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.

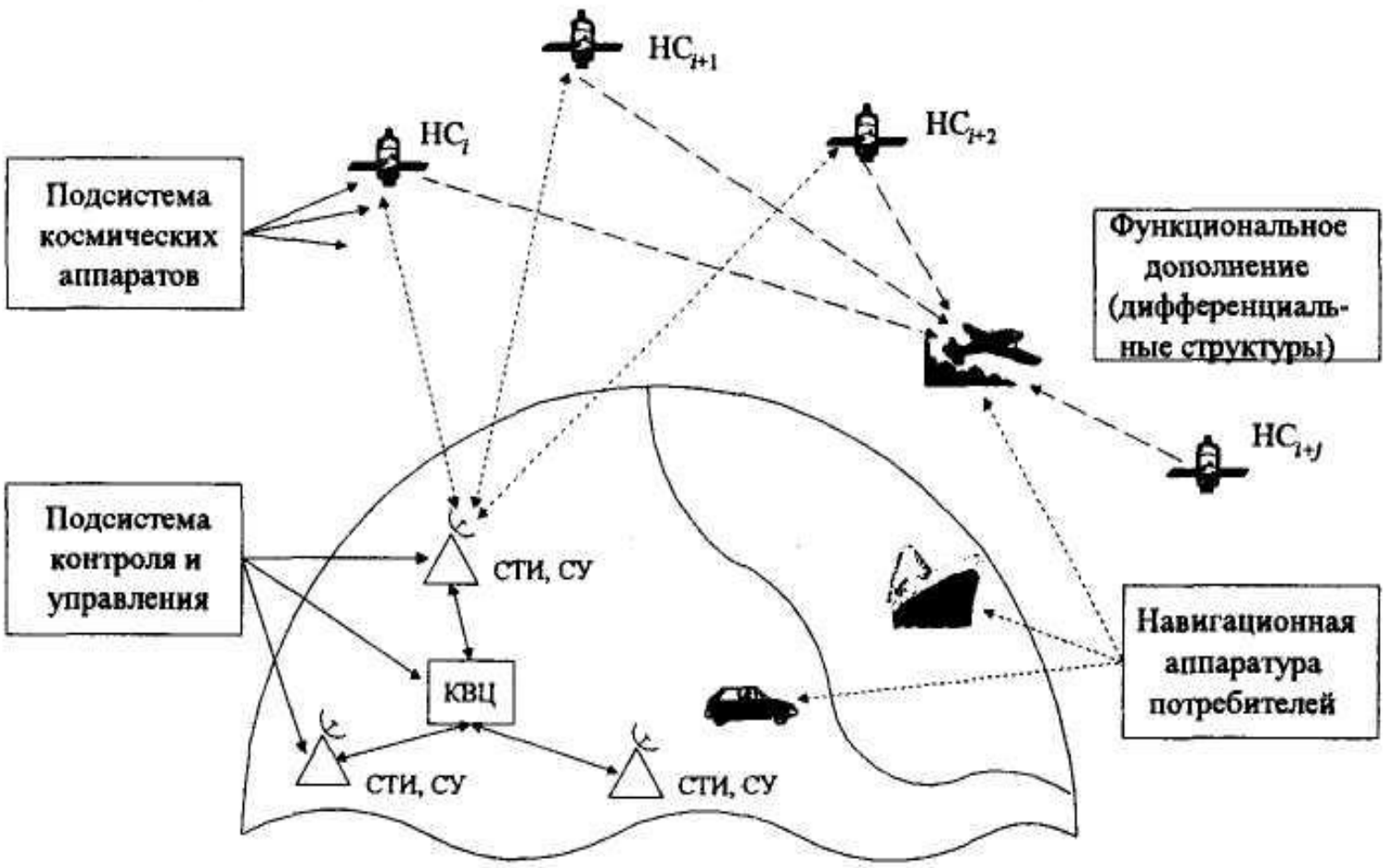


Рис. 1 Глобальная спутниковая радионавигационная система

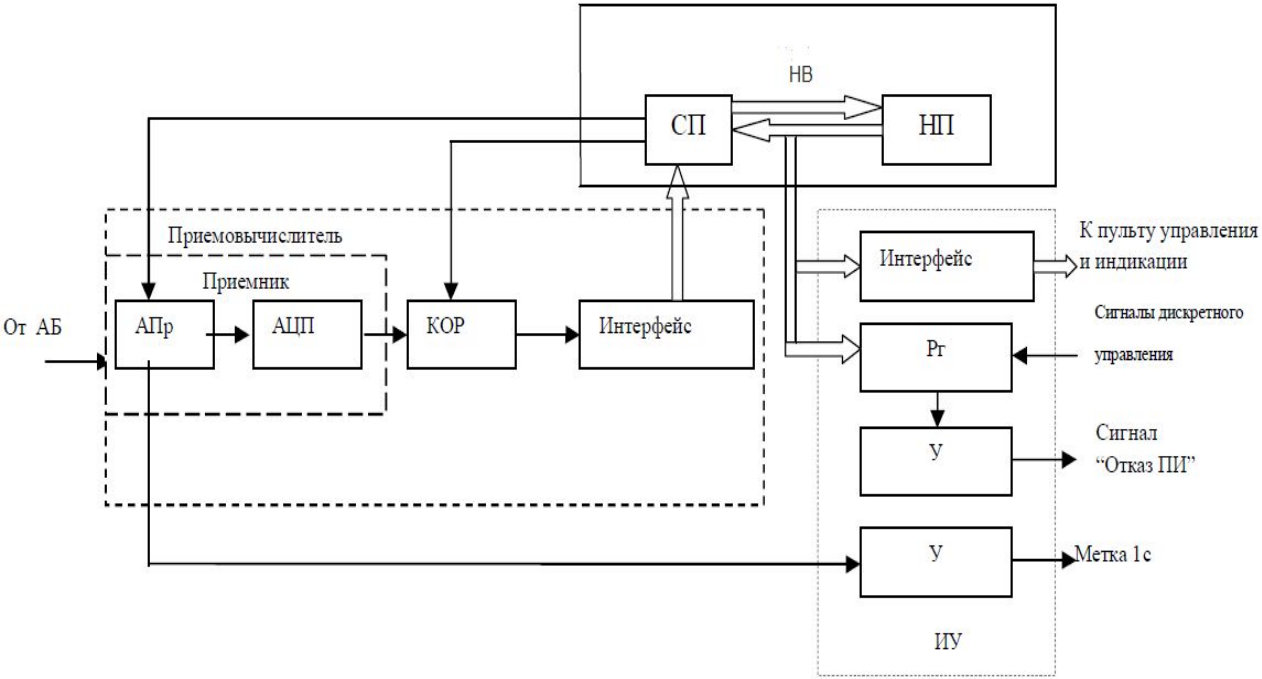


Рис. 2 Схема приемовычислителя

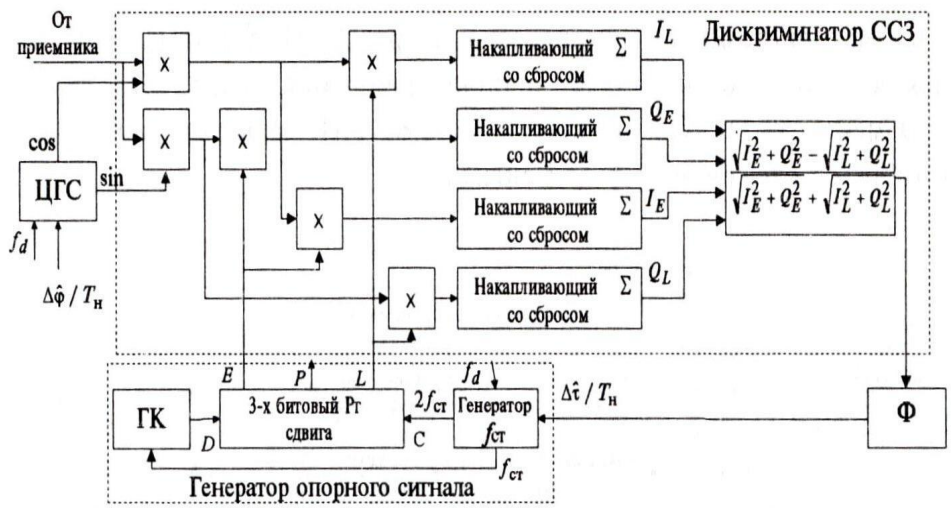


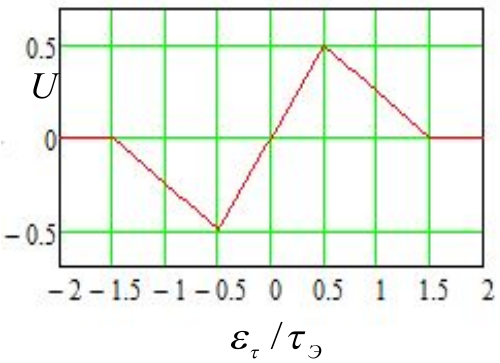
Рис.3 Схема ССЗ

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСКРИМИНАТОРОВ

Аналитические результаты для временных дискриминаторов

Дискриминационные харатеристики когерентного приемника

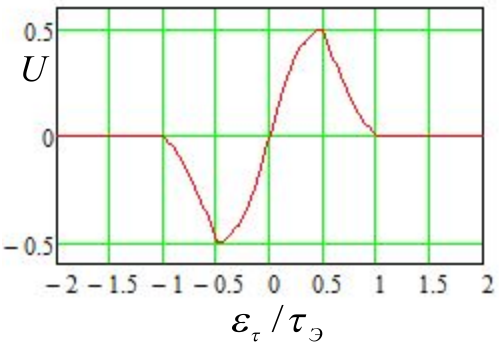
Вд1



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

(а) при большом отношеним с/ш

Вд2

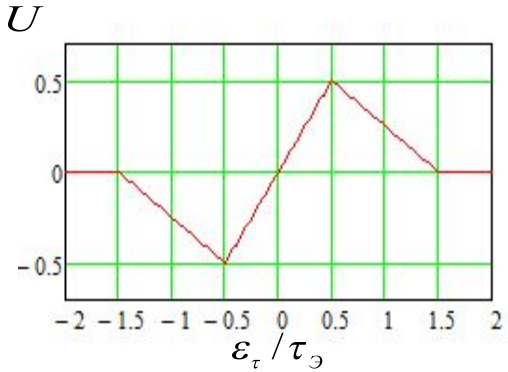


$$u_{\partial\tau}(t_k) = I_k(I_{E,k} - I_{L,k}),$$

(б) при малом отношеним с/ш

Дискриминационные харатеристики некогерентного приемника

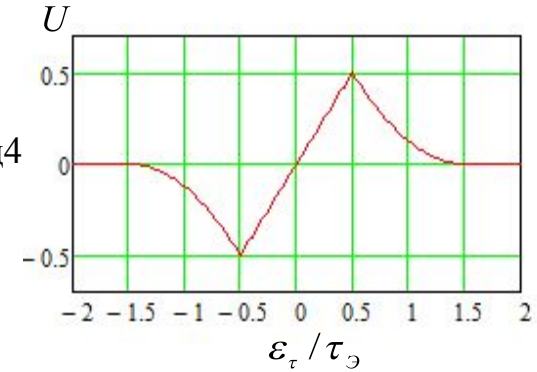
Вд3



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

(а) при большом отношеним с/ш

Вд4



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

(б) при малом отношенимс/ш

Рис.4.Дискриминационные харатеристики временных дискриминаторов

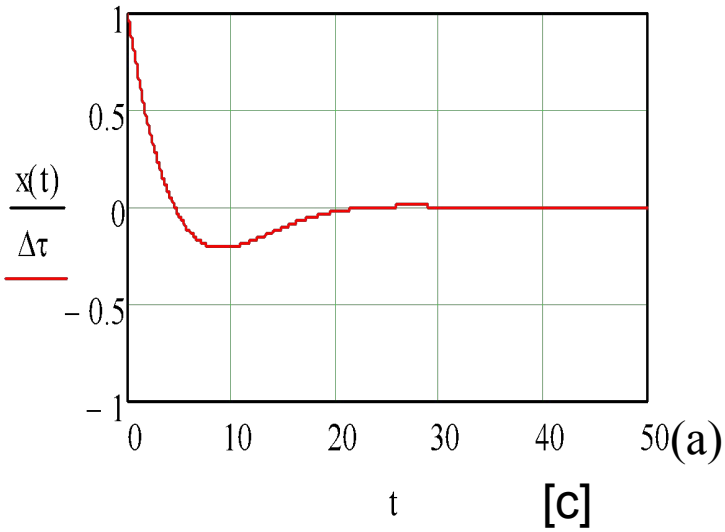
Т1. Характеристики дискриминаторов задержки огибающей сигнала

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

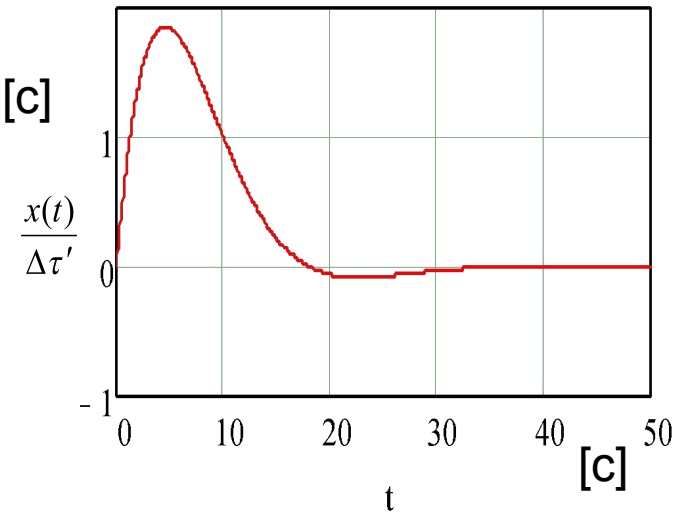
2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРОВ

Аналитические решения для переходных процессов ССЗ

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



(а)



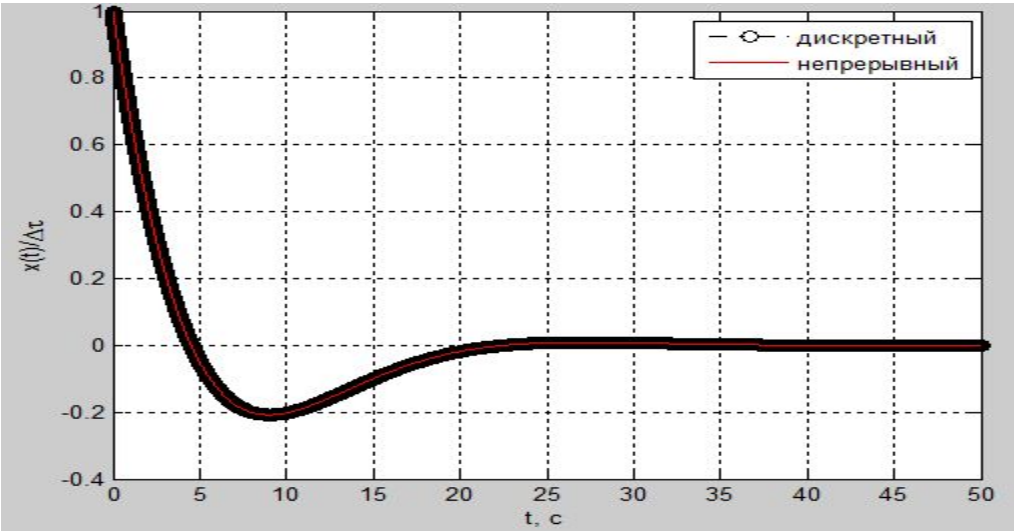
(б)

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

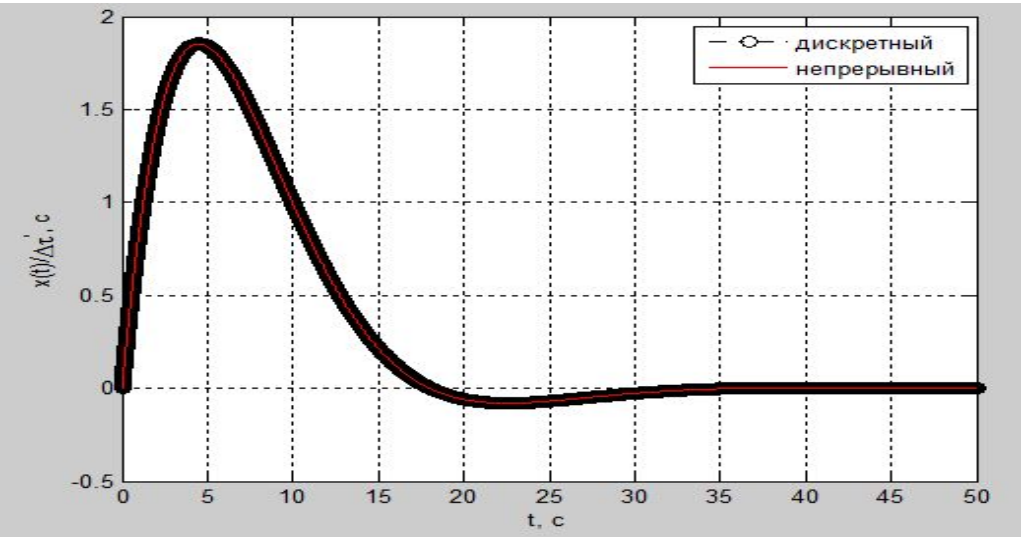
$$\frac{x(t)}{\Delta\tau'} = \frac{e^{-\frac{4}{3}\Delta F_{Э,ССЗ} t} \cdot 2 \cdot \sin\left(\frac{4}{3}\Delta F_{Э,ССЗ} t\right)}{\frac{8}{3}\Delta F_{Э,ССЗ}}$$

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

Результаты моделировиния линейного дискретного фильтра второго порядка коэффициенты фильтра соответствуют параметрам $\sigma_a = 0{,}1 mc^{-2}, \quad q_{c/n_0} = 45 дБГц. \quad (\Delta F_{Э2,ССЗ} = 0{,}13 Гц)$



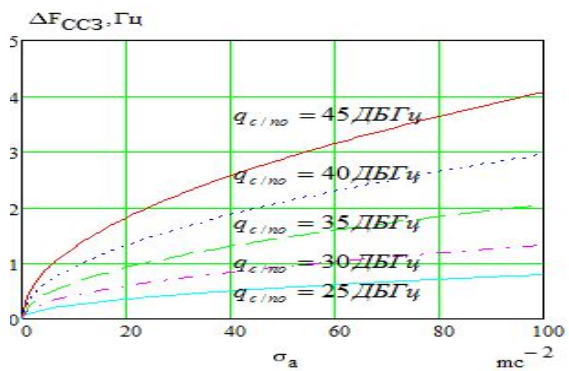
(а)

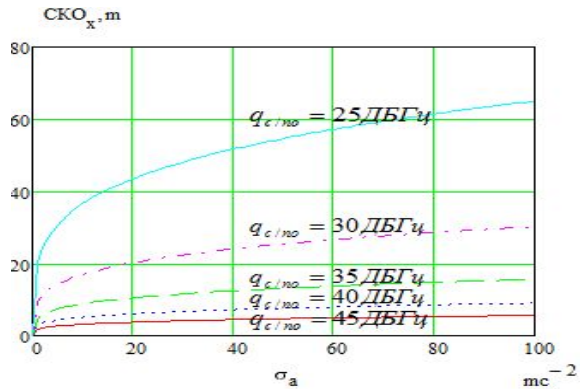


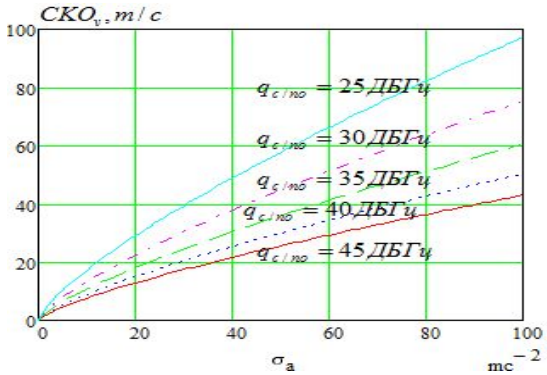
(б)

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

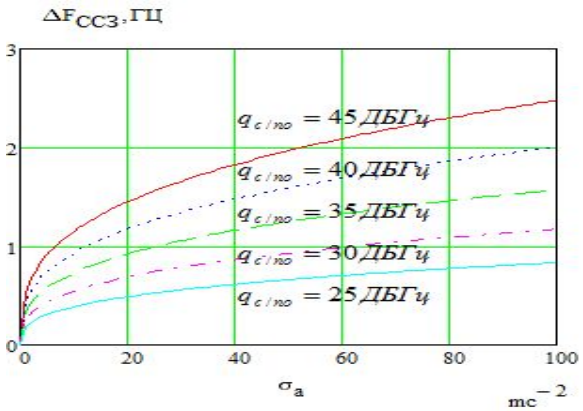
ССЗ второго порядка

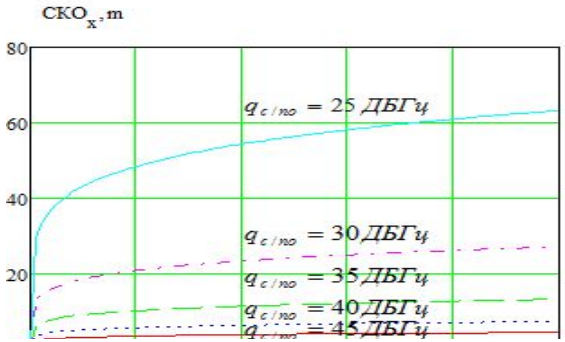


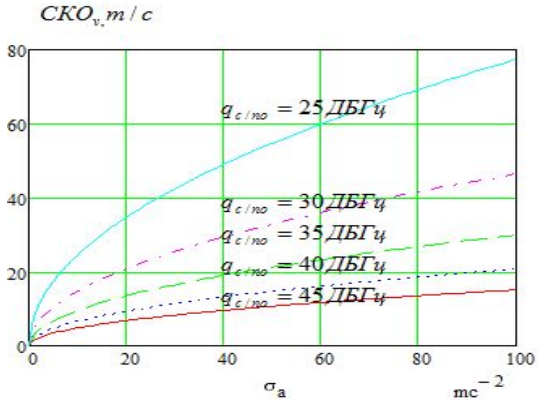




ССЗ третьего порядка







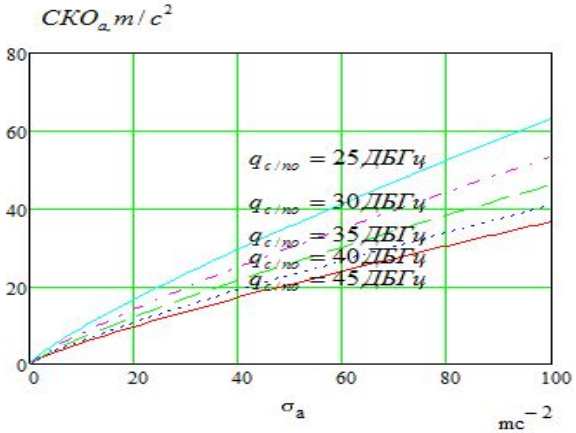


Рис.7.Аналитическое сравнение точностих характеристик ССЗ второго и третьего порядков

Исследование ССЗ с фильтром второго порядка

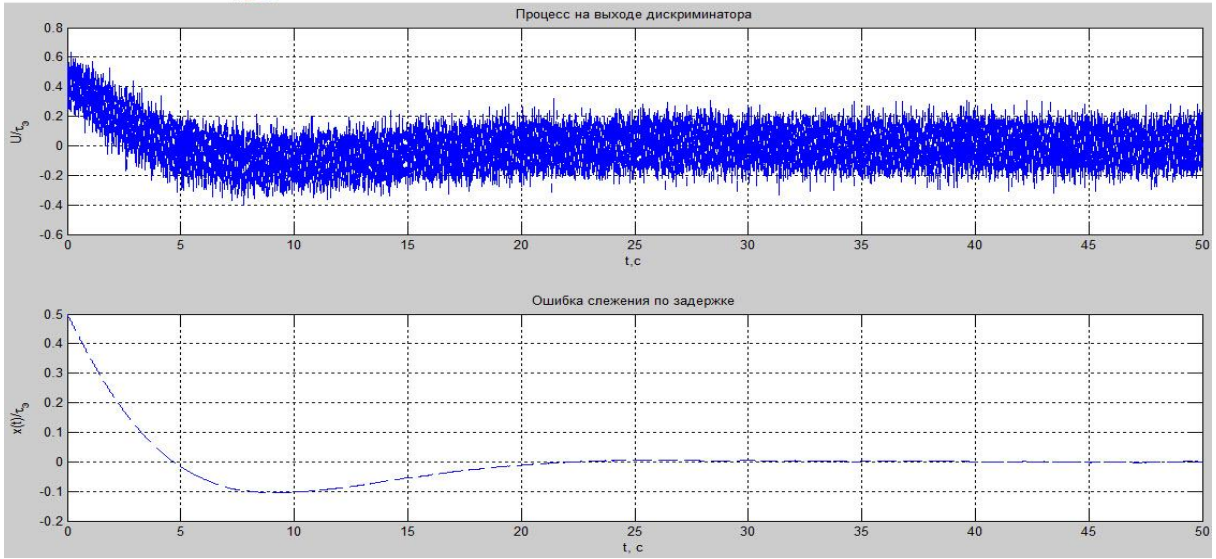


Рис.8.Процесс на выходе ВД и ошибка слежения для ступенчатого входного воздействия , при $r(t) = 0.5\Delta\tau \cdot 1(t)$ критическое значение линейного участка дискриминационной характеристики. $(\sigma_a = 0{,}1mc^{-2},\ q_{c/n_0} = 45дБГц)$.

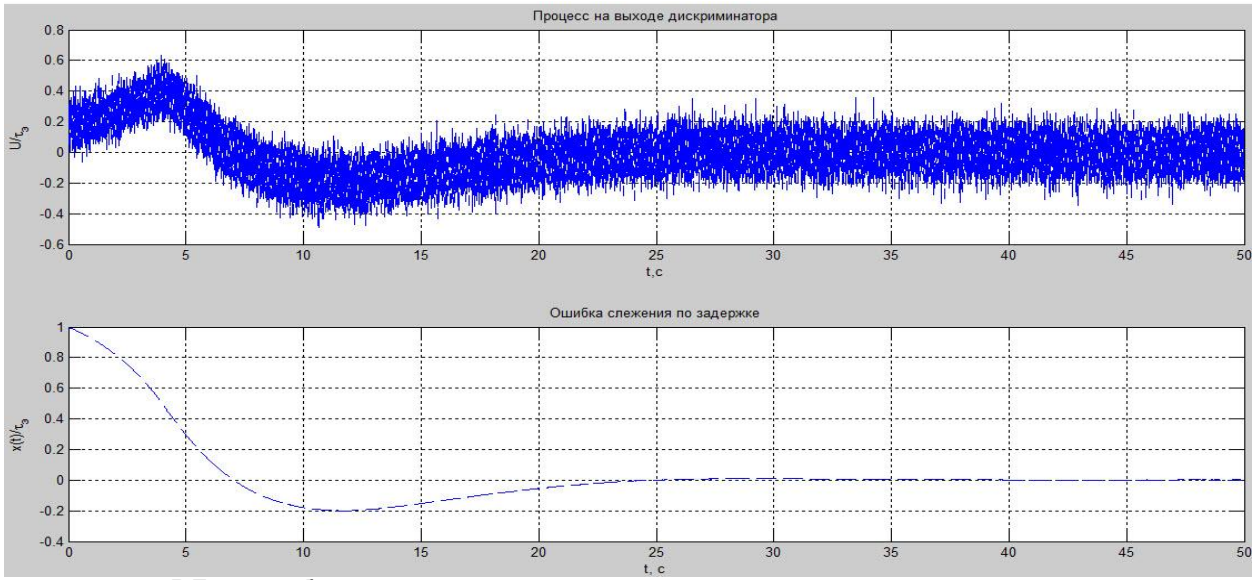


Рис.9. Процесс на выходе ВД и ошибка слежения для ступенчатого входного воздействия ,при слежения находится в пределах линейного участка дискриминационной характеристики. $r(t) = 1 \cdot \Delta\tau \cdot 1(t)$ $(\sigma_a = 0{,}1mc^{-2}, q_{c/n_0} = 45дБГц)$.

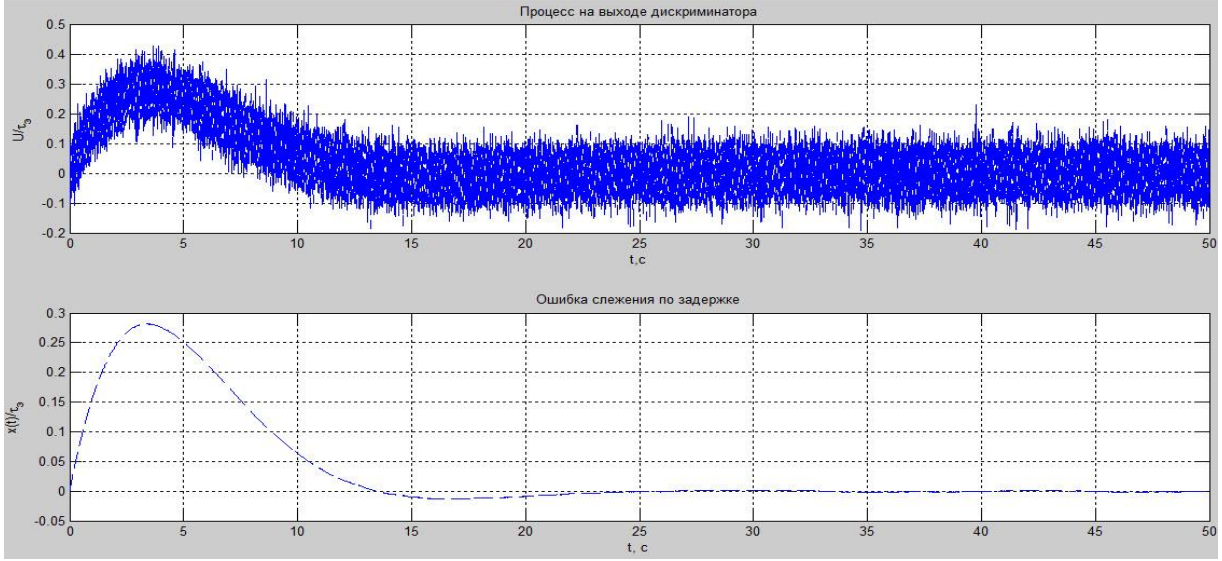


Рис.10.Процесс на выходе ВД и ошибка слежения для линейного входного воздействия , при $r(t) = 0.2\frac{МКС}{С}\cdot t$ ошибка слежения из линейного участка дискриминационной характеристики. $(\sigma_a = 0{,}1мс^{-2},\ q_{c/n_0} = 45дБГц)$.

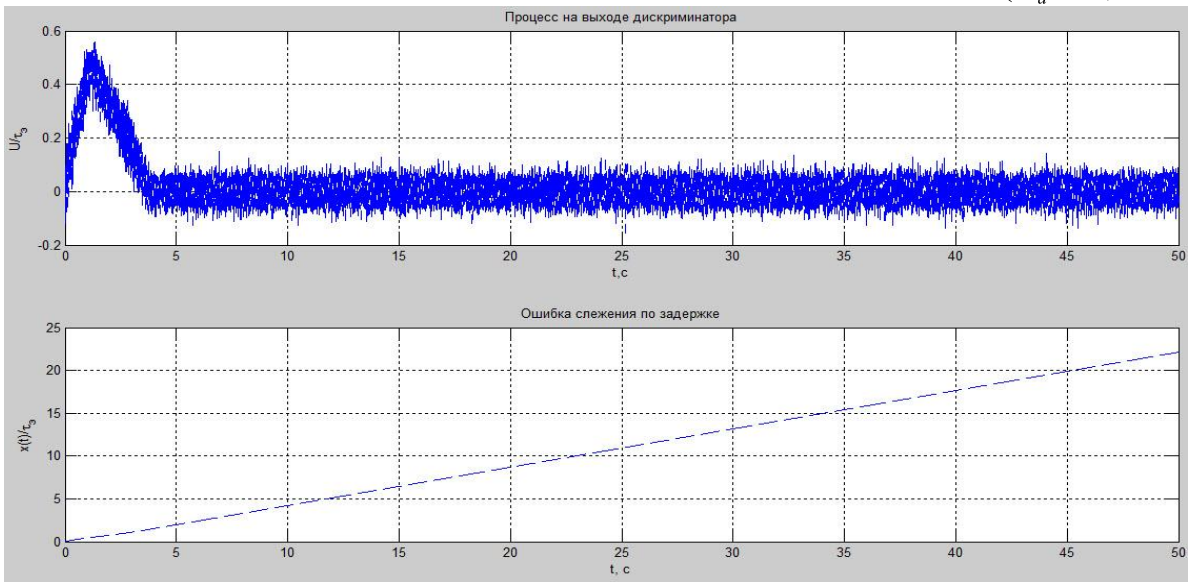


Рис.11.Процесс на выходе ВД и ошибка слежения для линейного входного воздействия , при $r(t) = 0.55\frac{МКС}{С}\cdot t$ срыв слежения) $(\sigma_a = 0{,}1мс^{-2}, q_{c/n_0} = 45дБГц)$.

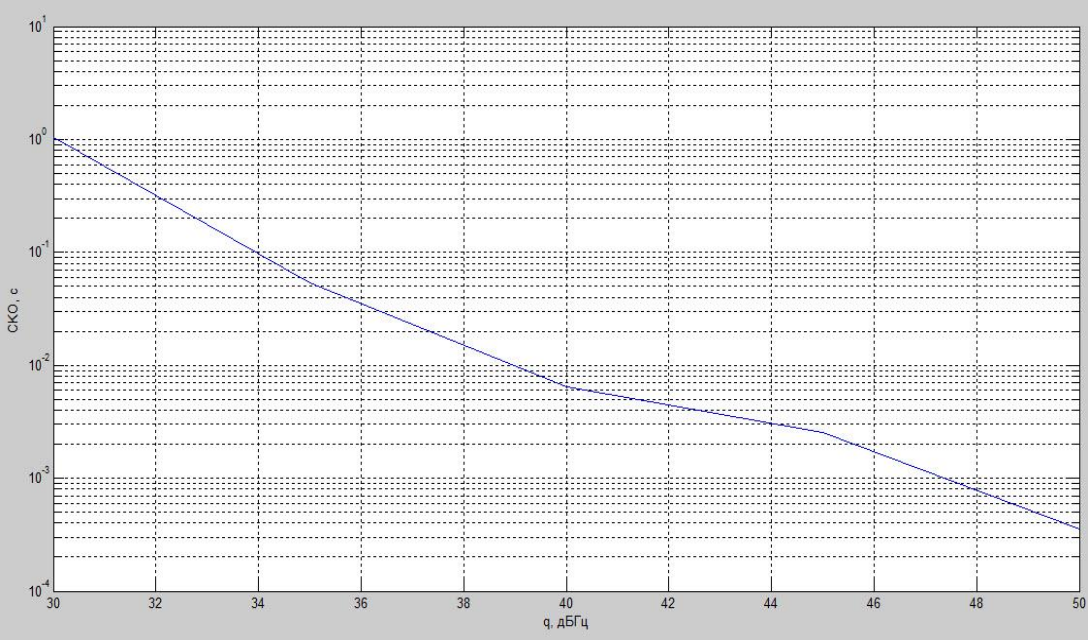
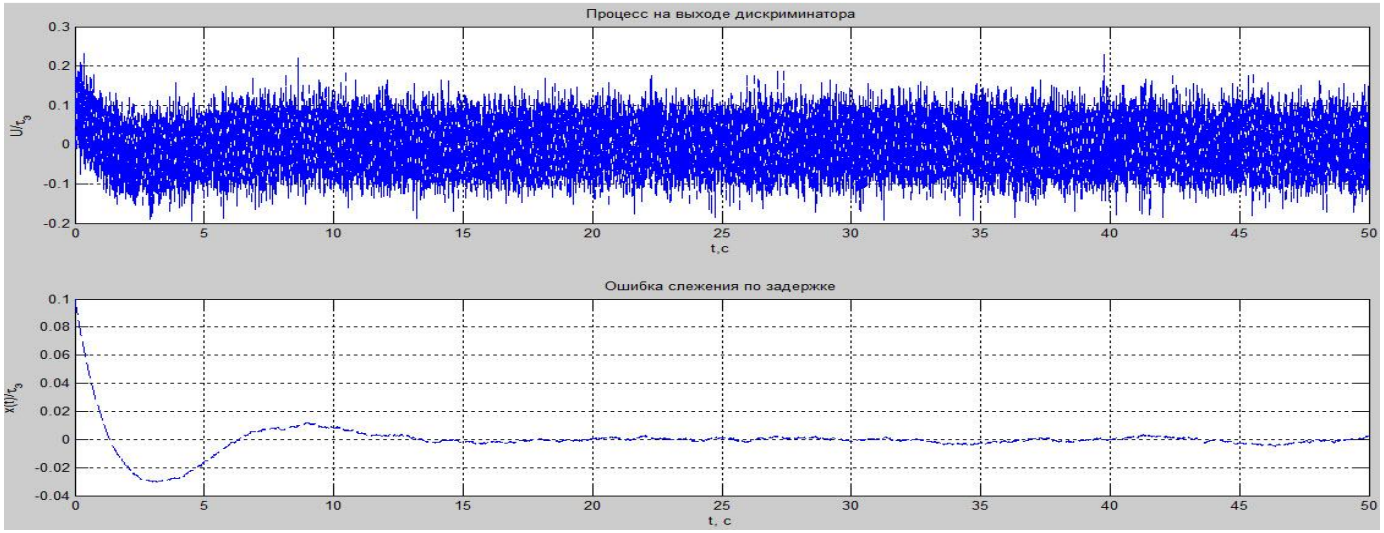
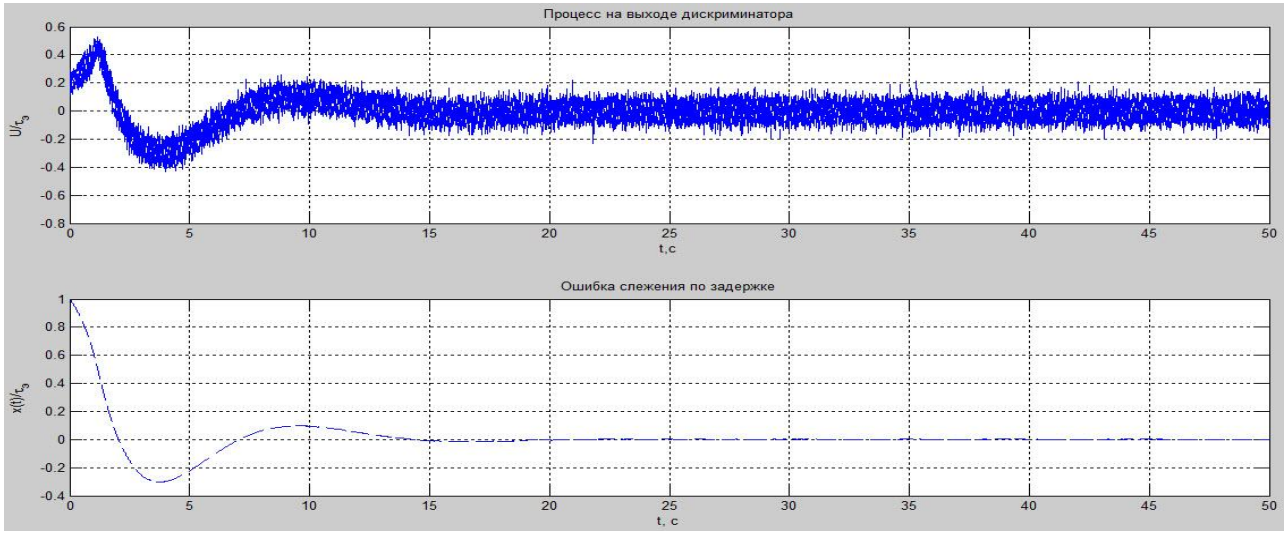


Рис.12. Зависимость СКО ошибки фильтрации от отношения сигнал/шум

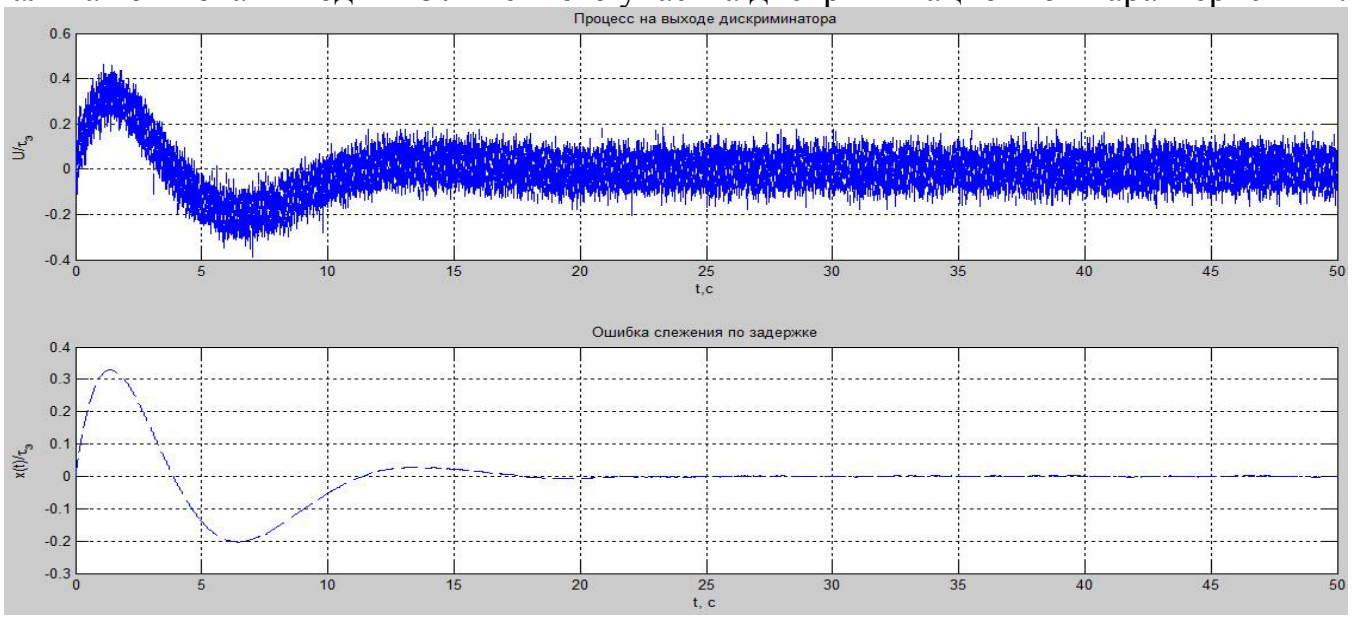
Исследование ССЗ с фильтром третьего порядка



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



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. $(\sigma_a = 0{,}1 мс^{-2}, q_{c/n_0} = 45 дБГц)$.



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

- 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