электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 621.396.96

Алгоритм первичного и вторичного измерения координат

***Абрамова Ю.А.**, студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Автономные информационные и управляющие устройства»

Научный руководитель: Жураковский В.Н., доцент кафедры
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru

Рассматриваются отдельные блоки РЛС (структурная схема радиолокационной станции показана на рис.1), в их число входит блок «модель движения», который может формировать несколько типов движения цели:

- Прямолинейное
- Движение по окружности с центром над нами
- Движение по окружности со смещенным центром

В данной работе, в качестве примера было представлено прямолинейное движение, где объект движется на нас (рис.2.). В заданном типе движения задаются начальное и конечное положение цели в виде радиус вектора, угла места и курсового угла.

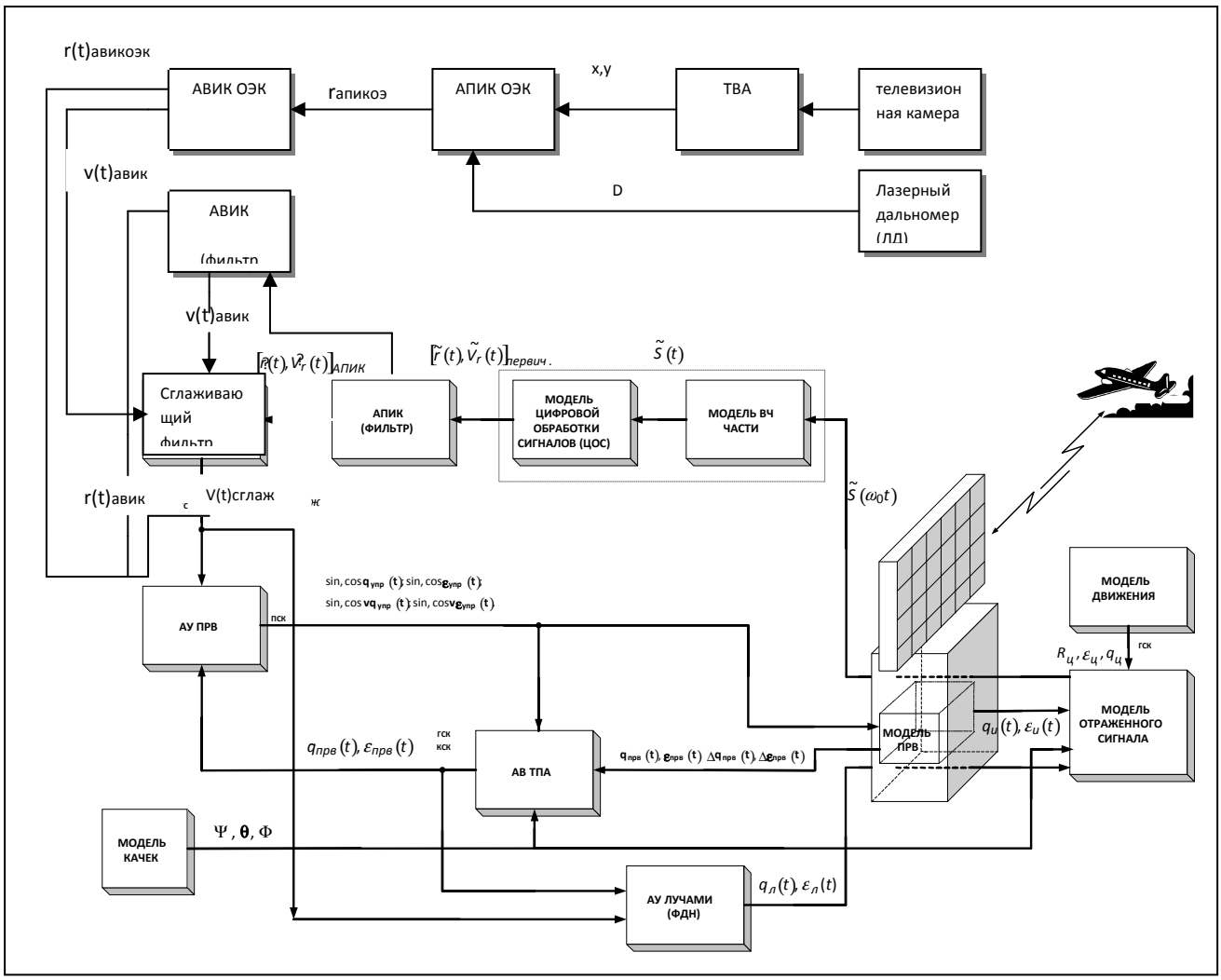


Рис.1. Структурная схема контура сопровождения РЛС

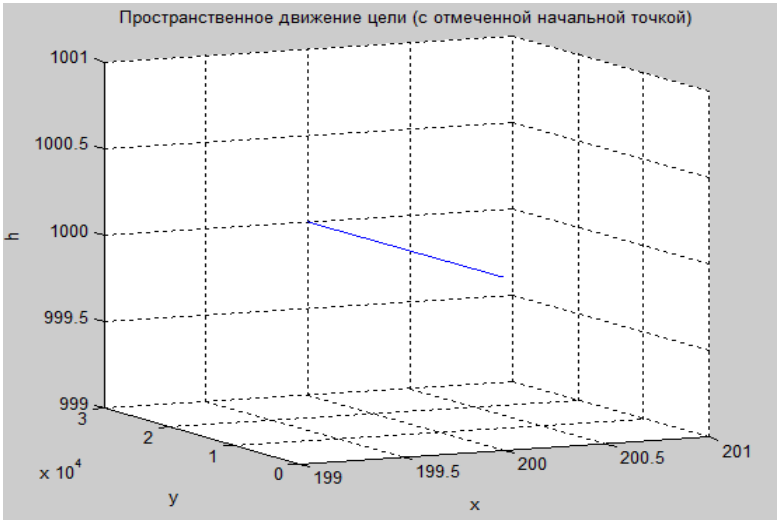


Рис. 2. траектория движения

В модели цифровой обработки сигнала (ЦОС) формируются наборы диаграмм направленности (ДН).

Текущие оценки координат формируются путем первичного сглаживания и экстраполяции первичных оценок ,сформированных на определенном отрезке времени-интервале сглаживания. Каждая такая оценка координаты x∈ {D, v, β, ε} формируется как взвешенная сумма значения непосредственно первичной оценки измерений. Этим занимается АПИК. Сглаженные и экстраполированные значения параметров цели поступают на вход АВИК.

АВИК предназначен для фильтрации координат и параметров движущихся целей и выдачи их экстраполированных положений для целеуказания. Для этого используется условный Калмановский фильтр, обеспечивающий высокую точность оценок координат и параметров движущихся целей.

Проиллюстрируем работу АПИК(АВИК):

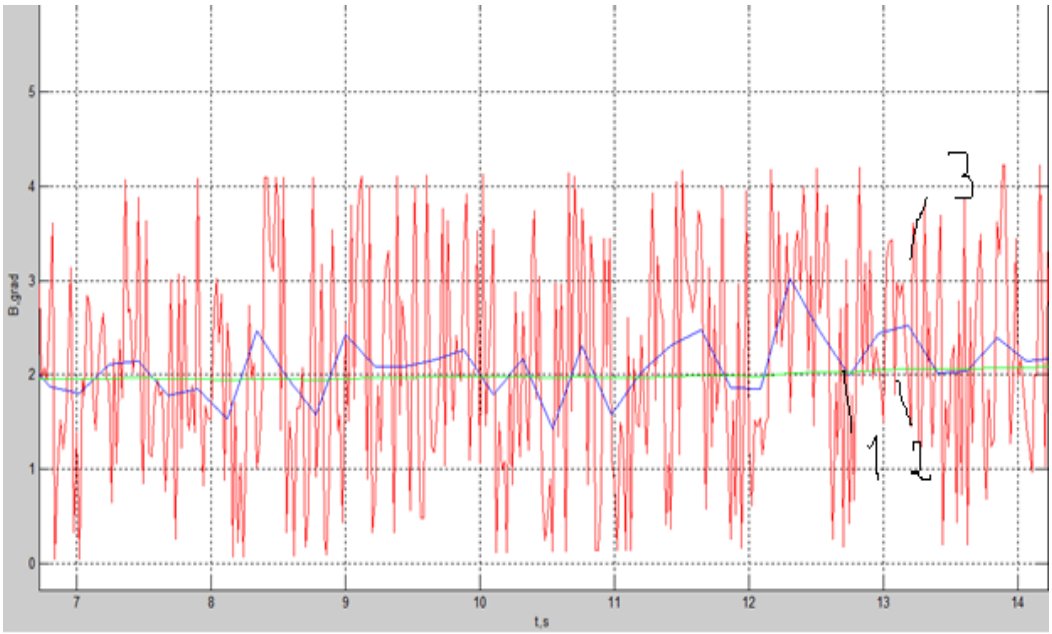


Рис.3. Работа АПИК, АВИК угла места(o'x:grad; o'y:t,c)

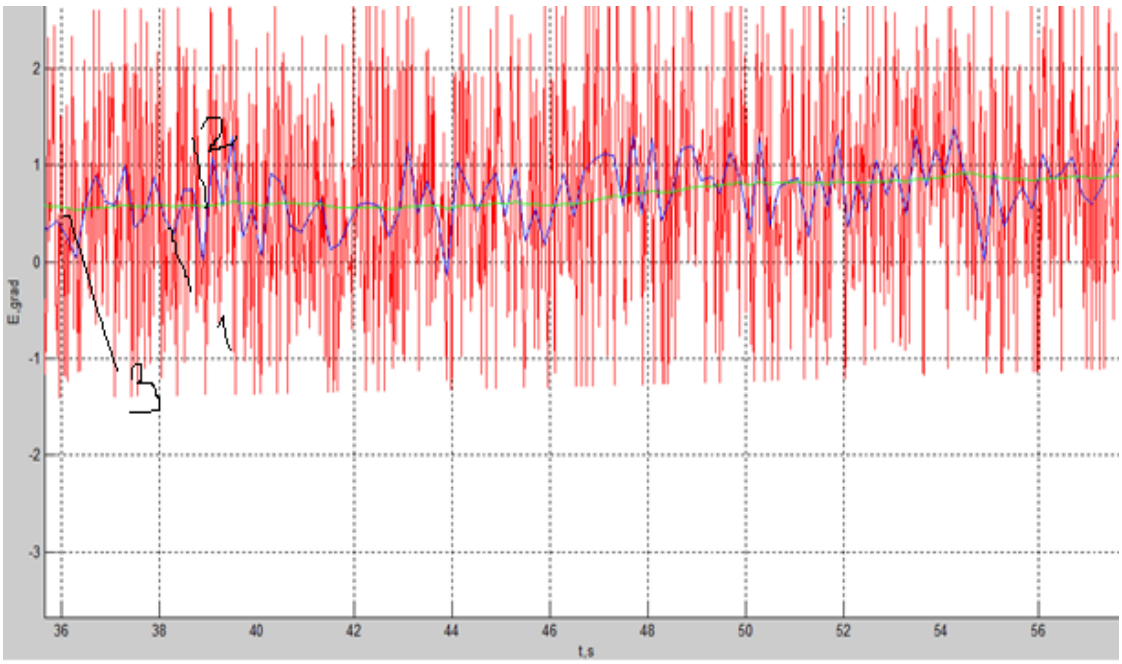


Рис.4. Работа АПИК,АВИК курсового угла(о’х:grad;о’у:t,c):
1-истинное значение,2-значение угла места (АПИК),3-значение угла места(АВИК)

Представим математическое описание АВИК:

1.1. В задаче АВИК используются следующие константы:

$h_0 = 1000 м,$ - ограничение по высоте,

$R'э = 6371 км -$ радиус кривизны морской поверхности.

Параметры фильтра:

$q_{1x} = q_{1h} = 0; q_{1y} = 0;$

$q_{2x} = q_{2h} = 0.1; q_{2y} = 5; q_{3x} = 0.01;$

$q_{4x} = 0.05.$

. 1.2. Фильтр работает в КГСК-ЦТ – корабельно-географической системе координат.

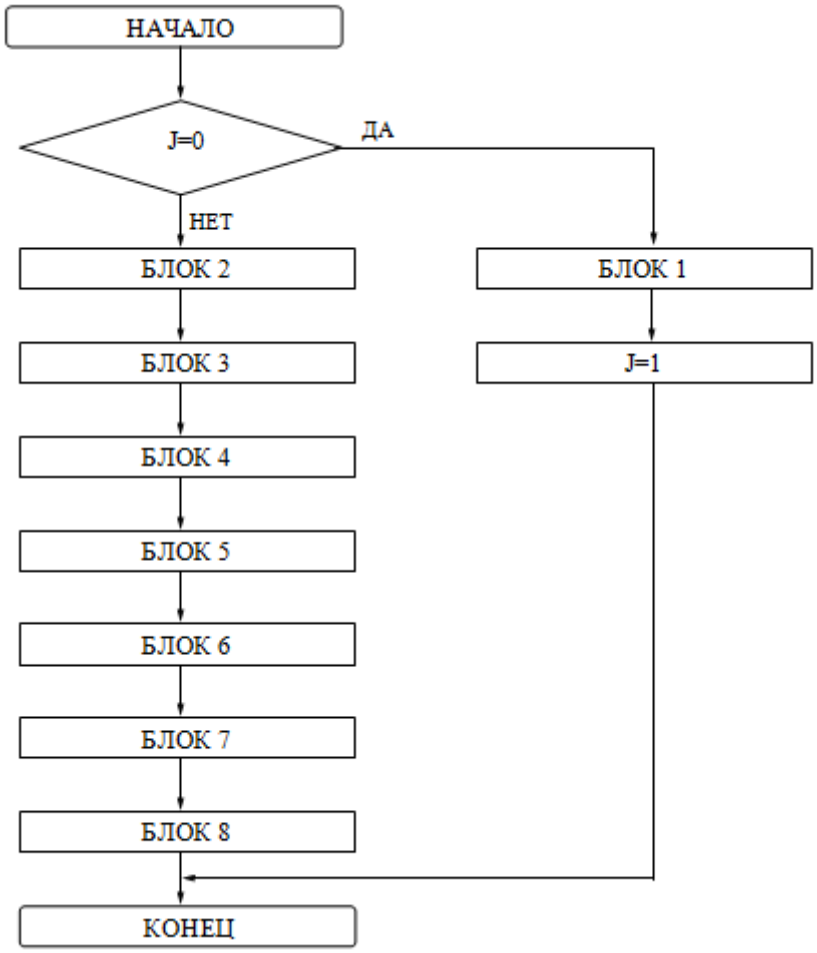


Рис.5.Блок-схема АВИК

БЛОК 1- начальные условия. Если оценка $\vec{r}(t)$ является первой оценкой, то задаются начальные условия:

$\hat{r}(\hat{t}) = \bar{r}(\bar{t}),\ \hat{t} = \bar{t}$;

$\hat{v}(\hat{t}) = v_D * \bar{r}(\bar{t}) / |\bar{r}(\bar{t})|$; q = 0 – фильтр линейной гипотезы;

$P_{11x} = \bar{\sigma}_{\varphi}^2 * \bar{D}^2$;

БЛОК 2 – экстраполяция вектора состояния фильтра на $\tau = \bar{t} - \hat{t}$:

$r^* = \hat{r} + \hat{v} * \tau + (1/2) * \hat{w} * \tau^2 - v_c(\bar{t}) * \tau$; если при этом

$h^* <= h_0$, то $h^* = h_0$;

$v^* = \hat{v} + \tau * \hat{w}$,

$z^* = \hat{z}, n^* = \hat{n}$.

БЛОК 3 – экстраполяция коэффициентов ковариационной матрицы:

$$P^*_{11x} = P_{11x} + 2 * P_{12} * \tau + P_{22x} * \tau^2 + q_{1x} * \tau,$$
$$P^*_{12x} = P_{12x} + (P_{22x} + q * b * P_{13x}) * \tau + q * b * \tau^2 * P_{23x} + q * c * \tau * (P_{14x} + P_{24} * \tau),$$
$$P^*_{13x} = (P_{13x} + P_{23x} * \tau) * q,$$
$$P^*_{14x} = (P_{14x} + P_{24x} * \tau) * q,$$

$$P^*_{22x} = P_{22x} + q * (b * P_{23x} + c * P_{24x}) * 2 * \tau +$$
$$+ q * (b^2 * P_{33x} + 2 * b * c * P_{34x} + c^2 * P_{44x}) * \tau^2 + q_{2x} * \tau,$$
$$P^*_{23x} = q * P_{23x} + q(b * P_{33x} + c * P_{34}) * \tau,$$
$$P^*_{24x} = q * P_{24x} + q * (b * P_{34x} + c * P_{44}) * \tau,$$
$$P^*_{33x} = q * (P_{33x} + q_{3x} * \tau),$$
$$P^*_{34} = q * P_{34},$$
$$P^*_{44x} = q * (P_{44x} + q_{4x} * \tau).$$

Точно такие же уравнения для P_y и P_h, но при $q = 0$.

БЛОК 4 – вычисление коэффициентов усиления в собственной системе первичных измерений:

$$\sigma_x^2 = \sigma_\varphi^2 * \overline{D}^2, \ \sigma_y^2 = \sigma_D^2, \ \ \sigma_H^2 = \sigma_\varepsilon^2 * \overline{D}^2 \ ,$$

$$K_{ls} = \frac{P^*_{1ls}}{P^*_{11s} + \sigma_s^2}$$

$l = 1,...,4, \ s = x,$ либо $y,$ либо $h;$ при $l = 4 \ \ s = x.$

БЛОК 5 – расчет ковариационных коэффициентов. Пересчет матриц коэффициентов осуществляется таким образом:

$$P_{11x} = P^*_{11x} * (1 - K_{1x})$$

$$P_{12x} = P^*_{12x} * (1 - K_{1x}),$$

$$P_{22x} = P^*_{22x} - K_{2x} * P^*_{12},$$

$$P_{13x} = q * P^*_{13x} * (1 - K_{1x}),$$

$$P_{14x} = q * P^*_{14x} * (1 - K_{1x}),$$

$$P_{23x} = q * (P^*_{23x} - K_{2x} * P^*_{14x}),$$
$$P_{24x} = q * (P^*_{24x} - K_{2x} * P^*_{14x}),$$
$$P_{33x} = q * (P^*_{33x} - K_{3x} * P^*_{13x}),$$
$$P^*_{34x} = q * (P^*_{34x} - K_{3x} * P^*_{13x}),$$

$$P_{44x} = q * (P^*_{44x} - K_{4x} * P^*_{14x}).$$

Для y и h – аналогично, но при q=0;

БЛОК 6 – пересчет матриц коэффициентов усиления в КГСК осуществляется следующим образом:

- определяется направляющий вектор:

$r^H = r^* / |r^*|$; в этой формуле $h^* = h^* - \frac{(x^*_{кг})^2 + (y^*_{ru})^2}{2 * R_з}$.

- определяются направляющие синусы и косинусы:

$$\sin\varepsilon = h^n, \cos\varepsilon = \sqrt{1 - \sin^2\varepsilon}$$

$$\sin\beta = x^H / \cos\varepsilon$$

$$\cos\beta = y^H / \cos\varepsilon$$

С направляющим вектором r^H связана ЦСК.

Преобразование из КГСК в ЦСК определяется матрицей:

$$A = \begin{pmatrix} \cos\beta & -\sin\beta & 0 \\ \sin\beta\cos\varepsilon & \cos\beta\cos\varepsilon & \sin\varepsilon \\ -\sin\beta\sin\varepsilon & -\cos\beta\sin\varepsilon & \cos\varepsilon \end{pmatrix}$$

$$A^{-1} = A^T.$$

Матрицу коэффициентов усиления в собственной системе разобьем на блоки:

$$K_l = \begin{pmatrix} K_{lx} & 0 & 0 \\ 0 & K_{lx} & 0 \\ 0 & 0 & K_{lh} \end{pmatrix}, \; l = 1,...,3.$$

Пересчет в КГСК осуществляется поблочно: $\overline{K_l} = A^{-1} * K_l * A, K^{-1}_{4x} = K_{4x}$;

БЛОК 7 – обновление оценок:

$$r = \begin{pmatrix} x \\ y \\ h \end{pmatrix}$$

$$\hat{r} = r^* + \overline{K}_1 * (\bar{r} - r^*),$$

$$\hat{v} = v* + \overline{K}_2 * (\bar{r} - r*),$$

При $q = 1$ вычисляются:

$$\hat{z} = z* + K_з * (\bar{r} - r*),$$

$$\hat{z}_n = \hat{z}_x * \cos\beta - \hat{z}_y * \sin\beta,$$

$$\hat{n} = n^* + \overline{K}_4 * ((\bar{x} - x*) * \cos\beta - (\bar{y} - y*) * \sin\beta),$$

$$a = |\hat{r}| / D_0, b = a^{n-2},$$

$$c = b * \ln a * \hat{z}_n, \hat{w} = \hat{z} * b.$$

D_0 определяется при первом включении $q = 1.$

БЛОК 8 – для вычисления номера гипотезы фильтра рассчитываются:

$$v_{кол} = \frac{(\hat{v}, \hat{r})}{|\hat{r}|^2} * \hat{r};$$

$$v_{пер} = \hat{v} - v_{кол} \quad .$$

Результат моделирования среднеквадратичного отклонения для неопределенностей модели фильтра Калмана (для угла места). Для определения влияния ошибок на движение объекта (sigma=0.2рад/с)

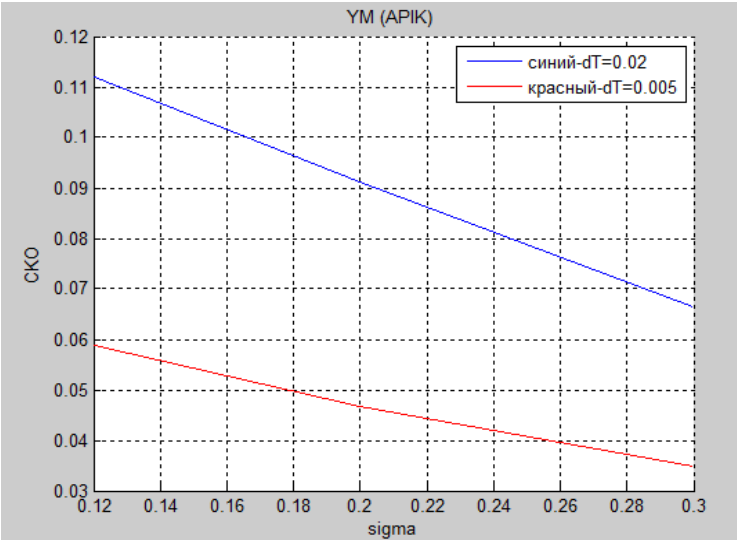


Рис. 6. Зависимость СКО от интервала времени для АПИК (угла места)

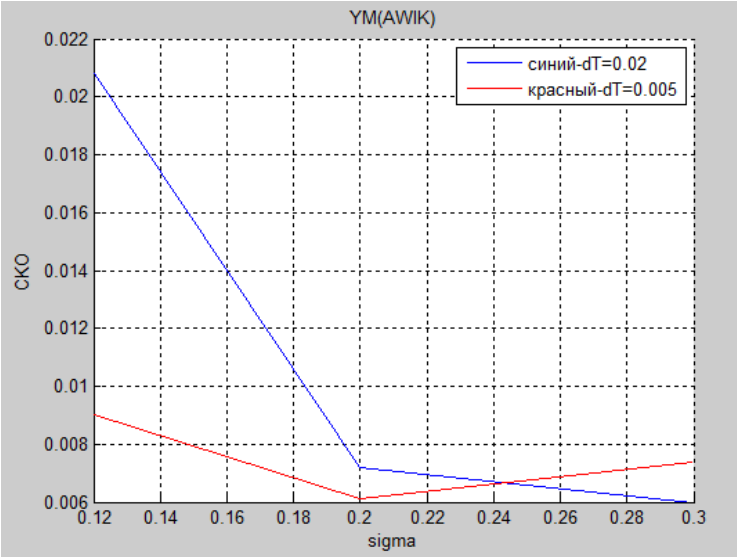


Рис.7. Зависимость СКО от интервала времени для АВИК (угла места)

Из результатов исследования можно сделать вывод, что заложенный в программу фильтр Калмана позволяет сопровождать цель с маленькими ошибками. Однако, в дальнейшем, требуются дополнительные расчеты для оптимизации полученных результатов.

Список литературы

1. Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьева Е.Б. Основы цифровой обработки сигналов: курс лекций. 2-е изд., перераб. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 768 с.: ил.
2. Васин В.А., Власов И.Б., Егоров Ю.М. Информационные технологии в радиотехнических системах: учеб. пособие / под ред. И.Б. Федорова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 672 с.
3. Шахтарин Б.И., Сизых В.В., Сидоркина Ю.А., Андрианов И.М., Калашников К.С. Синхронизация в ридиосвязи и радионавигации: учеб. пособие. М.: Горячая линия-Телеком, 2011. 278 с.