**Национальный исследовательский университет**

**«МЭИ»**

**Институт радиотехники и электроники**

**Кафедра радиотехнических систем**

**Методы оптимального приема сигналов в аппаратуре потребителей СРНС**

Контрольная работа №3

ФИО студента: Жеребин В.Р.\_

Группа: ЭР-15-15\_\_\_\_

Вариант №:\_\_\_\_\_\_\_3\_\_\_\_\_\_\_

Дата:\_\_\_31.10.2019\_\_\_

Подпись: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ФИО преподавателя: Шатилов А.Ю.

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Москва, 2019 г.**

**Дано**

Флуктуационная характеристика частотного дискриминатора:

– период дискретизации;

– ширина спектра флуктуаций радиального ускорения;

– отношение мощности сигнала к спектральной плотности шума на входе приемника; – несущая частота;

**Задание**

1. Найти аналитически и построить на графиках зависимости СКО фильтрации частоты и оптимальной полосы ЧАП от отношения с/ш:

Находим спектральную плотность мощности (СПМ) формирующего шума:

– среднеквадратическое ускорение

– скорость света в свободном пространстве

Аналитическое выражение для определения дисперсии:

Из этого выражение получаем зависимость СКО фильтрации от отношения с/ш:

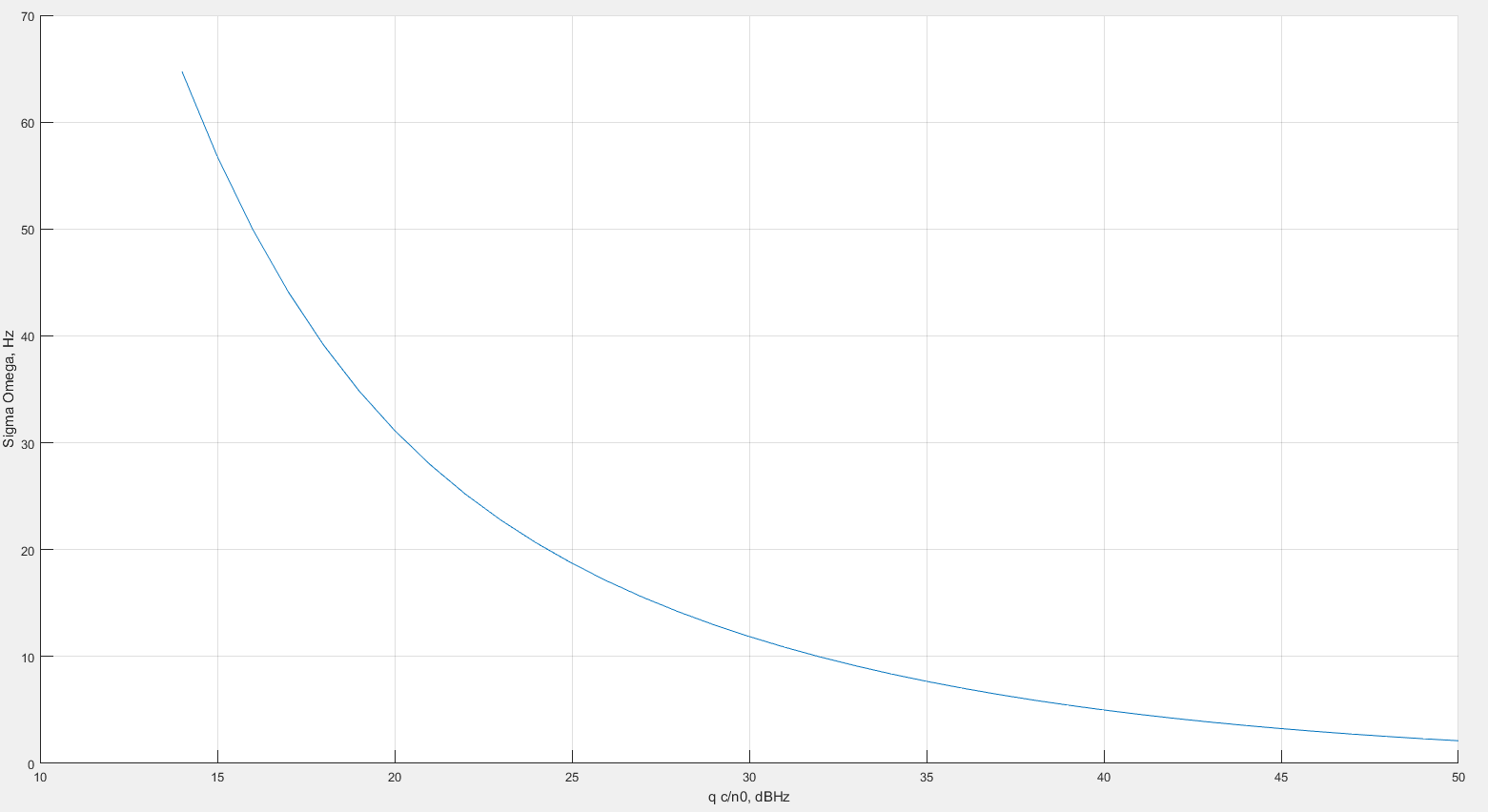


Рис.1. Зависимость СКО фильтрации от отношения с/ш

Среднеквадратичная ошибка фильтрации уменьшается, при увеличении отношения с/ш.

Общая формула нахождения полосы ЧАП:

Коэффициенты передачи фильтра:

Аналитическое решение:

Где – интеграл второго порядка с коэффициентами:

Итоговой аналитическое решение для оптимальной полосы ЧАП:

Коэффициенты фильтра зависят от отношения с/ш

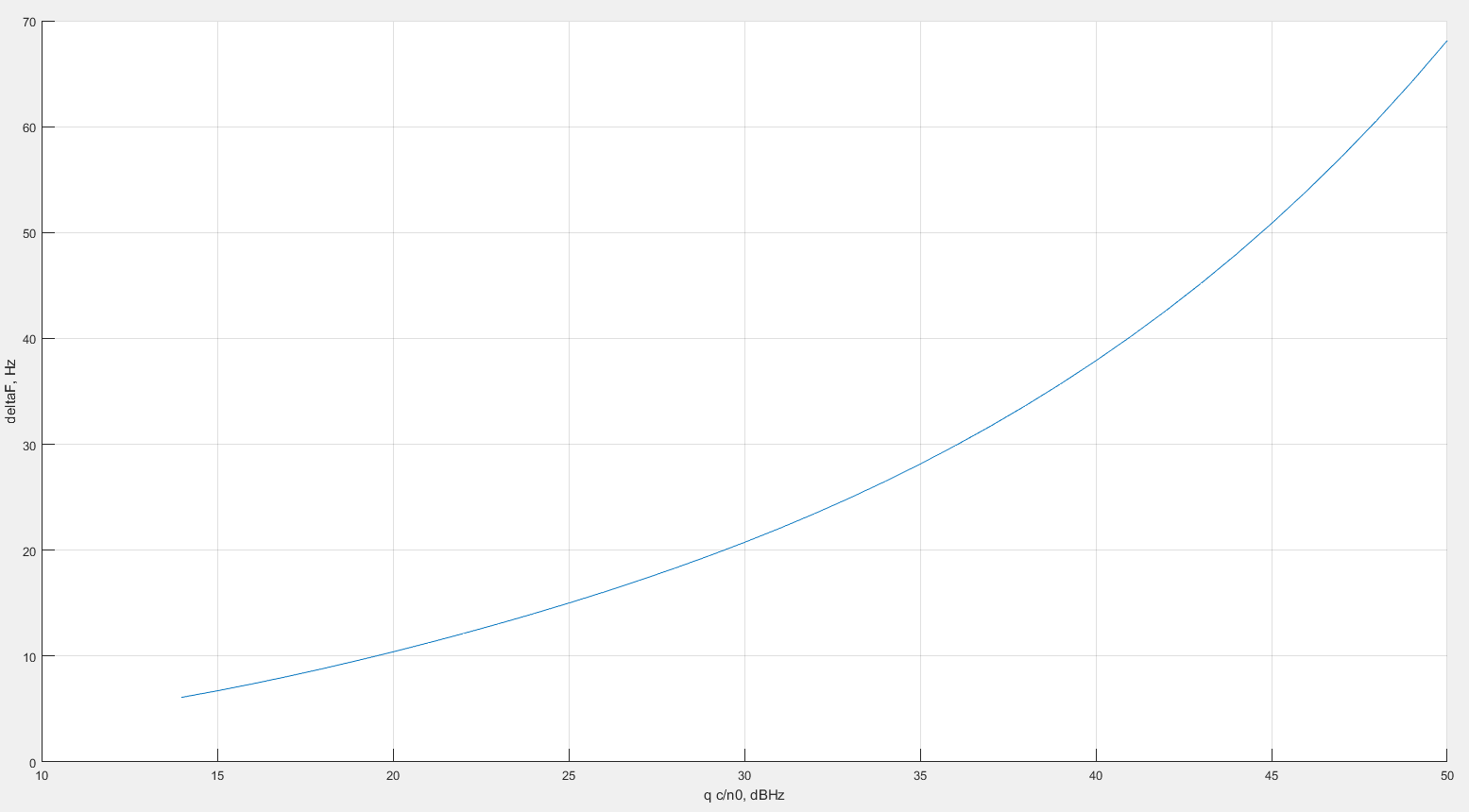


Рис.2. Зависимость полосы ЧАП от отношения с/ш

Полоса ЧАП увеличивается, при увеличении отношения с/ш.

1. Найти аналитически и построить на графиках зависимости СКО фильтрации частоты и оптимальной полосы ЧАП от среднеквадратичного ускорения:

Находим флуктуационную характеристику частотного дискриминатора:

– отношение мощности сигнала к спектральной плотности шума на входе приемника;

Аналитическое выражение для определения дисперсии:

Из этого выражение получаем зависимость СКО фильтрации от среднеквадратичного ускорения:

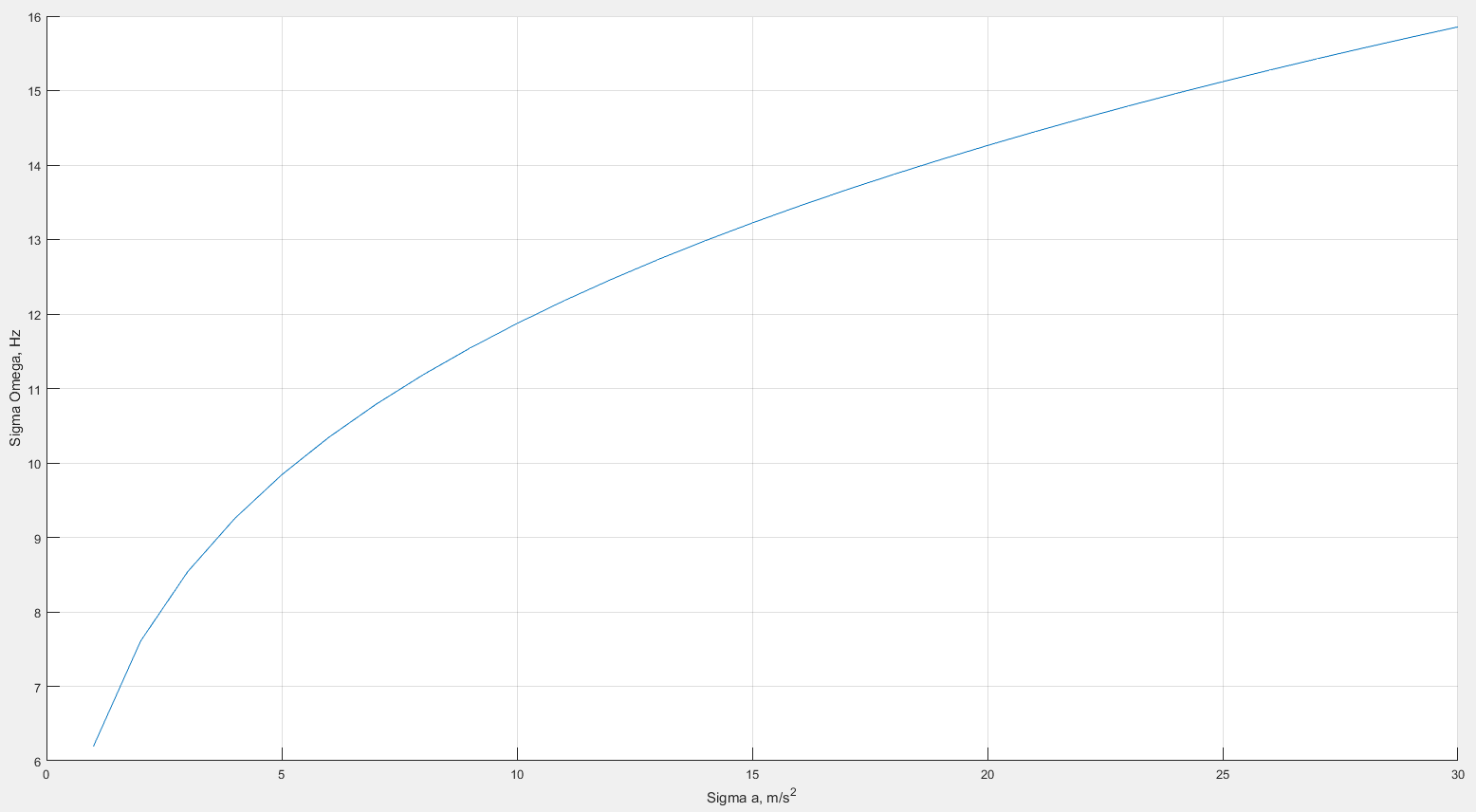


Рис.3. Зависимость СКО фильтрации от среднеквадратичного ускорения

Среднеквадратичная ошибка фильтрации уменьшается, при увеличении среднеквадратичного ускорения.

Аналитическое решение для полосы ЧАП уже было найдено в пункте 1. Перепишем его

Коэффициенты фильтра зависят от среднеквадратичного ускорения:

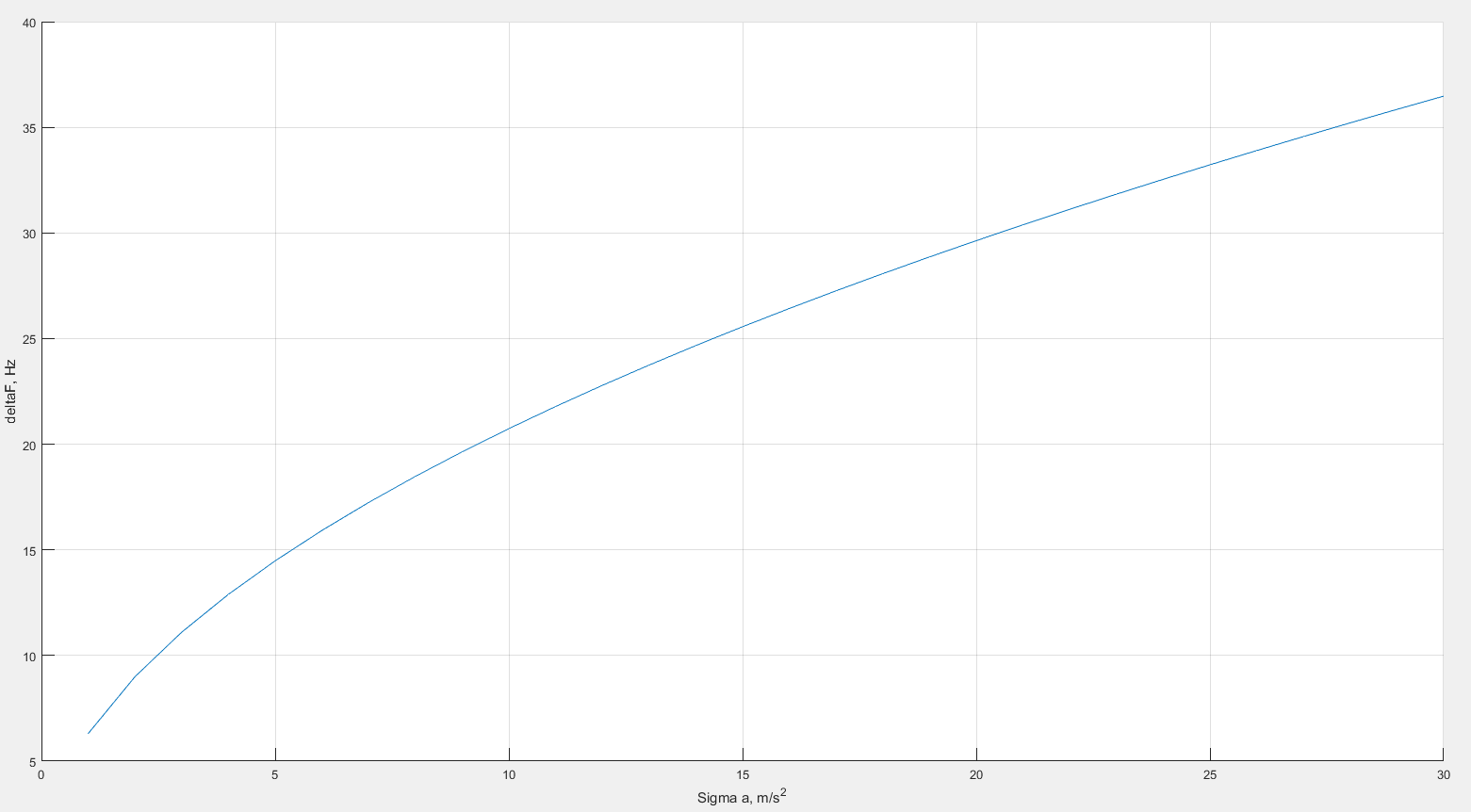


Рис.4. Зависимость полосы ЧАП от среднеквадратичного ускорения

Полоса ЧАП увеличивается, при увеличении среднеквадратичного ускорения.

1. Записать уравнения оптимальной фильтрации для дискретного времени:
2. Смоделировать входное воздействие и оптимальную систему ЧАП в дискретном времени при следующих параметрах:

, , ,

, ;

– вектор состояния

Смоделируем входное воздействие (наблюдение):

, – ДБГШ с дисперсией

Синтез оптимальной системы ЧАП:

,

С учетом выражений из 3 пункта найдем коэффициенты фильтра:

,

Подставим коэффициенты фильтра в рекуррентное уравнение:

Шаг экстраполяции:

Шаг оценивания:

1. Построить график зависимости истинной доплеровской частоты от времени:

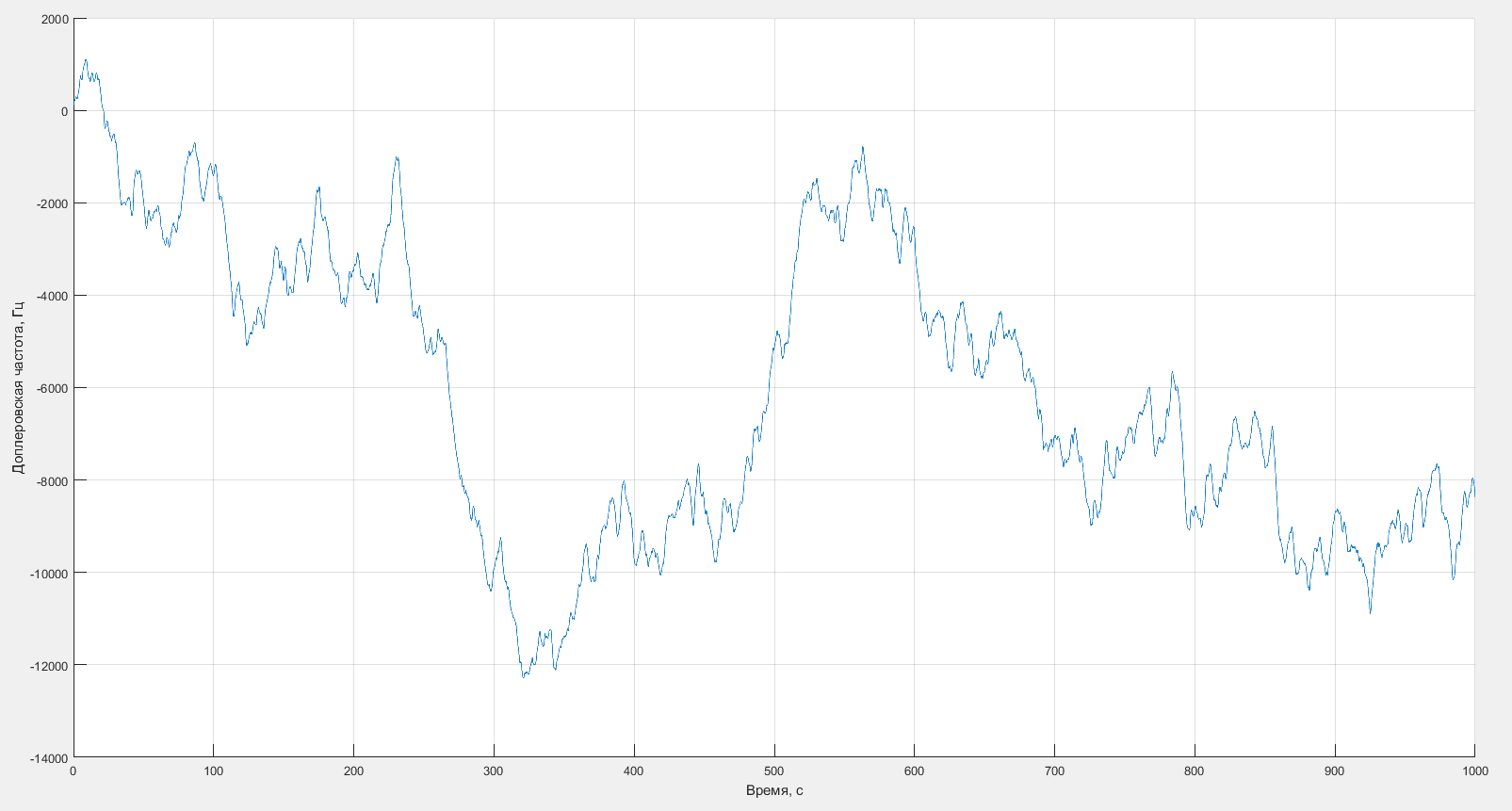


Рис.5. График зависимости истинной доплеровской частоты от времени

1. Построить график зависимости СКО фильтрации частоты от времени (до установившегося режима):

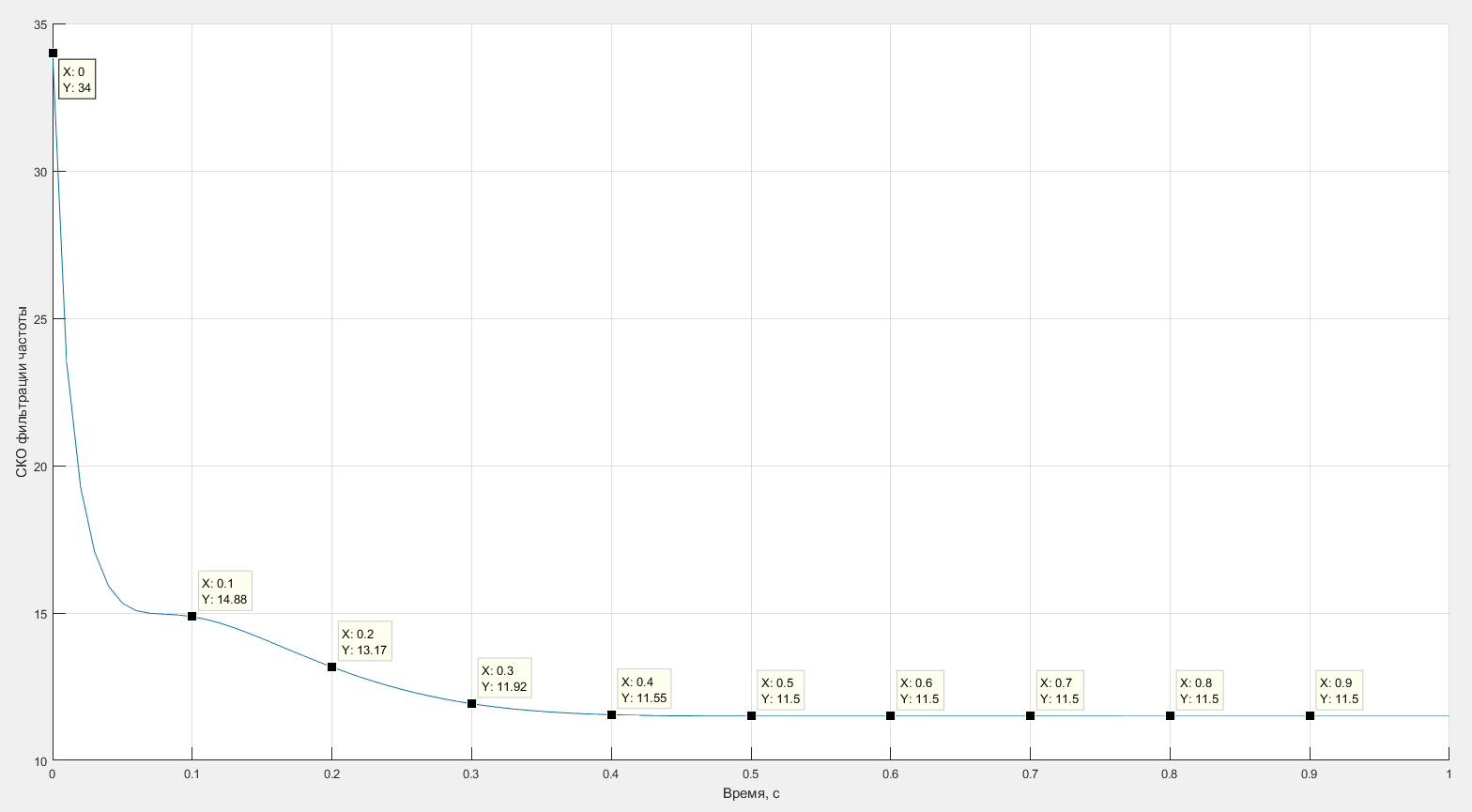


Рис.6. График зависимости СКО фильтрации частоты от времени

1. Построить график мгновенной ошибки фильтрации частоты от времени:

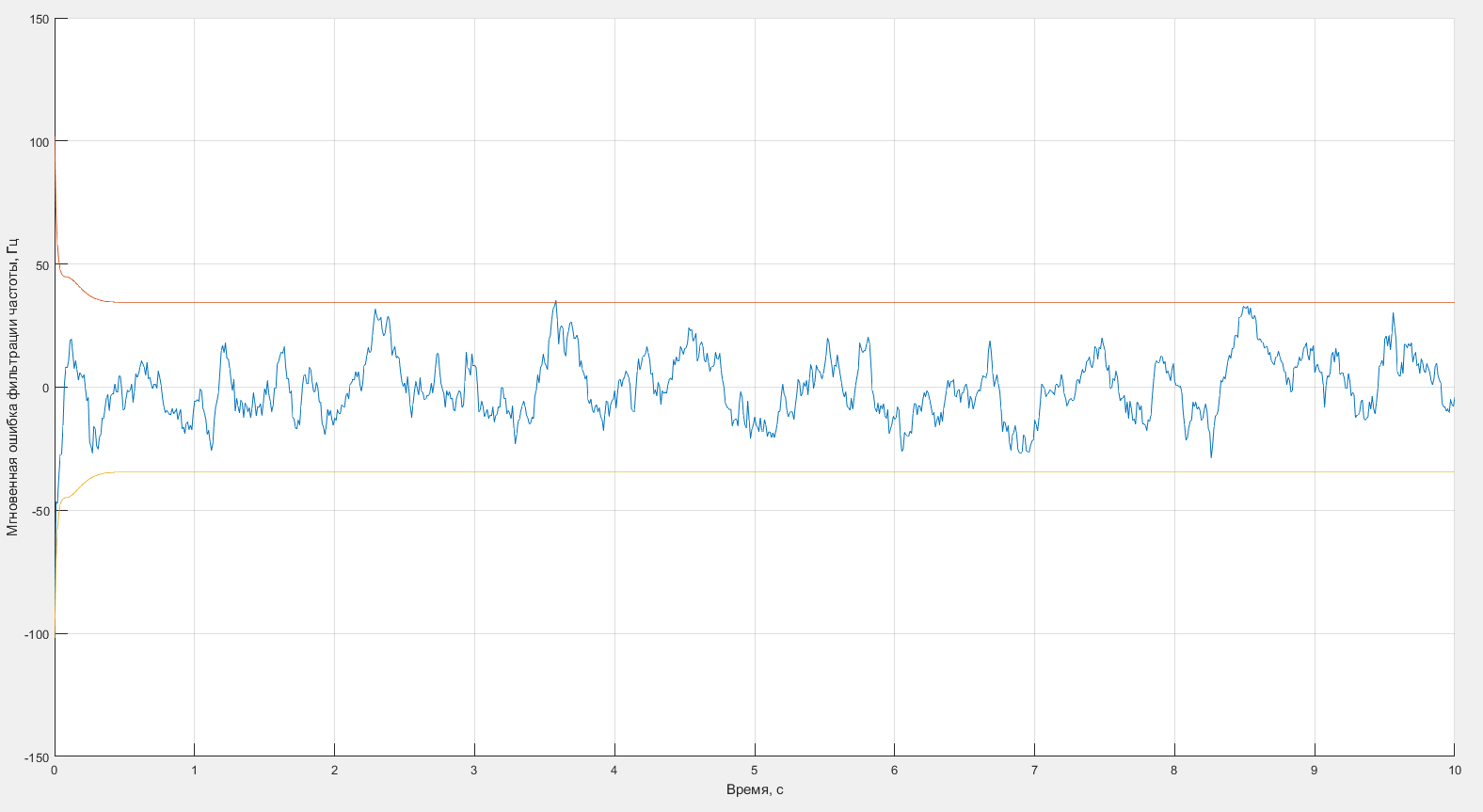


Рис.7. График мгновенной ошибки фильтрации частоты от времени

1. Для установившегося режима сравнить и дисперсию ошибки, рассчитанную по графику , сделать вывод:

Для установившегося режима

Дисперсия мгновенной ошибки для всего участка наблюдения будет

Дисперсия мгновенной ошибки для установившегося режима будет

Дисперсия мгновенной ошибки совпадает с дисперсией для установившегося режима.

**Приложение 1**

**Листинг программы MATLAB для первого пункта**

function Main()

close all; clear all; clc;

T = 10e-3;

alpha = 1;

c = 3e8;

f0 = 1602e6;

omega0 = 2\*pi\*f0;

sigma = 10;

q\_dB = 14:1:50;

S\_ksi = 2\*sigma^2\*alpha\*(omega0/c)^2;

sigma\_OMEGA = nan(size(q\_dB));

for k = 14:1:50

q = 10^(k/10);

N0 = 2/(q\*T^2)\*(1+1/(2\*q\*T));

K1 = alpha\*(sqrt(1+2\*sqrt(S\_ksi/(alpha^2\*N0)))-1);

K2 = (K1^2)/2;

D11 = K1\*N0/2;

sigma\_OMEGA\_k = sqrt(D11);

sigma\_OMEGA(k-13) = sigma\_OMEGA\_k;

deltaF\_k = (K1^2\*K2+(alpha\*K1+K2)^2)/(K2\*(K1+alpha));

deltaF(k-13) = deltaF\_k;

end

figure(1);

hold on; grid on;

plot(q\_dB, sigma\_OMEGA);

xlabel('q c/n0, dBHz');

ylabel('Sigma Omega, Hz');

figure(2);

hold on; grid on;

plot(q\_dB, deltaF);

xlabel('q c/n0, dBHz');

ylabel('deltaF, Hz');

end

**Листинг программы MATLAB для второго пункта**

function Main()

close all; clear all; clc;

T = 10e-3;

alpha = 1;

c = 3e8;

f0 = 1602e6;

omega0 = 2\*pi\*f0;

q\_dB = 30;

q = 10^(q\_dB/10);

N0 = 2/(q\*T^2)\*(1+1/(2\*q\*T));

sigma\_a = 1:30;

sigma\_OMEGA = nan(size(sigma\_a));

for k = 1:30

S\_ksi = 2\*k^2\*alpha\*(omega0/c)^2;

K1 = alpha\*(sqrt(1+2\*sqrt(S\_ksi/(alpha^2\*N0)))-1);

K2 = (K1^2)/2;

D11 = K1\*N0/2;

sigma\_OMEGA\_k = sqrt(D11);

sigma\_OMEGA(k) = sigma\_OMEGA\_k;

deltaF\_k = (K1^2\*K2+(alpha\*K1+K2)^2)/(K2\*(K1+alpha));

deltaF(k) = deltaF\_k;

end

figure(1);

hold on; grid on;

plot(sigma\_a, sigma\_OMEGA);

xlabel('Sigma a, m/s^2');

ylabel('Sigma Omega, Hz');

figure(2);

hold on; grid on;

plot(sigma\_a, deltaF);

xlabel('Sigma a, m/s^2');

ylabel('deltaF, Hz');

end

**Листинг программы MATLAB для остальных пунктов**

function Main()

close all; clear all; clc;

%% Параметры

T = 10e-3;

t = 0:T:10;

q\_dB = 30;

q = 10^(q\_dB/10);

alpha = 1;

c = 3e8;

f0 = 1602e6;

omega0 = 2\*pi\*f0;

sigma\_alpha = 10;

%% СПМ шума наблюдений

N0 = 2/(q\*T^2)\*(1+1/(2\*q\*T));

D\_n = N0/(2\*T);

%% СПМ формирующего шума

S = 2\*sigma\_alpha^2\*alpha\*(omega0/c)^2;

D\_ksi = S/(2\*T);

%% Коэффициенты фильтра

H = [1 0];

F = [1 T; 0 (1-alpha\*T)];

G = [0; alpha\*T];

%% Начальное приближение

x = [100; 100];

D0 = [34^2 0; 0 340^2];

xf = [0; 0];

%% Выделение памяти и начальные приближения

OMEGA = nan(size(t)); OMEGA(1) = x(1);

Nu = nan(size(t)); Nu(1) = x(2);

D\_OMEGA = nan(size(t)); D\_OMEGA(1) = D0(1,1);

y = nan(size(t)); y(1) = 0;

OMEGA\_extr = nan(size(t)); OMEGA\_extr(1) = xf(1);

for k = 2:length(t)

ksi = randn(1,1)\*sqrt(D\_ksi);

x = F\*x + G\*ksi;

OMEGA(k) = x(1);

Nu(k) = x(2);

%% экстраполяция

D0 = F\*D0\*F' + G\*D\_ksi\*G';

K = D0\*H'\*inv(H\*D0\*H' + D\_n);

xf = F \* xf;

%% наблюдения

yk = OMEGA(k) + randn(1,1)\*sqrt(D\_n);

y(k) = yk;

%% коррекция

D0 = (eye(length(x)) - K\*H)\*D0;

D\_OMEGA(k) = D0(1,1);

xf = xf + K \* (yk - H\*xf);

OMEGA\_extr(k) = xf(1);

end

d\_OMEGA = (OMEGA\_extr - OMEGA);

std(d\_OMEGA)^2 % Для всего временного участка

mean(D\_OMEGA())

std(d\_OMEGA(30:1000))^2 % Для установившегося режима

mean(D\_OMEGA(30:1000))

figure(1);

hold on, grid on;

plot(t, OMEGA)

xlabel("Время, с");

ylabel("Доплеровская частота, Гц");

figure(2);

hold on, grid on;

plot(t, sqrt(D\_OMEGA))

xlabel("Время, с");

ylabel("СКО фильтрации частоты");

figure(3);

hold on, grid on;

plot(t, d\_OMEGA, t, [+3\*sqrt(D\_OMEGA); -3\*sqrt(D\_OMEGA)])

xlabel("Время, с");

ylabel("Мгновенная ошибка фильтрации частоты, Гц");

end