

***МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)***

**Разработка математической модели и исследование
характеристик системы автоматического слежения за
задержкой сигнала СРНС**

студент : Сан Вин Маунг.

Научный

руководитель : Замолодчиков В.Н.проф.к.т.н.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

- Изучение принципов построения СРНС.
- Разработка математической модели системы слежения за задержкой сигнала СРНС.
- Реализация и отладка модели в среде MatLab.
- Анализ статистических характеристик временных дискриминаторов когерентного и некогерентного приемника.
- Анализ переходных характеристик линейных фильтров.
- Моделирование переходных характеристик систем ССЗ с использованием идеальных дискриминаторов.
- Исследование переходных характеристик систем ССЗ с использованием моделей дискриминаторов.
- Сравнение характеристик ССЗ с фильтрами второго и третьего порядков.

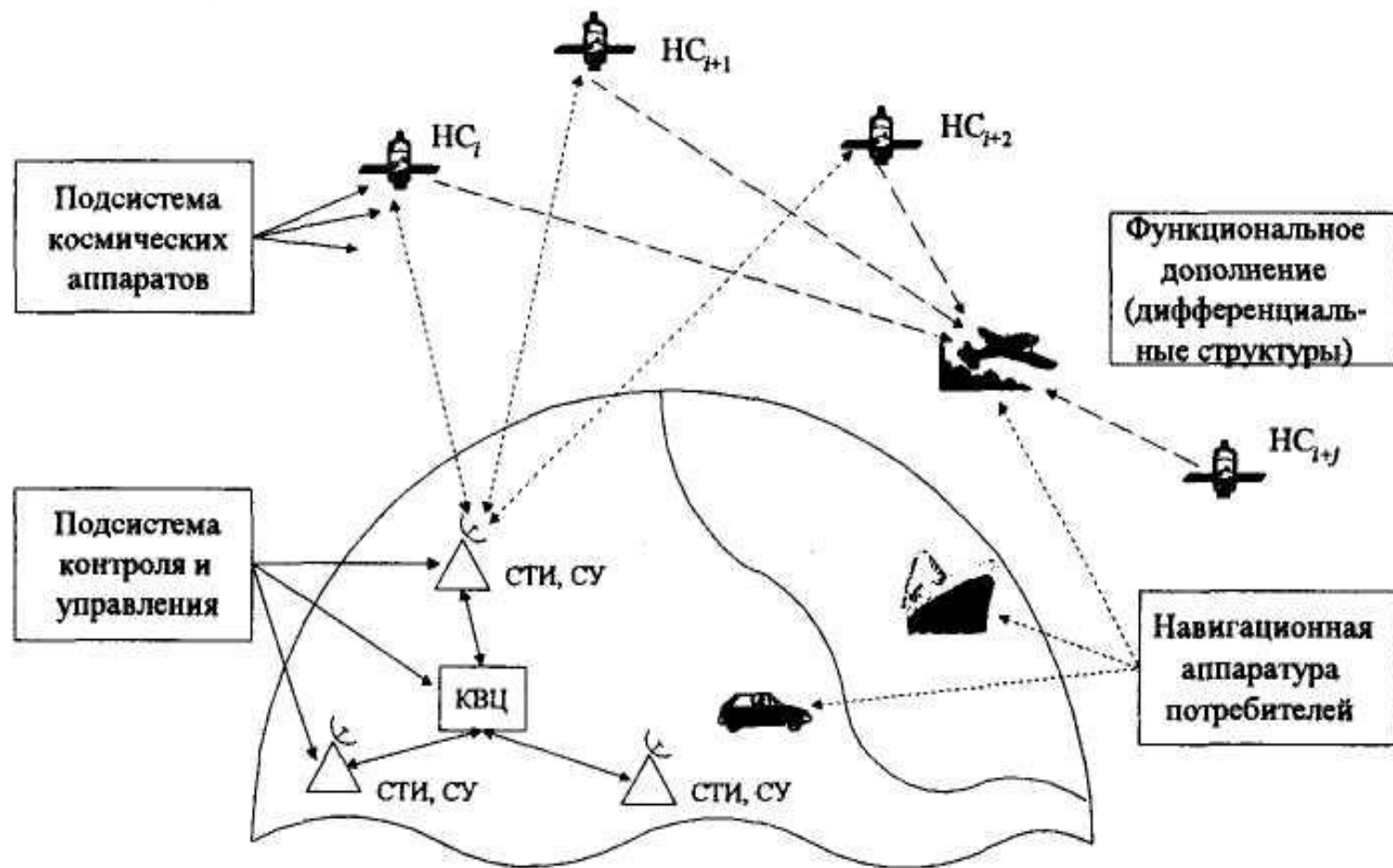


Рис. 1 Глобальная спутниковая радионавигационная система

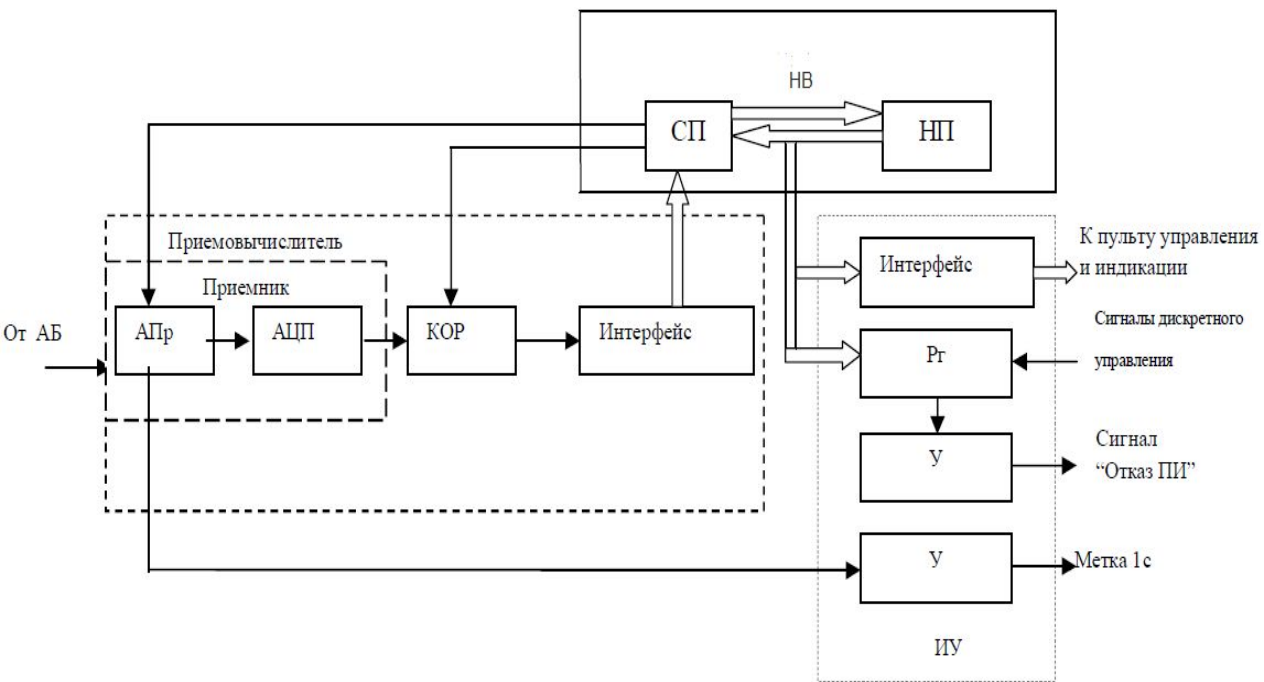


Рис. 2 Схема приемовычислителя

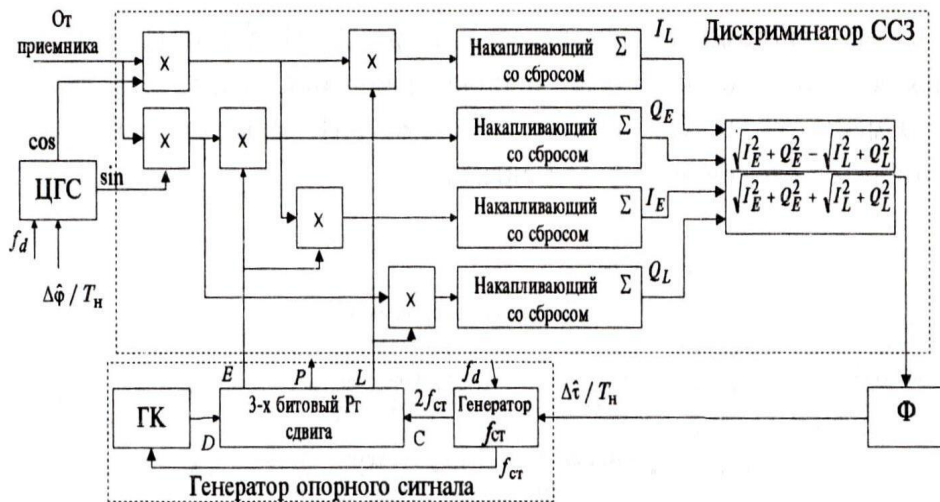
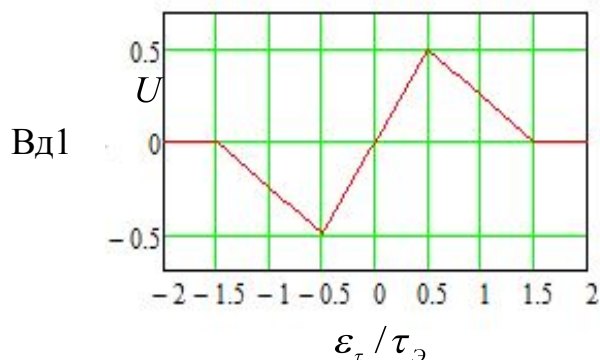


Рис.3 Схема ССЗ

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСКРИМИНАТОРОВ

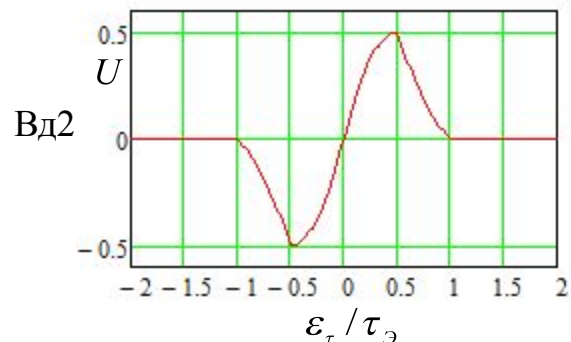
Аналитические результаты для временных дискриминаторов

Дискриминационные характеристики когерентного приемника



$$u_{\delta\tau}(t_k) = (I_{E,k} - I_{L,k}) \text{sign}(I_k).$$

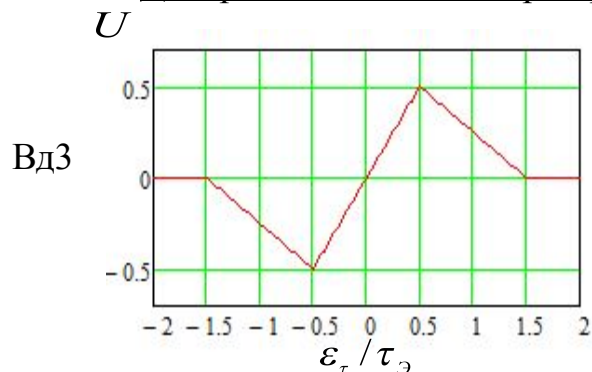
(а) при большом отношении с/ш



$$u_{\delta\tau}(t_k) = I_k (I_{E,k} - I_{L,k}),$$

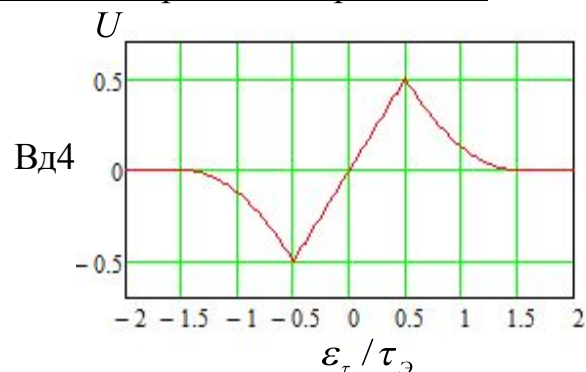
(б) при малом отношении с/ш

Дискриминационные характеристики некогерентного приемника



$$U(\varepsilon_\tau) = \left(\sqrt{\bar{I}_E^2 + \bar{Q}_E^2} - \sqrt{\bar{I}_L^2 + \bar{Q}_L^2} \right) / \Delta\tau$$

(а) при большом отношении с/ш



$$U(\varepsilon_\tau) = \left[\left(\bar{I}_E^2 + \bar{Q}_E^2 \right) - \left(\bar{I}_L^2 + \bar{Q}_L^2 \right) \right] / \Delta\tau$$

(б) при малом отношении с/ш

Рис.4. Дискриминационные характеристики временных дискриминаторов

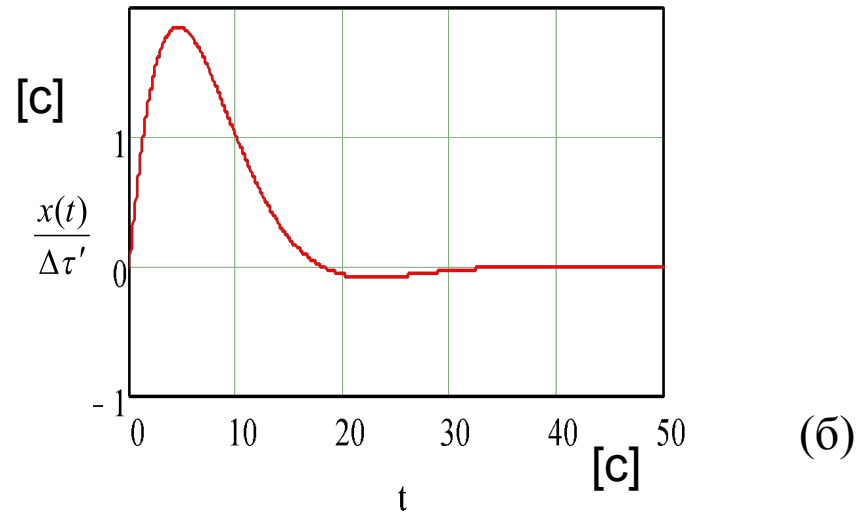
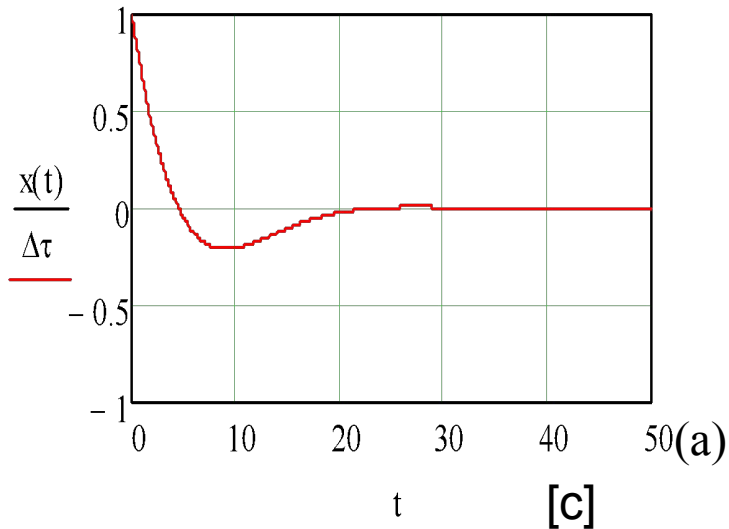
T1. Характеристики дискриминаторов задержки огибающей сигнала

№	Отношение сигнал/шум	Алгоритм ВД	крутизна S_D	Апертура ДХ (по первым нулям)	Дисперсия шума на выходе дискриминаторе	дисперсия, приведенная ко входу дискриминатора [с]
ВД1	$u_{\partial z}(t_k) = (I_{E,k} - I_{L,k}) \text{sign}(I_k)$.	при малом q	$\frac{8q_{c/n_0}^2 T^2 \cos^2(\varepsilon_\varphi)}{\tau_3}$	$\pm \tau_3$	$16q_{c/n_0}^3 T^3 \left(1 + \frac{1}{2q_{c/n_0} T}\right)$	$\frac{\tau_3^2}{4q_{c/n_0} T \cos^2(\varepsilon_\varphi)} \left(1 + \frac{1}{2q_{c/n_0} T}\right)$
ВД2	$u_{\partial z}(t_k) = I_k (I_{E,k} - I_{L,k})$,	при большом q	$\frac{4q_{c/n_0} T \cos(\varepsilon_\varphi)}{\tau_3}$	$\pm (3/2) * \tau_3$	$4q_{c/n_0} T$	$\frac{\tau_3^2}{4q_{c/n_0} T \cos^2(\varepsilon_\varphi)}$
ВД3	$U(\varepsilon_z) = \left(\sqrt{\bar{I}_E^2 + \bar{Q}_E^2} - \sqrt{\bar{I}_L^2 + \bar{Q}_L^2} \right) / \Delta \tau$	при малом q	$\frac{8q_{c/n_0}^2 T^2 \text{sinc}^2(\varepsilon_\omega T/2)}{\tau_3^2}$	$\pm (3/2) * \tau_3$	$\frac{16q_{c/n_0}^3 T^3 \text{sinc}^2(\varepsilon_\omega T/2)}{\tau_3^2} \cdot \left[1 + \frac{2}{q_{c/n_0} T \text{sinc}^2(\varepsilon_\omega T/2)} \right]$	$\frac{\tau_3^2}{4q_{c/n_0} T \text{sinc}^2(\varepsilon_\omega T/2)} \cdot \left[1 + \frac{2}{q_{c/n_0} T \text{sinc}^2(\varepsilon_\omega T/2)} \right]$
ВД4	$U(\varepsilon_z) = \left \left(\bar{I}_E^2 + \bar{Q}_E^2 \right) - \left(\bar{I}_L^2 + \bar{Q}_L^2 \right) \right / \Delta \tau$	при большом q	$\frac{4q_{c/n_0} T \text{sinc}(\varepsilon_\omega T/2) }{\tau_3^2}$	$\pm (3/2) * \tau_3$	$\frac{4q_{c/n_0} T}{\tau_3^2}$,	$\frac{\tau_3^2}{4q_{c/n_0} T \text{sinc}^2(\varepsilon_\omega T/2) }$

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРОВ

Аналитические решения для переходных процессов ССЗ

ССЗ с непрерывным фильтром второго порядка при $\sigma_a = 0,1mc^{-2}$, $q_{c/n_0} = 45\text{дБГц}$, $(\Delta F_{\text{Э2,ССЗ}} = 0,13\text{Гц})$.

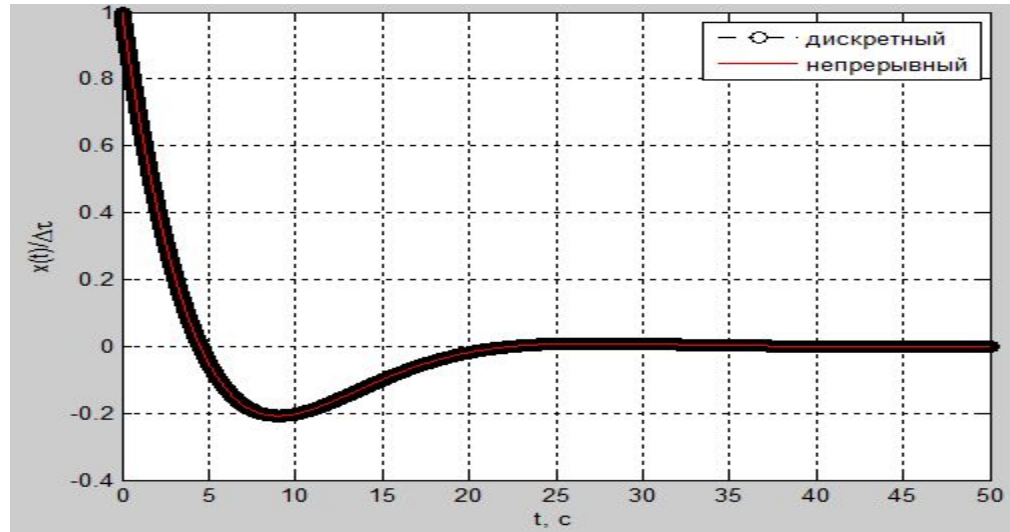


$$\frac{x(t)}{\Delta\tau} = \sqrt{2}e^{-\frac{4}{3}\Delta F_{\text{Э,ССЗ}}t} \cos\left(\frac{4}{3}\Delta F_{\text{Э,ССЗ}}t + \frac{\pi}{4}\right)$$

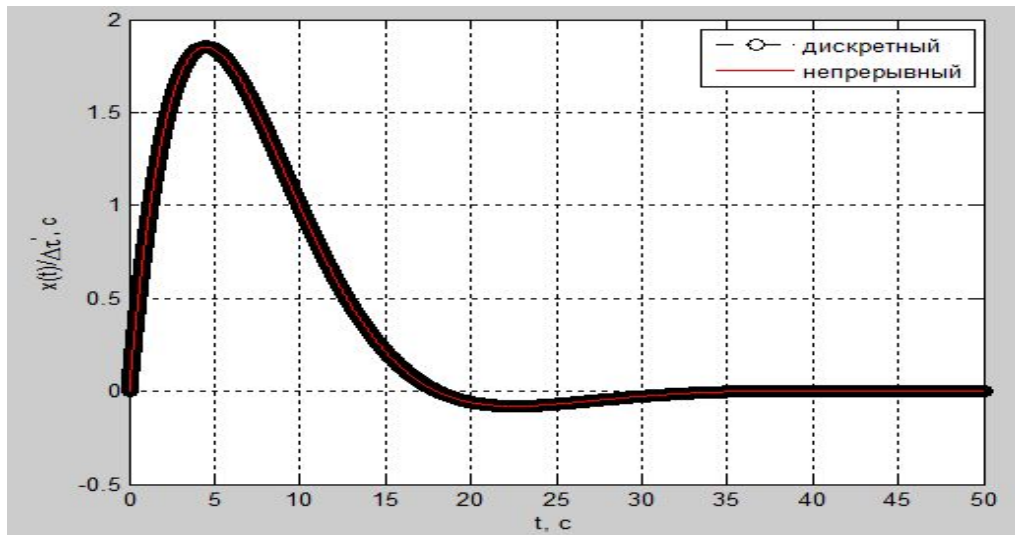
$$\frac{x(t)}{\Delta\tau'} = \frac{e^{-\frac{4}{3}\Delta F_{\text{Э,ССЗ}}t} \cdot 2 \cdot \sin\left(\frac{4}{3}\Delta F_{\text{Э,ССЗ}}t\right)}{\frac{8}{3}\Delta F_{\text{Э,ССЗ}}}$$

Рис. 5 Переходный процесс ССЗ (а) при ступенчатом входном воздействии, (б) при линейном входном воздействии

Результаты моделирования линейного дискретного фильтра второго порядка
 коэффициенты фильтра соответствуют параметрам $\sigma_a = 0,1mc^{-2}$, $q_{c/m_0} = 45\delta БГц$. ($\Delta F_{\Sigma 2,CC3} = 0,13Гц$)



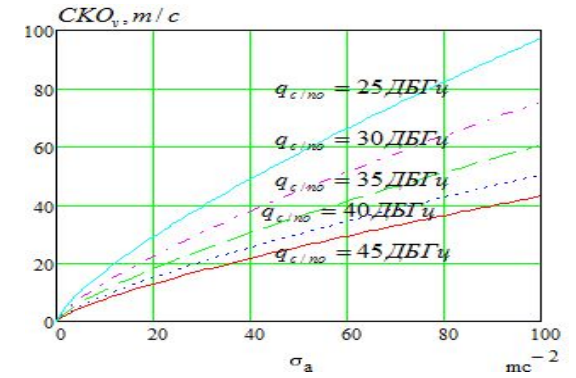
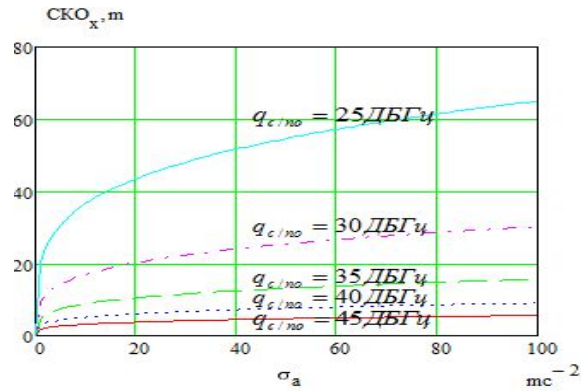
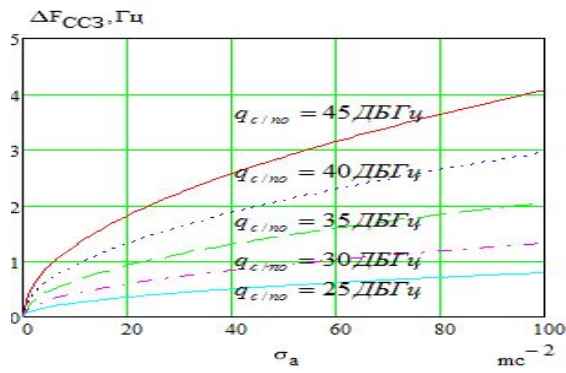
(а)



(б)

Рис. 6. Переходный процесс в дискретной модели ССЗ (а) при ступенчатом входном воздействии (б) при линейном входном воздействии

ССЗ второго порядка



ССЗ третьего порядка

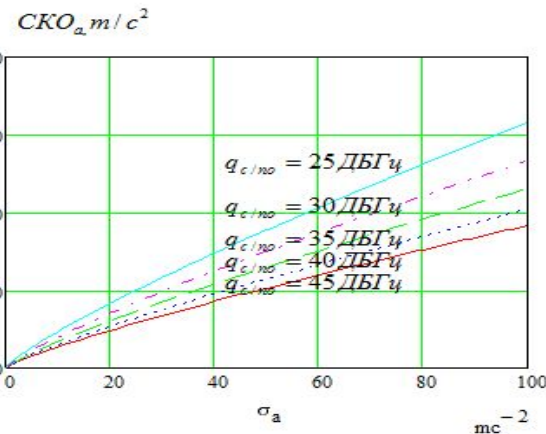
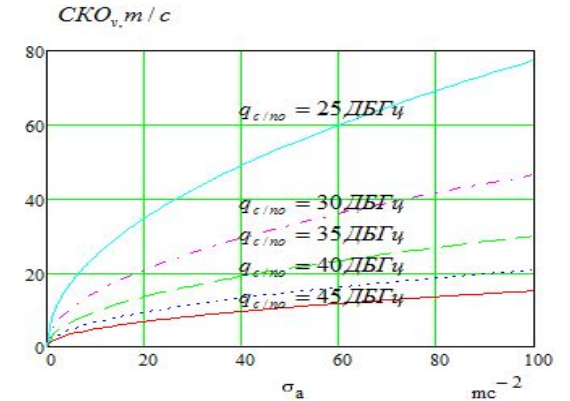
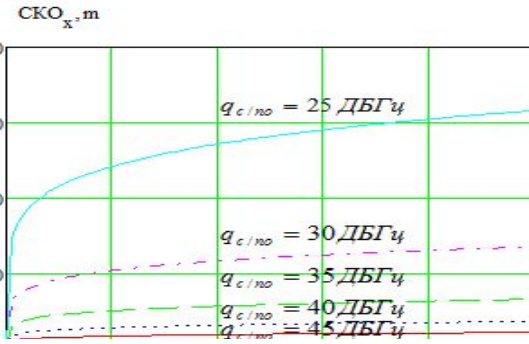
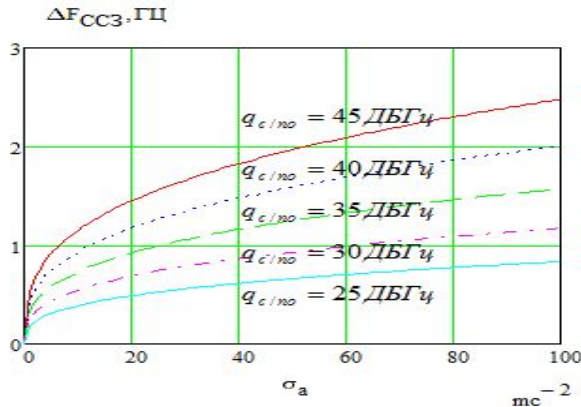


Рис.7. Аналитическое сравнение точностей характеристик ССЗ второго и третьего порядков

Исследование ССЗ с фильтром второго порядка

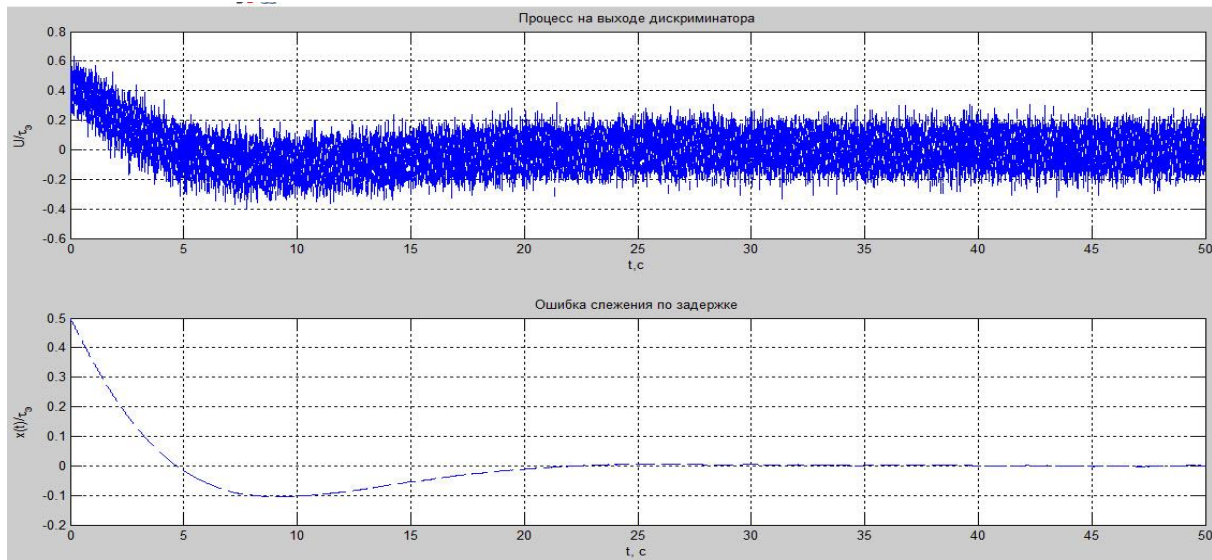


Рис.8. Процесс на выходе ВД и ошибка слежения для ступенчатого входного воздействия , при $r(t) = 0.5\Delta\tau \cdot 1(t)$ критическое значение линейного участка дискриминационной характеристики. ($\sigma_a = 0,1mc^{-2}$, $q_{c/n_0} = 45\delta БГц$).

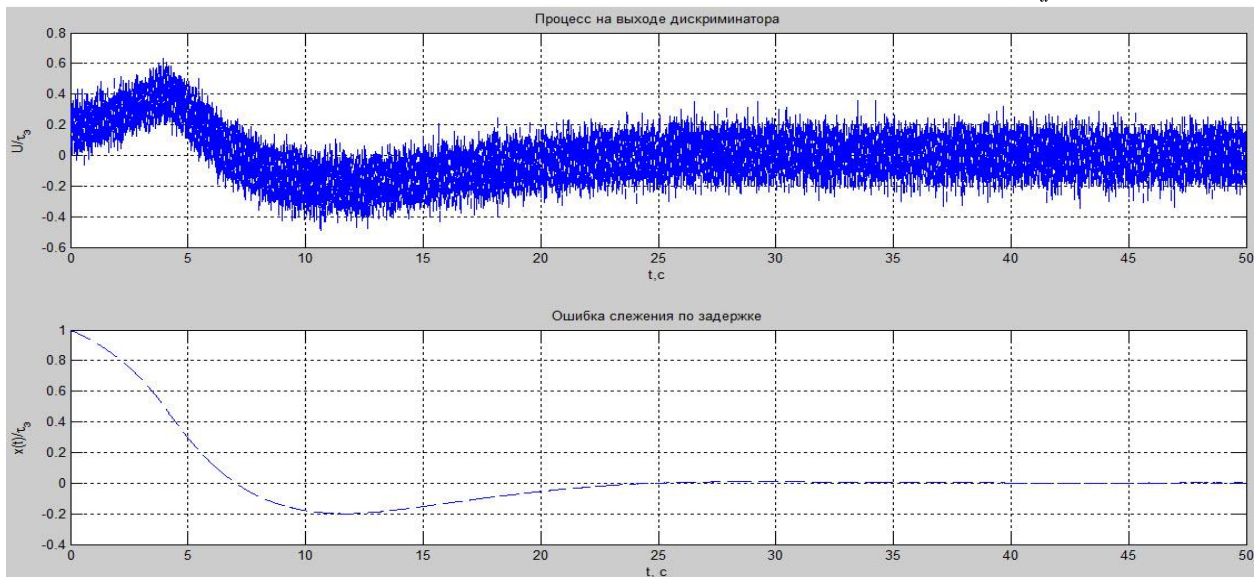


Рис.9. Процесс на выходе ВД и ошибка слежения для ступенчатого входного воздействия , при слежения $r(t) = 1 \cdot \Delta\tau \cdot 1(t)$ находится в пределах линейного участка дискриминационной характеристики. ($\sigma_a = 0,1mc^{-2}$, $q_{c/n_0} = 45\delta БГц$).

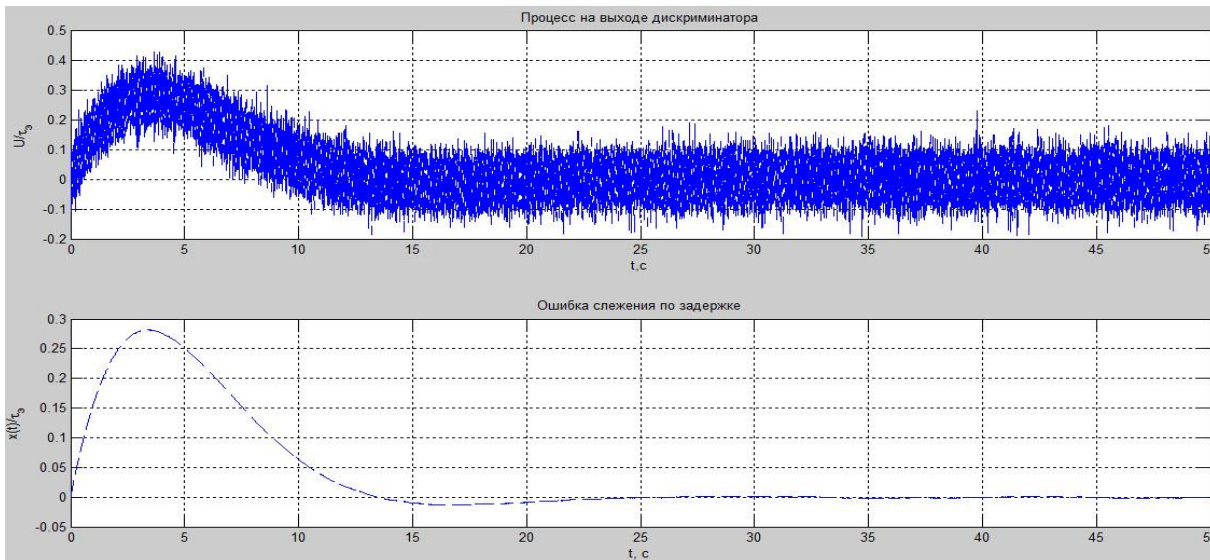


Рис.10. Процесс на выходе ВД и ошибка слежения для линейного входного воздействия , при $r(t) = 0.2 \frac{MKC}{C} \cdot t$ (ошибка слежения из линейного участка дискриминационной характеристики. ($\sigma_a = 0,1mc^{-2}$, $q_{c/n_0} = 45\delta БГц$)).

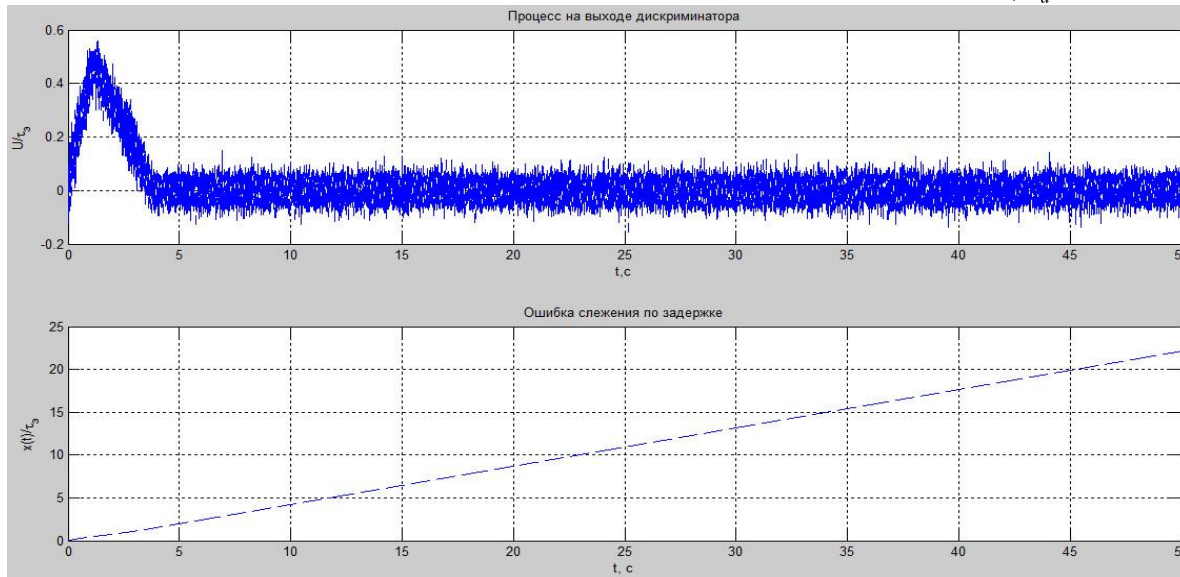


Рис.11. Процесс на выходе ВД и ошибка слежения для линейного входного воздействия , при $r(t) = 0.55 \frac{MKC}{C} \cdot t$ (ошибка слежения из линейного участка дискриминационной характеристики. ($\sigma_a = 0,1mc^{-2}$, $q_{c/n_0} = 45\delta БГц$)).

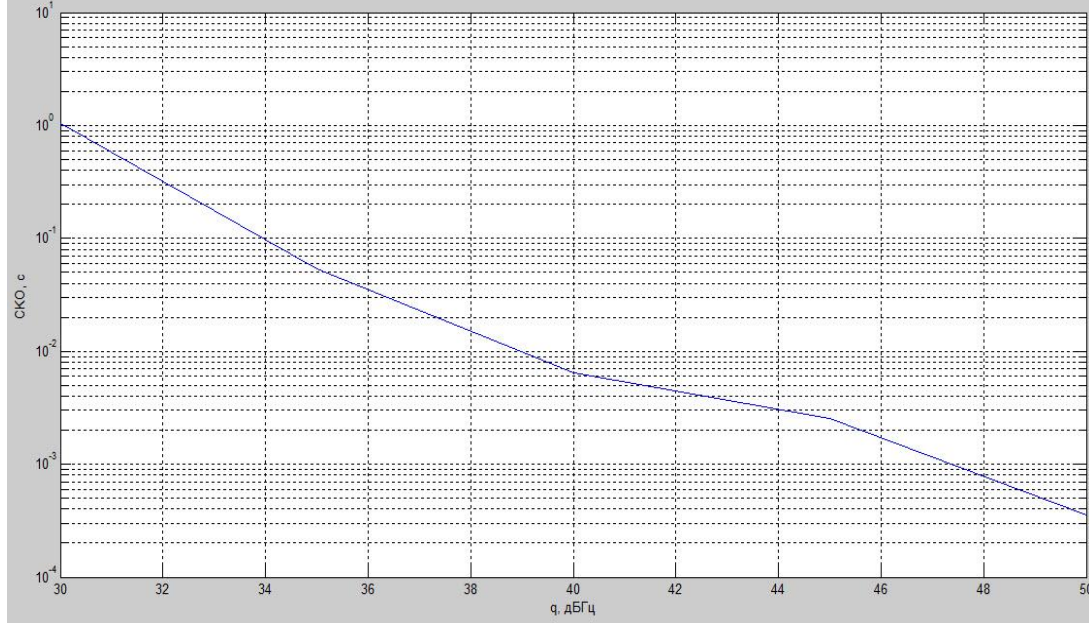
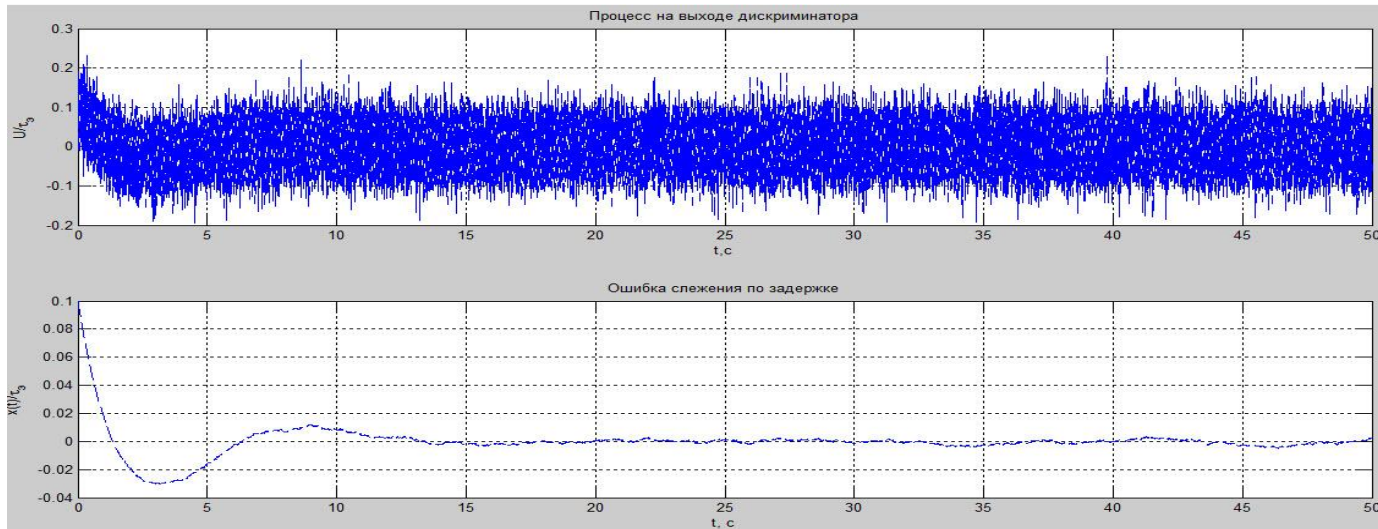
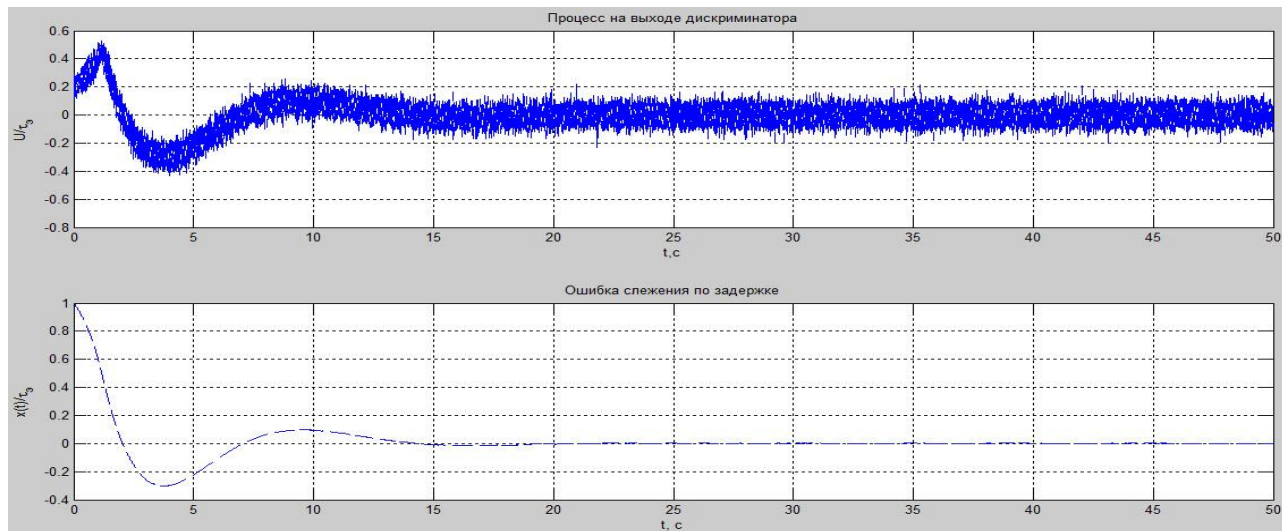


Рис.12. Зависимость СКО ошибки фильтрации от отношения сигнал/шум

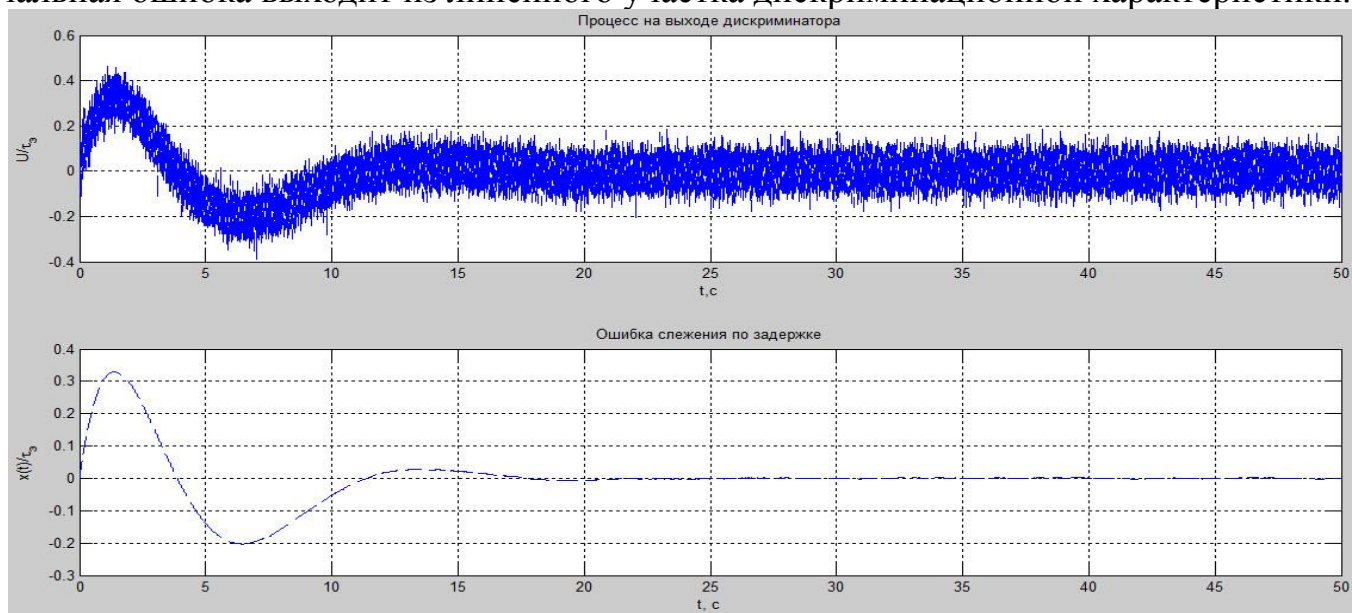
Исследование ССЗ с фильтром третьего порядка



При.13. Процесс на выходе ВД и ошибка слежения для ступенчатого входного воздействия, при $r(t) = \Delta\tau 0.1(t)$ ошибка слежения находится в пределах линейного участка дискриминационной характеристики. ($\sigma_a = 0,1mc^{-2}$, $q_{c/n_0} = 45дБГц$).



При.14.Процесс на выходе ВД и ошибка слежения для ступенчатого вход-ного воздействия , при $r(t) = \Delta\tau 1(t)$ начальная ошибка выходит из линейного участка дискриминационной характеристики. ($\sigma_a = 0,1mc^{-2}$, $q_{c/n_0} = 45\delta БГц$).



При.15.Процесс на выходе ВД и ошибка слежения для линейного вход-ного воздействия , при $r(t) = 0.55 \frac{МКС}{\tau_s}$ ошибка слежения лежит в пределах из линейного участка дискриминационной характеристики ($\sigma_a = 0,1mc^{-2}$, $q_{c/n_0} = 45\delta БГц$).

- В работе изложены принципы построения спутниковой радионавигационной системы, приведены основные сведения о параметрах систем ГЛОНАСС.
- Рассмотрены особенности построения различных вариантов временных дискриминаторов и фильтров.
- Выполнено аналитическое сравнение точности ССЗ с фильтром второго и третьего порядков.
- Разработаны математические модели системы ССЗ.
- Выполнены реализации моделей в среде MatLab.
- Проведена отладка математической модели путем сравнения результатов моделирования с известными аналитическими результатами.
- Получены переходные характеристики цифровых фильтров систем ССЗ, второго и третьего порядков.
- На разработанных математических моделях, выполнено сравнение характеристик систем ССЗ второго и третьего порядков.

*Спасибо за
Внимание*