**Национальный исследовательский университет**

**«МЭИ»**

**Институт радиотехники и электроники**

**Кафедра радиотехнических систем**

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

Контрольная работа №5

ФИО студента: Жеребин В.Р.\_

Группа: ЭР-15-15\_\_\_\_

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

Дата:\_\_\_18.12.2019\_\_\_

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

ФИО преподавателя: Шатилов А.Ю.

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Москва, 2019 г.**

**Дано**

Из д.з. №4:

– ширина спектра флуктуаций радиального ускорения;

– темп фильтрации, – темп работы АЦП;

– несущая частота (для пересчетов);

– промежуточная частота;

– среднеквадратическое ускорение;

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

– скорость света в свободном пространстве;

– спектральная плотность мощности формирующего шума;

– дисперсия формирующего шума;

– СКО формирующего шума;

– СКО шума наблюдений.

Входная информация от инерциальной навигационной системы (ИНС):

– погрешность поддерживающего радиального ускорения от ИНС;

– ДБГШ с дисперсией ;

– ширина спектра флуктуаций погрешности ускорения;

– СКО погрешности ускорения;

– спектральная плотность мощности шума;

– дисперсия шума;

**Задание**

1. Провести синтез комплексного фильтра ФАП по модифицированному варианту комплексирования.

Изменим вектор состояний информационных параметров из д.з. №4

добавив – погрешность поддерживающего радиального ускорения от ИНС;

Ускорение частоты , которое определялось как СП: *,* заменим на измерения радиального ускорения:

С учетом измерений от ИНС уравнения динамики информационных параметров в дискретном виде:

*,*

*,*

,

*,*

, – ДБГШ с дисперсиями и соответственно

Фильтруемый процесс представим в виде многомерного марковского процесса:

С учетом уравнений динамики, выразим многомерные коэффициенты процесса:

, ,

Формирующие шумы амплитуды и фазы полагаем независимыми, следовательно:

Начальные условия изменяются:

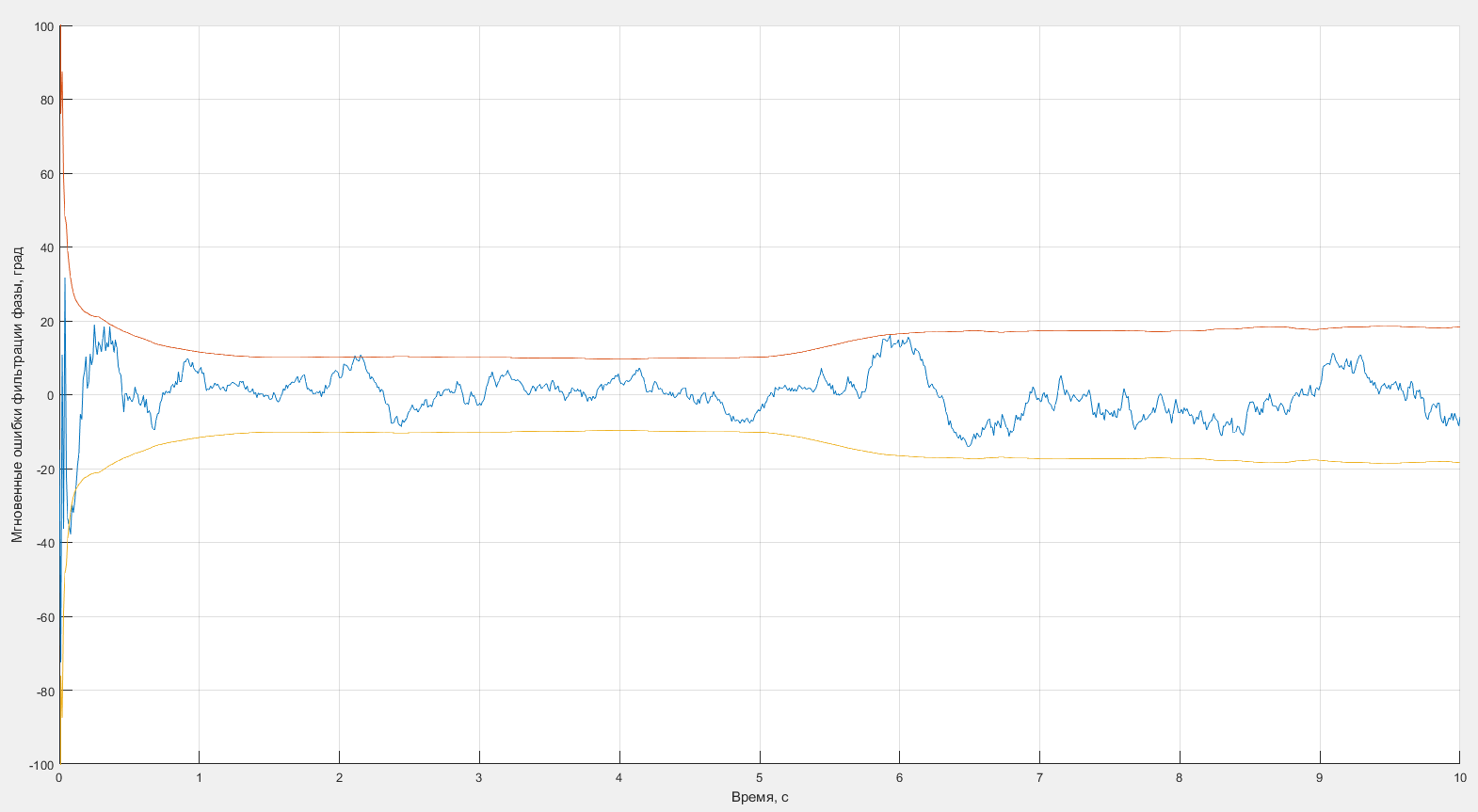
, ,

Амплитуда моделируется ступенькой:

Все остальное остается без изменений из д.з. №4.

1. Графики временных зависимостей для ошибок фильтрации фазы

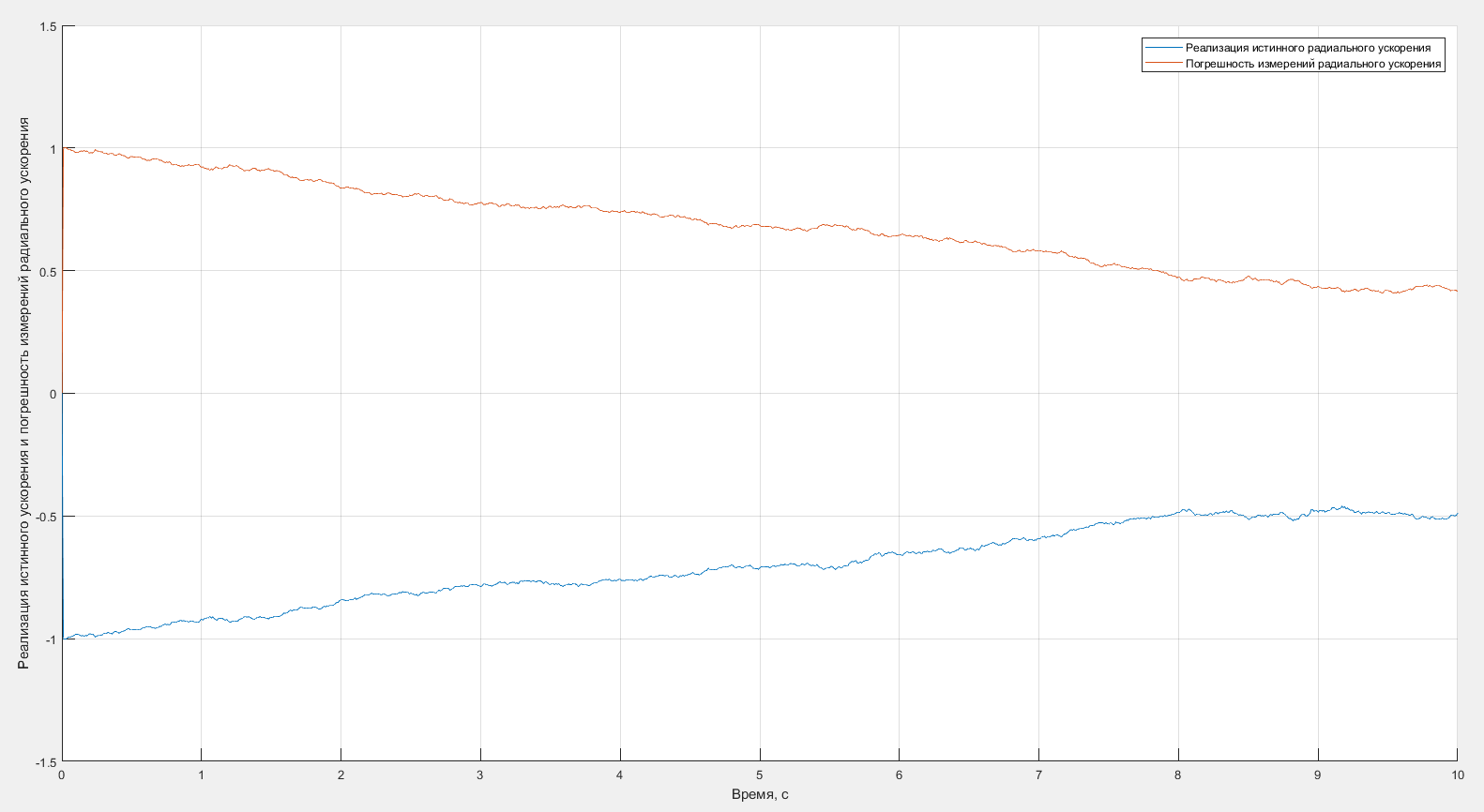
* мгновенной ошибки фильтрации фазы: ;
* предельные границы ошибок фильтрации фазы по уровню 3σ (по оценкам матрицы дисперсий фильтра ):



*Рис.1. График временных зависимостей для ошибок фильтрации фазы*

1. Построить на одном графике реализацию истинного радиального ускорения и погрешности измерений радиального ускорения от ИНС

Так как радиальное ускорение определяется как , то истинное радиальное ускорение



*Рис.2. Графики реализации истинного радиального ускорения и погрешности измерений радиального ускорения*

1. Выяснить, как и во сколько раз изменилась дисперсия ошибки фазы по сравнению с д.з.№4 в установившемся режиме до и после скачка амплитуды

Сведем значения дисперсии ошибки фазы для указанных случаев в таблицу:

*Таблица 1. Дисперсии ошибки фазы*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (без поддержки от ИНС – д.з. №4) | (с поддержкой от ИНС – д.з. №5) | Разница, раз |
| До скачка амплитуды | 24 | 10,29 | 2,33 |
| После скачка амплитуды | 37,06 | 17,21 | 2,15 |

Дисперсия ошибки фазы в установившемся режиме для компенсированного фильтра с поддержкой от ИНС уменьшилась в среднем в 2,24 раза, относительно фильтра без поддержки от ИНС.

1. Рассчитать выигрыш в помехоустойчивости:

Будем считать, что информационным параметром является фаза сигнала, тогда помехоустойчивость будет связана с дисперсией . Зная разницу дисперсий, рассчитаем выигрыш в помехоустойчивости:

Выигрыш в помехоустойчивости при использовании фильтра с поддержкой от ИНС составляет в среднем 3,5 дБ.

**Приложение**

**Листинг программы MATLAB**

close all; clear all; clc;

format long

%% Параметры

% От НАП:

T = 10e-3;

Td = 0.2e-6;

N = T/Td;

t\_start = 0;

t\_stop = 10;

t = t\_start:T:t\_stop;

td = t\_start:Td:t\_stop;

q\_dB = 30;

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

alpha = 1;

sigma\_alpha = 10;

c = 3e8;

f0 = 1602e6;

omega0 = 2\*pi\*f0;

fp = 2e3;

omegap = 2\*pi\*fp;

% От ИНС

alpha\_delta = 0.1;

sigma\_delta = 1;

gamma = 0;

%% Шум от ИНС:

S\_chi = 2\*sigma\_delta^2\*alpha\_delta;

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

%% Шум наблюдений

a0 = 1;

sigma\_n = a0/(2\*sqrt(q\*Td));

D\_n = sigma\_n^2;

%% Формирующий шум

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

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

D\_zeta = 0.5^2;

%% Коэффициенты фильтра

F = [1 0 0 0;

0 1 T 0;

0 0 1 -(omega0/c)\*T;

0 0 0 1-alpha\_delta\*T];

G = [T 0;

0 0;

0 0;

0 alpha\_delta\*T];

C = [1 0 0 0;

0 1 0 0];

D\_f = [D\_zeta 0;

0 D\_chi];

%% Начальные условия

x = [1; pi/12; 100; 1];

D = [.3^2 0 0 0;

0 pi^2 0 0;

0 0 34^2 0;

0 0 0 1^2];

xf = [.5; 0; 0; 0];

%% Выделение памяти и начальные приближения

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

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

OMEGA = nan(size(t)); OMEGA(1) = x(3);

a\_extr = nan(size(t)); a\_extr(1) = 0;

phi\_extr = nan(size(t)); phi\_extr(1) = 0;

OMEGA\_extr = nan(size(t)); OMEGA\_extr(1) = 0;

D22 = nan(size(t)); D22(1) = D(2,2);

for k = 2:length(t)

x = F\*x + G\*randn(1,1)\*sqrt([D\_zeta; D\_chi]); %% Марковский СП

x(3) = x(3) + gamma\*T;

a(k) = x(1);

phi(k) = x(2);

OMEGA(k) = x(3);

delta(k) = x(4);

v\_true(k) = gamma\*(c/omega0) - x(4);

gamma = gamma + randn(1,1)\*sqrt(0.0001\*k\*T); %% Винеровский СП

%% экстраполяция

xf = F\*xf;

D = F\*D\*F' + G\*D\_f\*G';

W = N/(2\*D\_n)\*[1 0;

0 xf(1)^2];

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

phi\_extr(k) = xf(2);

OMEGA\_extr(k) = xf(3);

%% Дискриминация

for i = 1:N

i\_m = (k-2)\*N+i;

if i\_m\*Td <= 5

ai = 1;

else

ai = 0.5;

end

y = ai\*cos(omegap\*i\_m\*Td + phi(k)) + randn(1,1)\*sigma\_n;

I(i) = y\*cos(omegap\*i\_m\*Td + phi\_extr(k));

Q(i) = y\*sin(omegap\*i\_m\*Td + phi\_extr(k));

end

U\_d1 = sum(I) \* (1/D\_n) - (xf(1)\*N)/(2\*D\_n);

U\_d2 = -sum(Q) \* (xf(1)/D\_n);

u\_d = [U\_d1; U\_d2];

%% Оценка

D = inv(inv(D) + C'\*W\*C);

xf = xf + D\*C'\*u\_d;

D22(k) = D(2,2);

end

epsilon\_phi = (phi\_extr - phi);

figure(1);

hold on, grid on;

plot(t, epsilon\_phi\*180/pi, t, [3\*sqrt(D22); -3\*sqrt(D22)]\*180/pi)

ylim([-100 100]);

xlabel("Время, с");

ylabel("Мгновенные ошибки фильтрации фазы, град");

figure(2);

hold on, grid on;

plot(t, v\_true, t, delta)

xlabel("Время, с");

ylabel("Реализация истинного ускорения и погрешность измерений радиального ускорения");