



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 (ИУ6)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

**О Т Ч Е Т**

по лабораторной работе № 4

**Название:** Простые и сложные сигналы в локации. База сигнала. Функция неопределенности.

**Дисциплина:** Основы теории цифровой обработки сигналов.

Студент

ИУ6-62Б

(Группа)

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

С.В. Астахов

(И.О. Фамилия)

Преподаватель

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

Москва, 2022

## 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.

## Ход работы.

Код программы, моделирующей и обрабатывающей заданный сигнал приведен в листинге 1.

### Листинг 1 – программа моделирования сигнала

```
% 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 тонального импульса'}); % Заголовок

% Формирование проекции
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 тонального импульса'}); % Заголовок

% 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('Функция неопределенности,\it A(t,f)'); % Надпись оси
аппликат
title({'\rm Функция неопределенности тонального 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';...
'тонального импульса'}); % Заголовок

% Формирование автокорреляционной функции по частоте для
тонального
% импульса
xf=x((fmax-fmin)/(2*fstep)+1,:); % Формирование значений
% Формирование графика
figure; plot(t,xf,'Linewidth',3);
axis([fmin fmax 0 1]); % Диапазон значений осей
set(get(gcf, 'CurrentAxes'), 'FontSize', fontSize); % Изменение
шрифта
title({'\rm Автокорреляционная функция по частоте';...
'тонального импульса'}); % Заголовок
xlabel ('Частота,\it f\rm, Гц'); % Надпись оси абсцисс

```

```

ylabel('АКФ,\it R(t=0,f)\rm'); % Надпись оси ординат

% Формирование автокорреляционной функции по времени для
тонального
% 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
title({'\rm Автокорреляционная функция по времени'; 'тонального
импульса'}); % Заголовок
xlabel ('Время,\it nT_д\rm, с'); % Надпись оси абсцисс
ylabel('АКФ,\it R(t,f=0)\rm'); % Надпись оси ординат

% Формирование двумерной автокорреляционной функции ЛЧМ-импульса
fDelta = 2; % Ширина спектра импульса
mu = (fDelta*fmax)/(2*dT); % Линейный коэффициент девиации
частоты

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

% 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

```

```

xlabel('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)\rm'); % Надпись оси ординат
title({'\rm Автокорреляционная функция по времени';...
'для ЛЧМ-импульса'}); % Заголовок

```

Результаты моделирования приведены на рисунках 1-12.

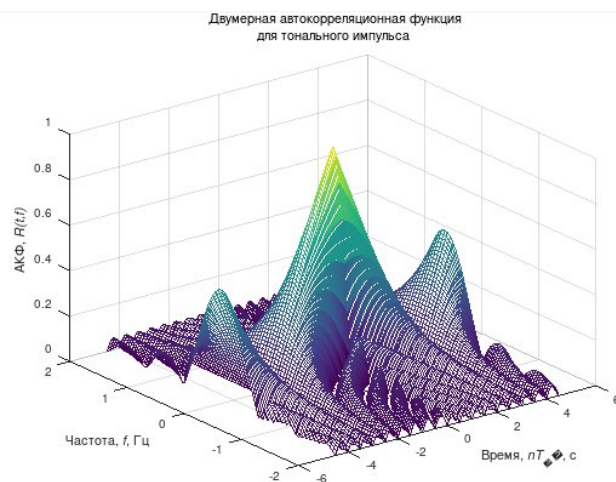


Рисунок 1 – автокорреляция тонального импульса

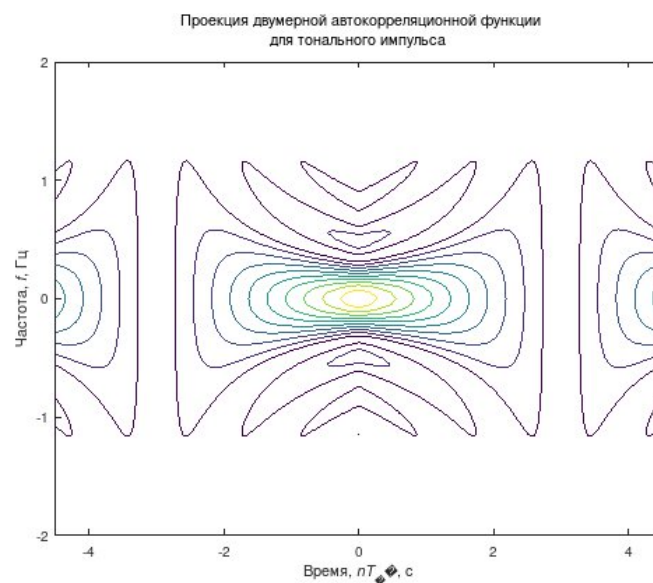


Рисунок 2 – проекция графика автокорреляции

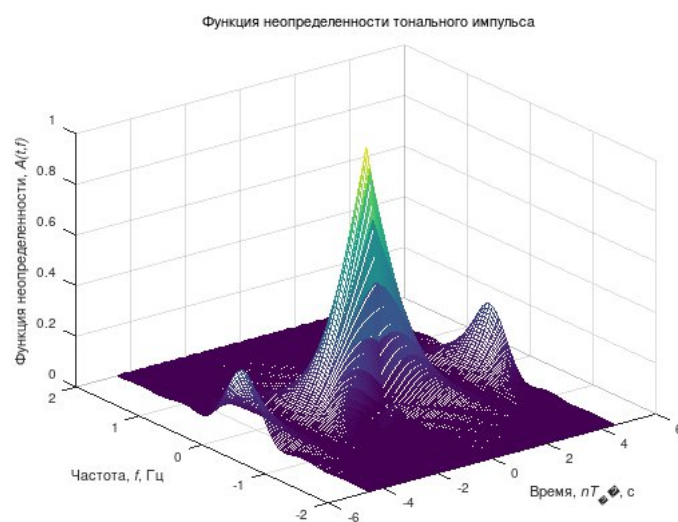


Рисунок 3 – функция неопределенности тонального импульса

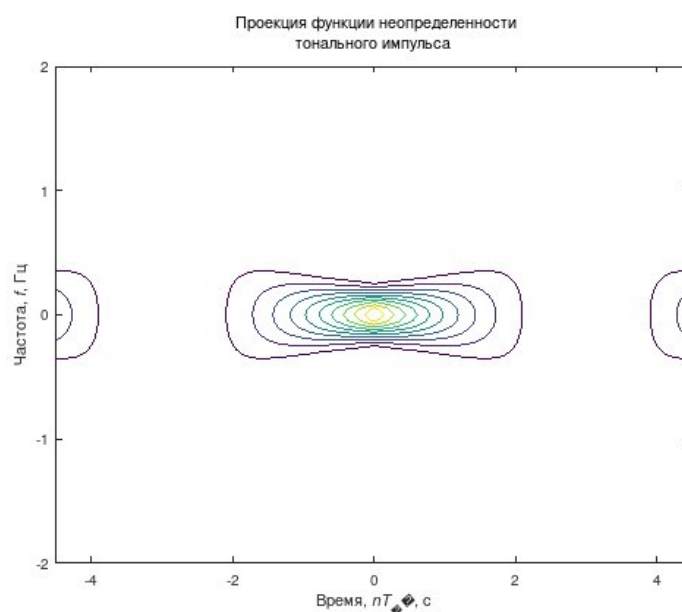


Рисунок 4 – проекция графика функции неопределенности

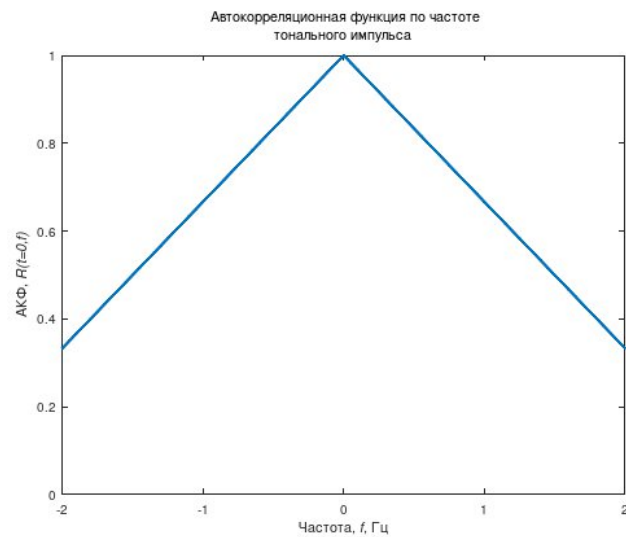


Рисунок 5 – автокорреляционная функция по частоте

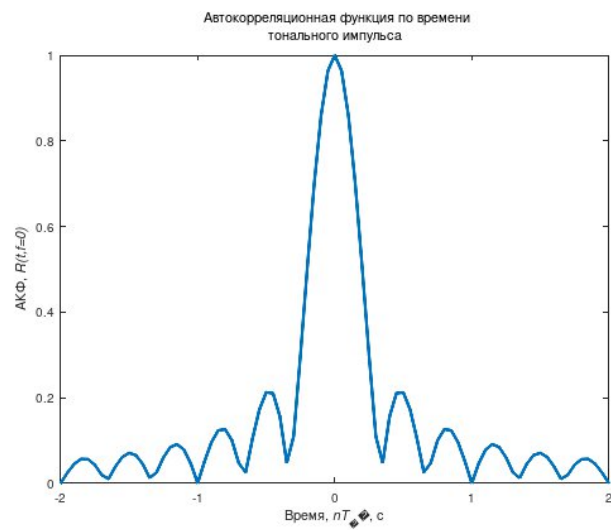


Рисунок 6 – автокорреляционная функция по времени

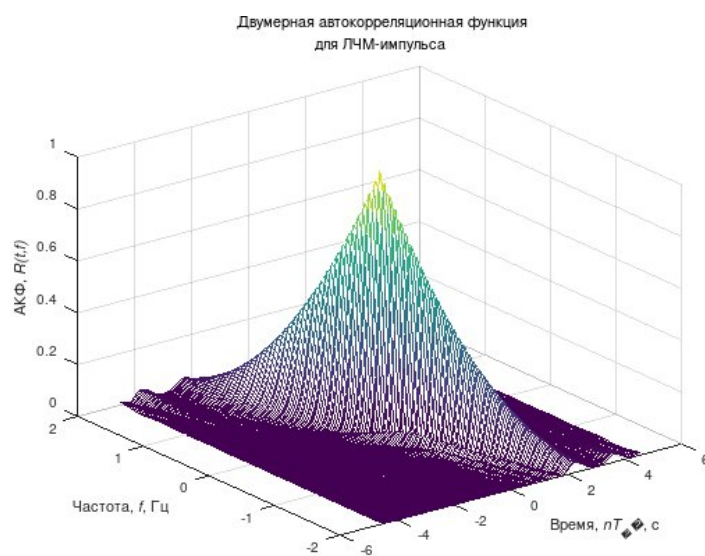


Рисунок 7 – автокорреляционная функция для ЛЧМ-импульса

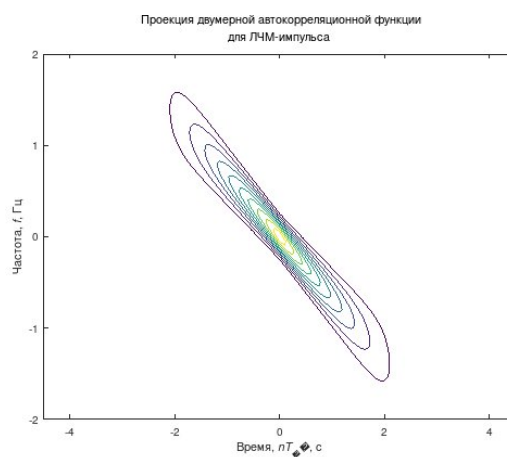


Рисунок 8 – проекция графика автокорреляционной функции

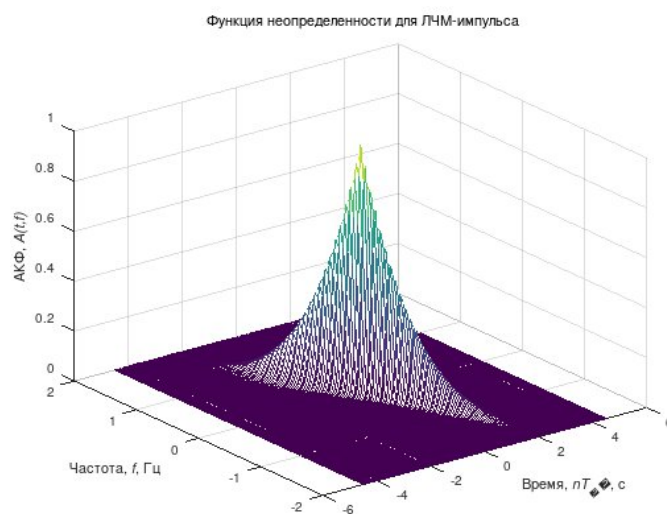


Рисунок 9 – функция неопределенности для ЛЧМ-импульса

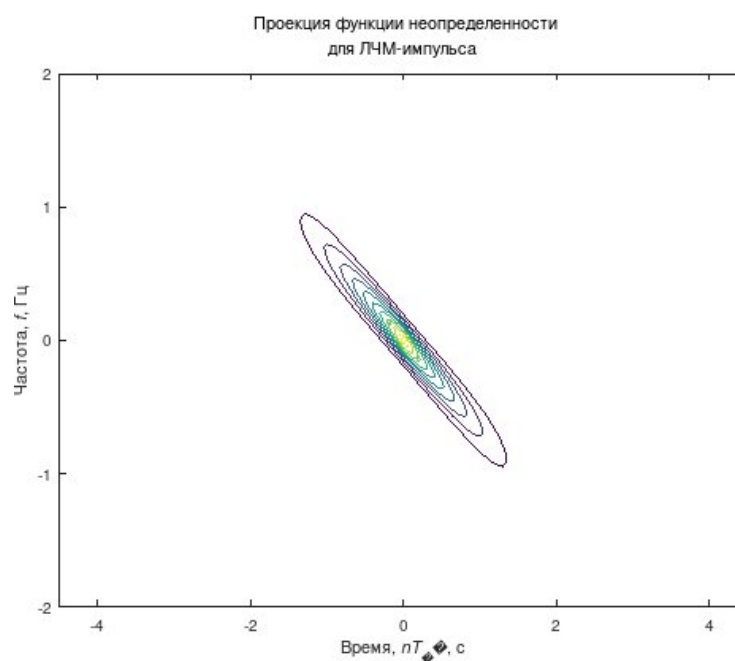


Рисунок 10 – проекция функции неопределенности для ЛЧМ-импульса



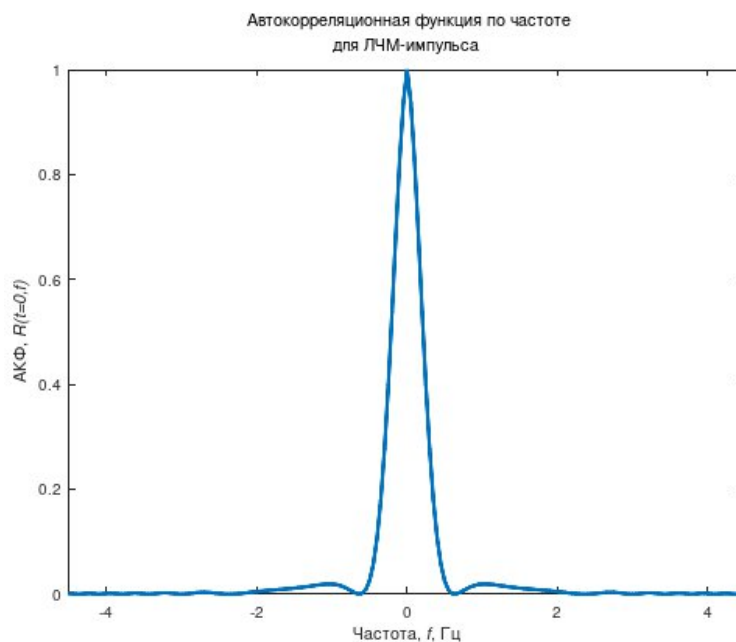


Рисунок 11 – автокорреляционная функция по частоте

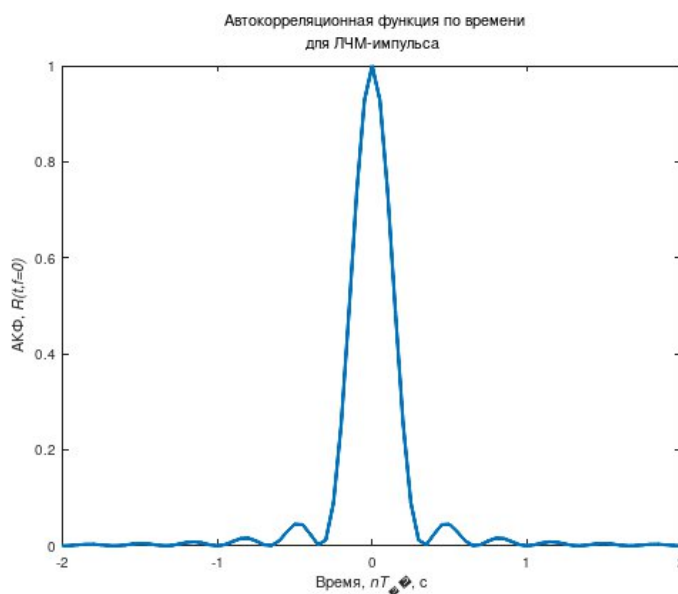


Рисунок 12 – автокорреляционная функция по времени

**Вывод:** в результате выполнения данной лабораторной работы были приобретены практические навыки, освоены программные средства имитационного моделирования простых и сложных сигналов с различными характеристиками, применяемых в радиолокации, гидролокации и других отраслях науки и техники. Изучены способы увеличения разрешающей способности измерения смещения сигналов по времени и частоте.