

БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени И. КАНТА

РАЗДЕЛ III

**МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ.
МОДУЛЯЦИЯ И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ**

к.т.н. Олег Романович Кивчун

**Калининград
2012**

ЛЕКЦИЯ № 15

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПРИЁМ ПРИ НЕОПРЕДЕЛЁННОЙ ФАЗЕ И АМПЛИТУДЕ СИГНАЛА

1. Алгоритм оптимального некогерентного приёма.
2. Некогерентный приём ОФМ сигналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Теория электрической связи: Учеб. Для вузов / А.Г. Зюко, Д. Д. Кловский, В.И. Коржик, М. В. Назаров; Под ред. Д. Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1998. – 433 с.

Дополнительная:

1. Прокис Дж. Цифровая связь: Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
2. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
3. Сухоруков А.С. Теория электрической связи: Конспект лекций. Часть 1. – М.: МТУСИ, ЦЕНТР ДО, 2002. – 65 с.

1. Алгоритм оптимального некогерентного приёма

ОПТИМАЛЬНЫЙ НЕКОГЕРЕНТНЫЙ ПРИЁМ (СЛАЙД 1)

НЕКОГЕРЕНТНЫЙ ПРИЁМ – это метод обработки сигналов, при котором предполагается, что начальная фаза сигнала не известна и может принимать произвольное значение на интервале $(0, 2\pi)$.

Оптимальный некогерентный приёмник вычисляет модуль (огibaющую) функции взаимной корреляции:

$$V_k = \left| \int_0^t \dot{Z}(t) \cdot \dot{S}_i^*(t) dt \right|$$

и решает, что был передан тот сигнал, для которого V_k в некоторый момент времени $t_0 = T$ имеет наибольшее значение.

$$\text{Если } \left| \int_0^T \dot{Z}(t) \cdot \dot{S}_1^*(t) dt \right| > \left| \int_0^T \dot{Z}(t) \cdot S_0^*(t) dt \right| \text{ – принимается решение в пользу «1».$$

При когерентном приеме вычисляем корреляционный интеграл:

$$\int_0^T Z(t) \cdot S(t) dt, \text{ тогда } V_i = \left| \int_0^T Z(t) \cdot S_i^*(t) dt \right| = \sqrt{\left[\int_0^T Z(t) \cdot S_i(t) dt \right]^2 + \left[\int_0^T Z(t) \cdot \hat{S}_i(t) dt \right]^2}.$$

Под знаком корень – огибающая сигнала.

ОПТИМАЛЬНЫЙ НЕКОГЕРЕНТНЫЙ ПРИЁМ (СЛАЙД 2)



Обозначим: $W(\varphi) = 1/2\pi$

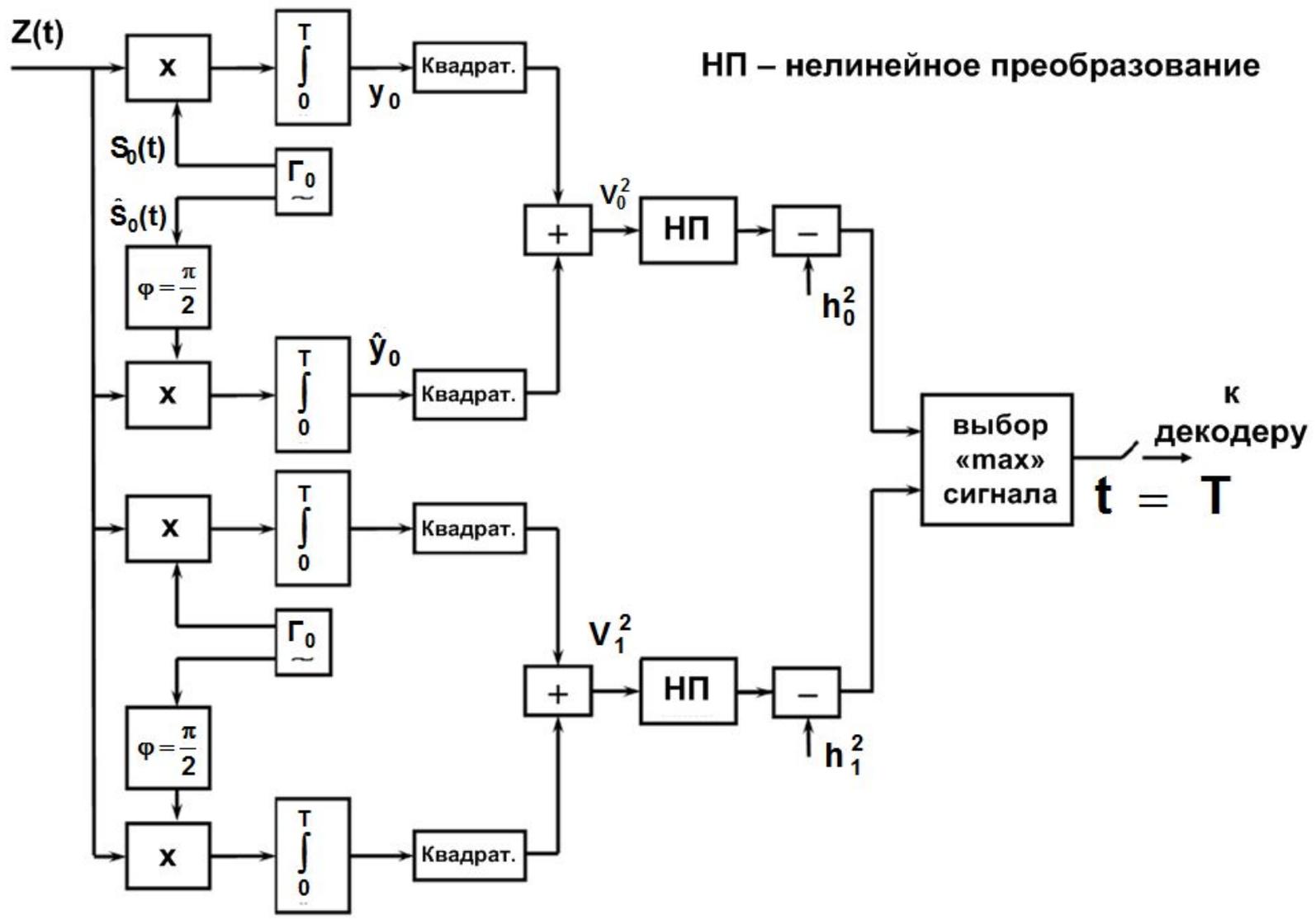
$$V_i = \sqrt{y_i^2 + \hat{y}_i^2}, \quad \varphi_i = \arctg \frac{\hat{y}_i}{y_i}.$$

В этом случае правило оптимальной обработки принимает вид:

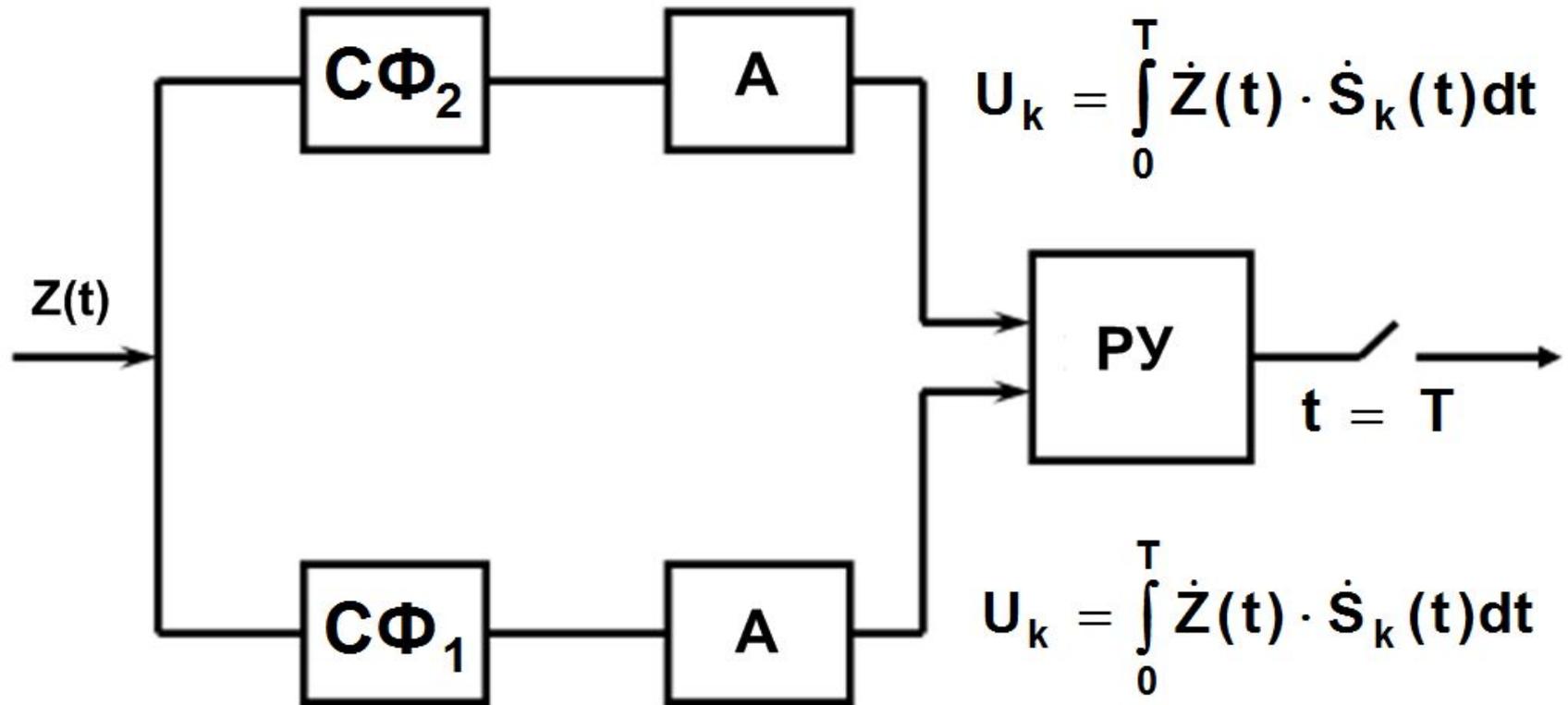
$$\ln I_0 \left(\frac{2V_1}{N_0} \right) - h^2 > \ln I_0 \left(\frac{2V_0}{N_0} \right) - h_0^2,$$

где $I_0(x) = \frac{1}{2} \cdot \int_0^{2\pi} e^{x \cos(\theta - \varphi_i)} d\theta$ – модифицированная функция Бесселя θ -го порядка.

ОПТИМАЛЬНЫЙ НЕКОГЕРЕНТНЫЙ ПРИЁМНИК



ОПТИМАЛЬНЫЙ НЕКОГЕРЕНТНЫЙ ПРИЁМНИК НА СФ



А – амплитудный детектор, РУ – решающее устройство, СФ – согласованный фильтр

$$P_{\text{ошнеког. ЧМ.}} = \frac{1}{2} \cdot \exp\left(-\frac{h^2}{2}\right) \quad P_{\text{ошнеког. АМ.}} \approx \frac{1}{2} \cdot \exp\left(-\frac{h^2}{4}\right) \quad P_{\text{ошнеког. ОФМ.}} = \frac{1}{2} \cdot \exp(-h^2)$$

2. Некогерентный приём ОФМ сигналов

НЕКОГЕРЕНТНЫЙ ПРИЁМ ОФМ СИГНАЛОВ (СЛАЙД 1)

Если в канале, который описывается моделью с неопределённой фазой, изменения фазы колебаний происходят сравнительно медленно и на интервале двух соседних посылок фазовые соотношения не нарушаются, то оказывается возможным применять ОФМ сигналы. Многочисленные эксперименты показали, что такие условия выполняются практически во многих каналах.

С учётом правила формирования ОФМ сигнала можно записать, что информационному символу «0» соответствует реализация:

$$S_0(t) = U_c \cos(\omega t + \varphi); \quad t \in [0, 2\pi],$$

а символу «1» – реализация:

$$S_1(t) = \begin{cases} U_c \cos(\omega t + \varphi); & t \in [0, T]; \\ -U_c \cos(\omega t + \varphi); & t \in [T, 2T]. \end{cases}$$

φ – случайная фаза сигнала, неизвестная на приёме, зависящая от символа, переданного на $(k - 1)$ – M-тактовом интервале или ранее, $k = 1, 2, \dots$

НЕКОГЕРЕНТНЫЙ ПРИЁМ ОФМ СИГНАЛОВ (СЛАЙД 2)

Можно сказать, что эти реализации представляют собой систему сигналов ортогональных в усиленном смысле. (Система, в которой условие:

$$\begin{cases} \int_0^T Z(t) \cdot S_r(t) dt = 0; \\ \int_0^T Z(t) \cdot S_r^*(t) dt = 0, \end{cases} \text{ выполняется для любой пары сигналов – называется парой ортогональных сигналов в усиленном смысле).}$$

Однако в отличие от сигналов ЧМ их следует рассматривать на интервале $2T$, а не T .

В приёмнике могут быть сформированы величины:

$$Y_{0k} = (X_{k-1} + X_k)^2 + (Y_{k-1} + Y_k)^2, \quad k = 1, 2, \dots$$

$$Y_{1k} = (X_{k-1} - X_k)^2 + (Y_{k-1} - Y_k)^2, \quad k = 1, 2, \dots$$

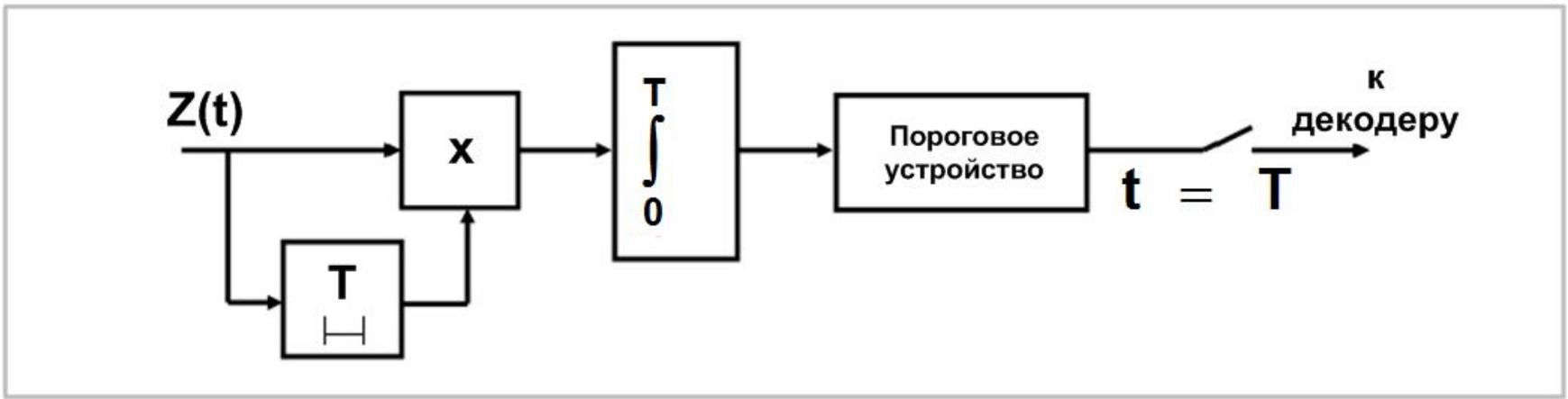
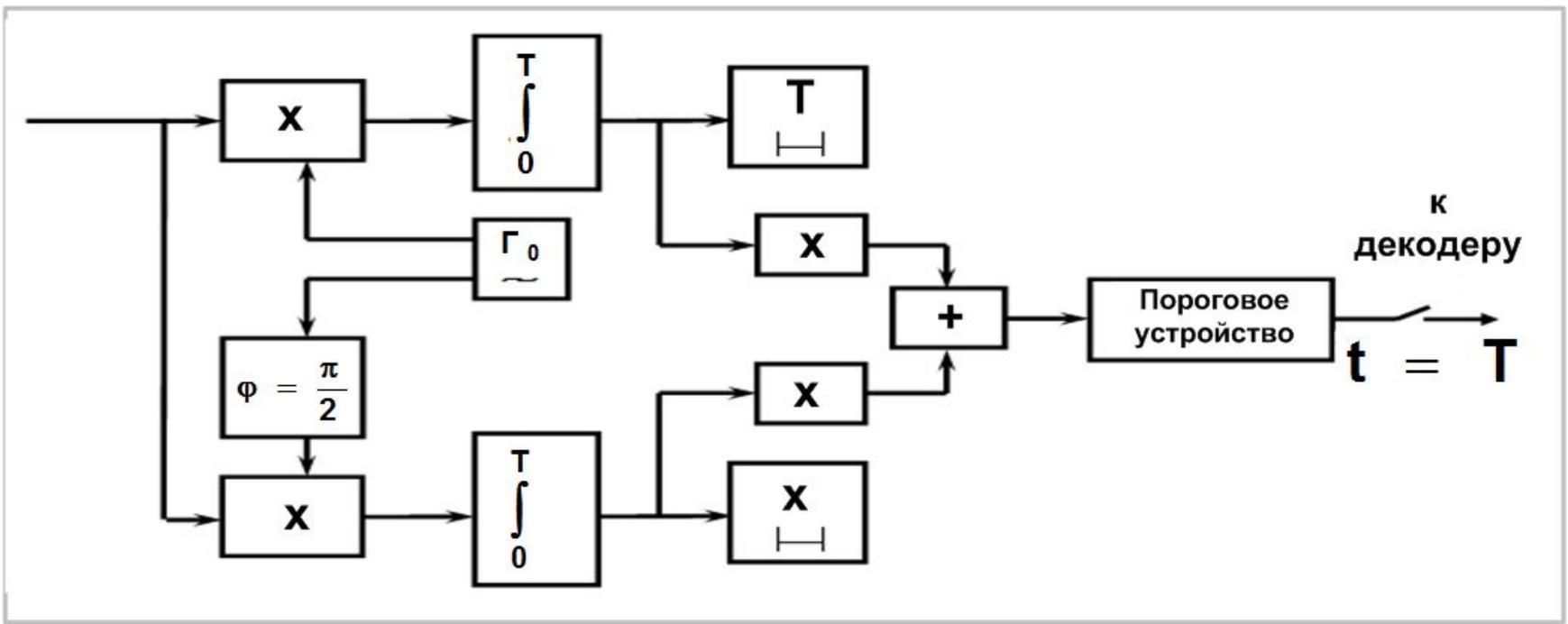
$$X_{k-1} = \int_{(k-1)T}^{kT} Z(t) \cos \omega t dt, \quad Y_{k-1} = \int_{(k-1)T}^{kT} Z(t) \sin \omega t dt,$$

$$X_k = \int_{kT}^{(k+1)T} Z(t) \cos \omega t dt, \quad Y_k = \int_{kT}^{(k+1)T} Z(t) \sin \omega t dt.$$

Решение «0» применяется в случае:

$$\begin{aligned} (X_{k-1} + X_k)^2 + (Y_{k-1} + Y_k)^2 > \\ > (X_{k-1} - X_k)^2 + (Y_{k-1} - Y_k)^2 \end{aligned}$$

ВЗАИМОКОРРЕЛЯЦИОННЫЙ ПРИЕМНИК ОФМ



Таким образом, в результате изучения лекции № 15 удалось сделать следующие выводы:

- существует целый ряд каналов связи, в которых фаза сигнала изменяется быстро и получить её точную оценку не удаётся. В таких ситуациях применяют метод обработки, при котором предполагается, что начальная фаза сигнала не известна и может принимать произвольное значение на интервале;**
- при некогерентном приёме информация о фазе применяемого сигнала отсутствует;**
- в схеме некогерентного приёмника используется амплитудный детектор, который реагирует на вертикальную и горизонтальную составляющие помехи.**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокис Дж. Цифровая связь: Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
2. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
3. Сухоруков А.С. Теория электрической связи: Конспект лекций. Часть 1. – М.: МТУСИ, ЦЕНТР ДО, 2002. – 65 с.
4. Сухоруков А.С. Теория цифровой связи: Учебное пособие. Часть 2. – М.: МТУСИ, 2008. – 53 с.
5. Аджемов А.С. Мир информационной реальности. – М.: ИРИАС, 2006. – 296 с.
6. Каганов В.И., Битюков В.К. Основы радиоэлектроники и связи: Учеб. пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 542 с.
7. Стеценко О.А. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник. – М.: Высш. шк., 2007. – 432 с.
8. Санников В.Г. Сборник задач по курсу «Теория электрической связи»: Учеб. пособие. Часть 1. – М.: МТУСИ, 1992. – 62 с.
9. Санников В.Г. Сборник задач по курсу «Теория электрической связи»: Учеб. пособие. Часть 2. – М.: МТУСИ, 2001. – 65 с.
10. Санников В.Г. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция: Учеб. пособие. – М.: МТУСИ, 2006. – 56 с.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!