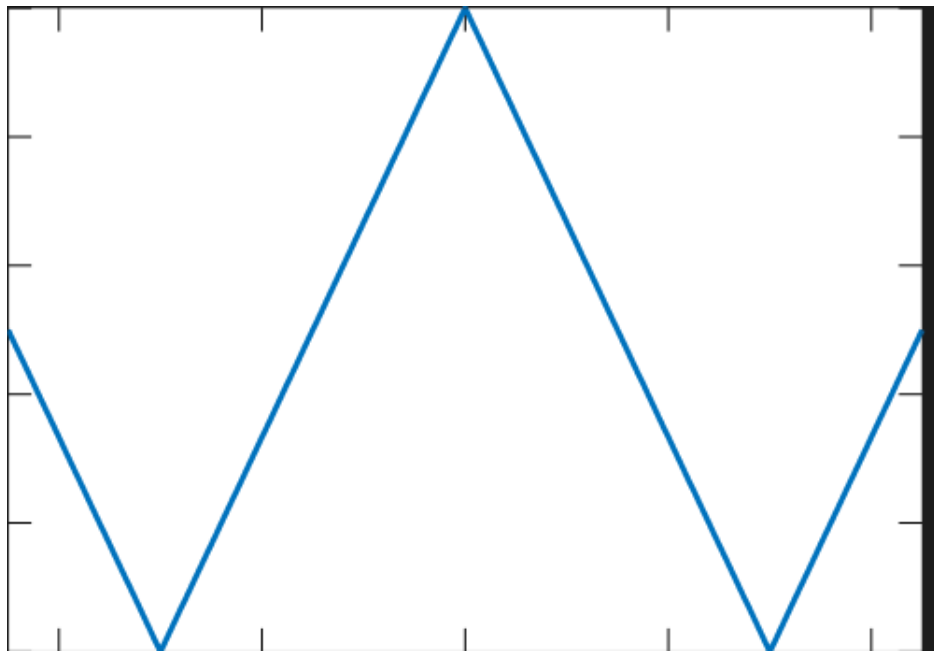


Рисунок 2.5 – График автокорреляционной функции по частоте

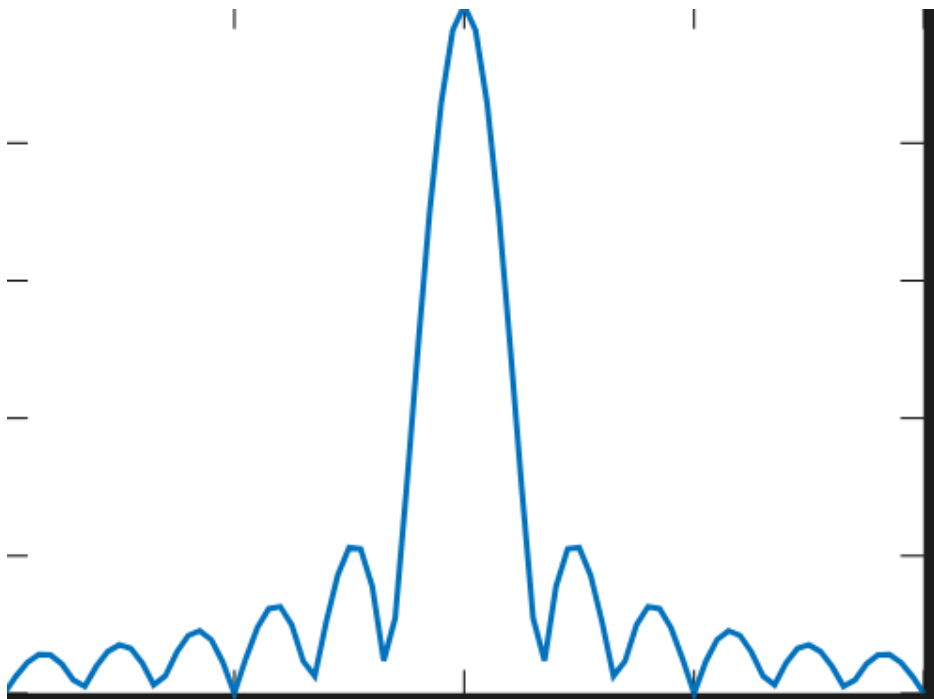


Рисунок 2.6 – График автокорреляционной функции по времени

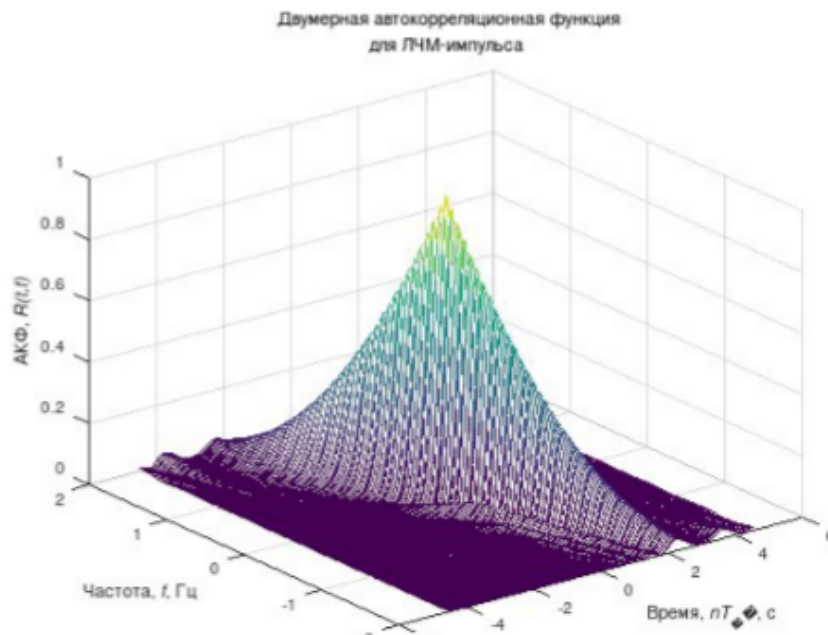


Рисунок 2.7 – График автокорреляционной функции для ЛЧМ-импульса

4. Смоделировать графики

Листинг 2.4 – Код программы для пункта 3

```
% плагин pulse waveform analyzer
% фкмб - фазо-кода манипулируемый сигнал кода Баркера
% нчм - непрерывная частотная модуляция
% лчм - линейно частотная модуляция
% Имитационное моделирование и графическая визуализация
% функции неопределенности простых и сложных сигналов
clear all; % Очистка памяти
close all; % Заккрытие всех окон с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
fontSize=10; % Размер шрифта графиков
fontType=''; % Тип шрифта графиков
% Цвет графиков
tColor='b'; % Временная область
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Временная область
Color0='r'; % Эталонные сигналы
fColor=[1 0.4 0]; % Частотная область
eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Погрешности
eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Погрешности
tstep = 0.05; % Шаг по оси времени
```

```

fstep = 0.05; % Шаг по оси частоты
dT = 3; % Длительность импульса
N = 1.5;
tmin = -N * dT; % Диапазон значений по времени (мин)
tmax = N * dT; % Диапазон значений по времени (макс)
fmin = round(-4/dT)-1; % Диапазон значений по частоте (мин)
fmax = round(4/dT)+1; % Диапазон значений по частоте (макс)
t = tmin:tstep:tmax; % Значения по оси времени
f = fmin:fstep:fmax; % Значения по оси частоты
% Формирование значений двумерной автокорреляционной
% функции тонального импульса
fDelta = 2; % Ширина спектра импульса
mu = (fDelta*fmax)/(2*dT); % Лине
eps = 0.000001;
i = 0;
for ti = tmin:tstep:tmax
    i = i + 1;
    j = 0;
    for fj = fmin:fstep:fmax
        j = j + 1;
        val1 = 1. - abs(ti) / dT;
        val2 = pi * dT * (1.0 - abs(ti) / dT);
        val3 = (fj + mu * ti);
        val = val2 * val3;
        x(j,i) = abs( val1 * (sin(val+eps)/(val+eps))) .^2;
    end
end
% Формирование трехмерного графика
figure; mesh(t,f,x);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', fontSize); %
    Изменение шрифта
xlabel ('Время,\it nT_д\rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel ('Частота,\it f\rm, Гц'); % Надпись оси ординат
zlabel('АКФ,\it R(t,f)'); % Надпись оси аппликат
title({'\rm Двумерная автокорреляционная функция';...
'для ЛЧМ-импульса'}); % Заголовок
figure; contour(t,f,x,'Linewidth',1);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', fontSize); %
    Изменение шрифта

```

```

xlabel ('Время, \it nT_д\rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel ('Частота, \it f\rm, Гц'); % Надпись оси ординат
title({'\rm Проекция двумерной автокорреляционной функции';...
'для ЛЧМ-импульса'}); % Заголовок

```

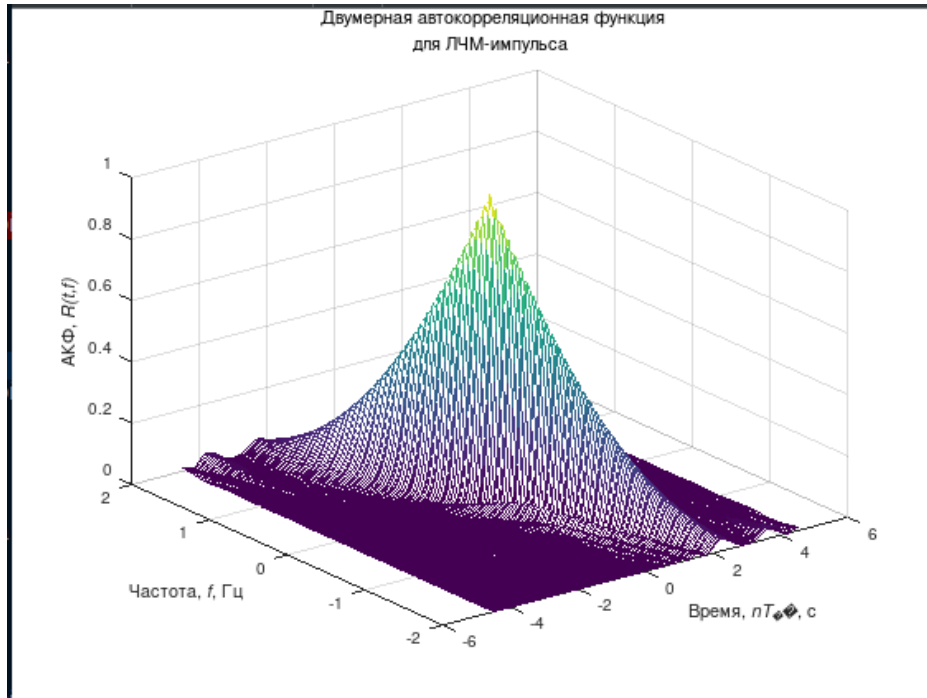


Рисунок 2.8 – График двумерной автокорреляционной функции для ЛЧМ-импульса

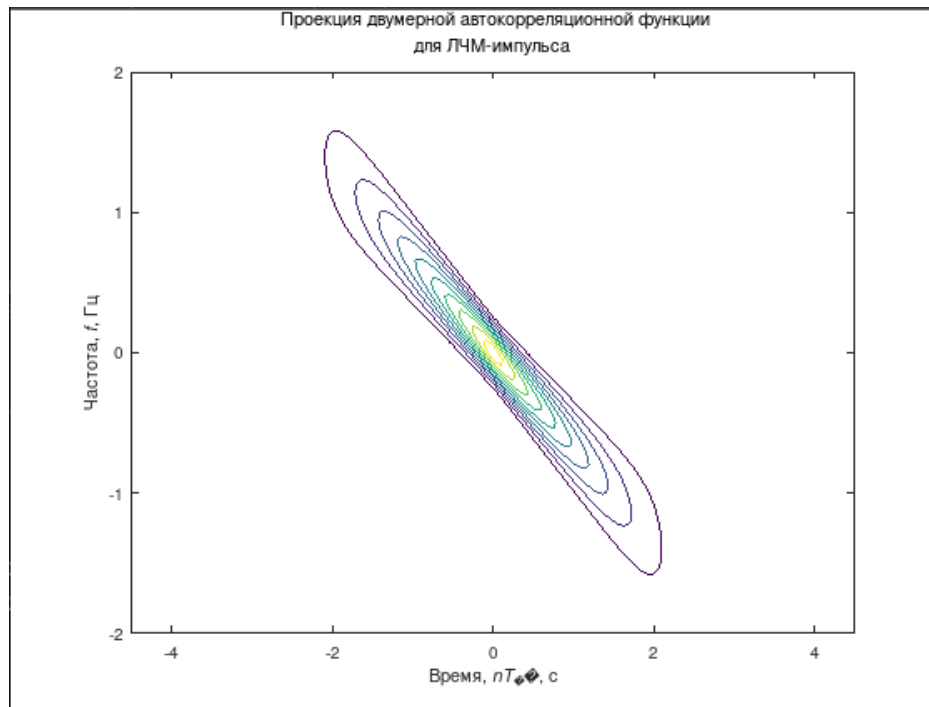


Рисунок 2.9 – Проекция двумерной автокорреляционной функции для ЛЧМ-импульса

5. Смоделировать работы функции неопределённости для ЛЧМ и её автокорреляционной функции.

Листинг 2.5 – Код программы для пункта 3

```
% плагин pulse waveform analyzer
% фкмб - фазо-кода манипулируемый сигнал кода Баркера
% нчм - непрерывная частотная модуляция
% лчм - линейно частотная модуляция
% Имитационное моделирование и графическая визуализация
% функции неопределенности простых и сложных сигналов
clear all; % Очистка памяти
close all; % Закрытие всех окон с графиками
clc; % Очистка окна команд и сообщений
fontSize=10; % Размер шрифта графиков
fontType=''; % Тип шрифта графиков
% Цвет графиков
tColor='b'; % Временная область
tColorLight=[0.3 0.7 0.9]; % Временная область
Color0='r'; % Эталонные сигналы
fColor=[1 0.4 0]; % Частотная область
```

```

eColor=[0.85 0.325 0.098]; % Погрешности
eColorLight=[0.9 0.9 0.4]; % Погрешности
eColorDark=[0.635 0.078 0.184]; % Погрешности
tstep = 0.05; % Шаг по оси времени
fstep = 0.05; % Шаг по оси частоты
dT = 3; % Длительность импульса
N = 1.5;
tmin = -N * dT; % Диапазон значений по времени (мин)
tmax = N * dT; % Диапазон значений по времени (макс)
fmin = round(-4/dT)-1; % Диапазон значений по частоте (мин)
fmax = round(4/dT)+1; % Диапазон значений по частоте (макс)
t = tmin:tstep:tmax; % Значения по оси времени
f = fmin:fstep:fmax; % Значения по оси частоты
% Формирование значений двумерной автокорреляционной
% функции тонального импульса
% функции тонального импульса
fDelta = 2; % Ширина спектра импульса
mu = (fDelta*fmax)/(2*dT); % Лине
eps = 0.000001;
i = 0;
for ti = tmin:tstep:tmax
    i = i + 1;
    j = 0;
    for fj = fmin:fstep:fmax
        j = j + 1;
        val1 = 1. - abs(ti) / dT;
        val2 = pi * dT * (1.0 - abs(ti) / dT);
        val3 = (fj + mu * ti);
        val = val2 * val3;
        x(j,i) = abs( val1 * (sin(val+eps)/(val+eps)))^2;
    end
end

% Моделирование функции неопределенности импульса с линейной
% частотной модуляцией
y = x.^2; % Формирование значений
% Формирование трехмерного графика
figure; mesh(t,f,y);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', fontSize); %

```

```

    Изменение шрифта
xlabel ('Время,\it nT_д\rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel ('Частота,\it f\rm, Гц'); % Надпись оси ординат
zlabel('АКФ,\it A(t,f)'); % Надпись оси аппликат
title({'\rm Функция неопределенности для ЛЧМ-импульса'}); %
    Заголовок

% Формирование проекции
figure; contour(t,f,y,'Linewidth',1);
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', fontSize); %
    Изменение шрифта
xlabel ('Время,\it nT_д\rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel ('Частота,\it f\rm, Гц'); % Надпись оси ординат
title({'\rm Проекция функции неопределенности';...
'для ЛЧМ-импульса'}); % Заголовок
% Формирование автокорреляционной функции по частоте для
    ЛЧМ-импульса
xf=x((fmax-fmin)/(2*fstep)+1,:); % Формирование значений
% Формирование графика
figure; plot(t,xf,'Linewidth',3);
axis([tmin tmax 0 1]); % Диапазон значений осей
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', fontSize); %
    Изменение шрифта
xlabel ('Частота,\it f\rm, Гц'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('АКФ,\it R(t=0,f)\rm'); % Надпись оси ординат
title({'\rm Автокорреляционная функция по частоте';...
'для ЛЧМ-импульса'}); % Заголовок
% Формирование автокорреляционной функции по времени для
    ЛЧМ-импульса
xt=x(:,(tmax-tmin)/(2*tstep)+1); % Формирование значений
% Формирование графика
figure; plot(f,xt,'Linewidth',3);
axis([fmin fmax 0 1]); % Диапазон значений осей
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', fontSize); %
    Изменение шрифта
xlabel ('Время,\it nT_д\rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('АКФ,\it R(t,f=0)'); % Надпись оси ординат
title({'\rm Автокорреляционная функция по времени';...
'для ЛЧМ-импульса'}); % Заголовок

```

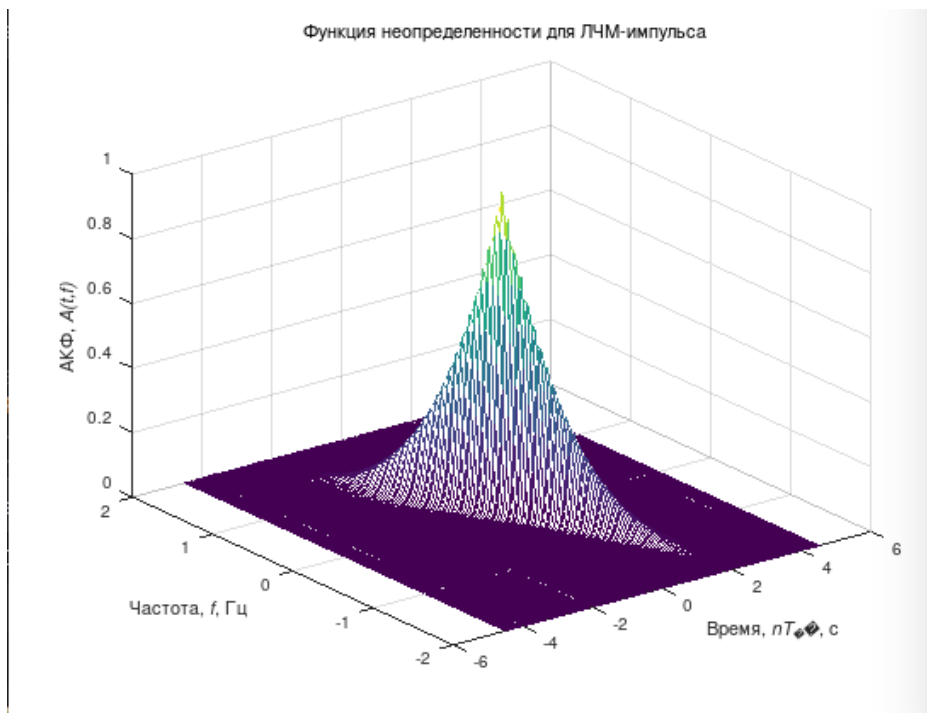


Рисунок 2.10 – График функции неопределенности для ЛЧМ-импульса

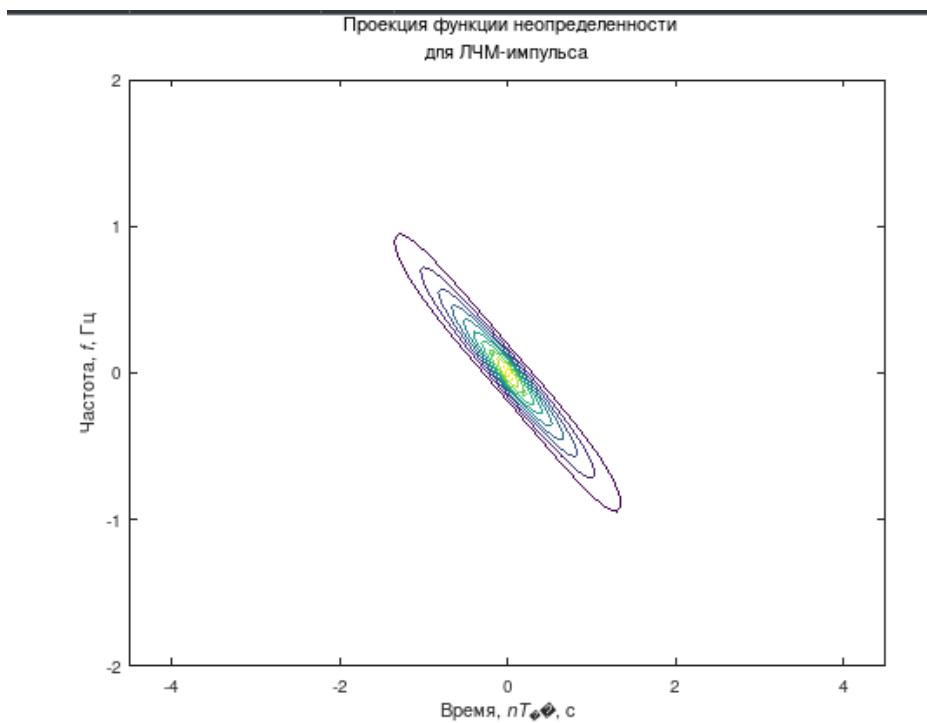


Рисунок 2.11 – Проекция функции неопределенности для ЛЧМ-импульса

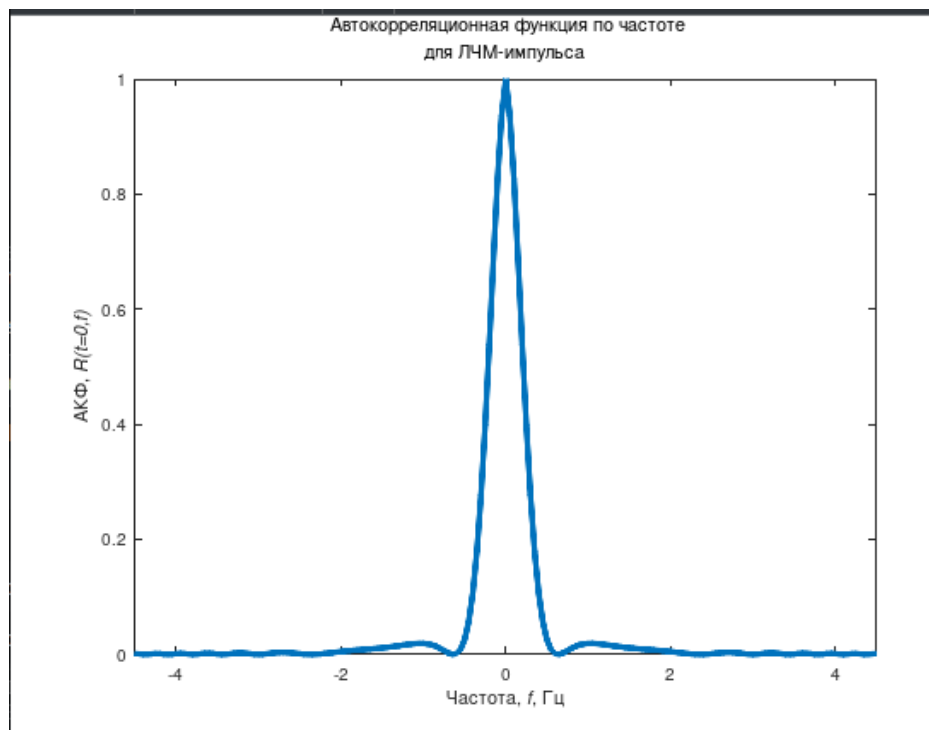


Рисунок 2.12 – График автокорреляционной функции по частоте для ЛЧМ-импульса

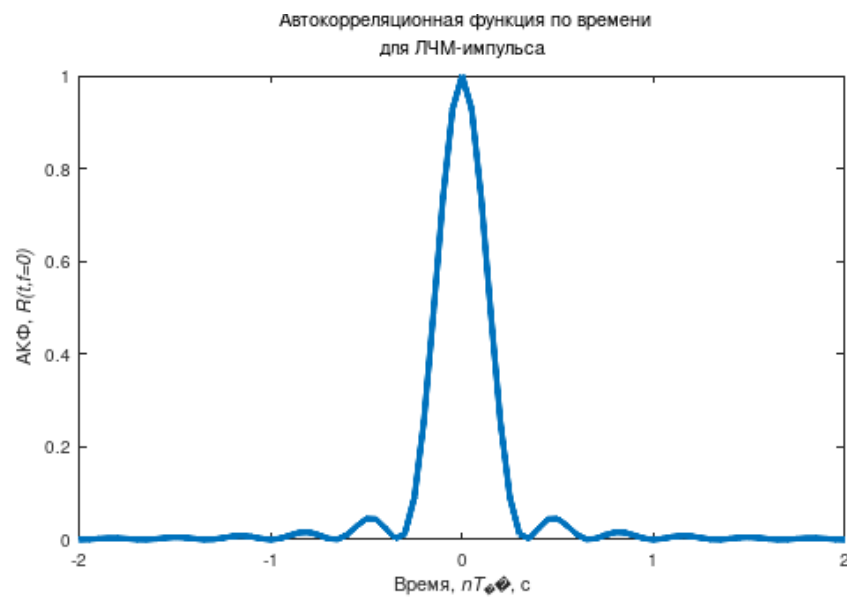


Рисунок 2.13 – График автокорреляционной функции по времени для ЛЧМ-импульса

3 Вывод:

В ходе лабораторной работы были изучены способы моделирования простых и сложных сигналов, функции автокоррекции и способы увеличения разрешающей способности.