

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Московский технический университет связи и информатики

*Кафедра систем радиосвязи*

**Лабораторная работа № 21**

**Моделирование межсимвольных искажений в радиотракте  
цифровой системы радиосвязи**

Составлено в 1994г.

Новая редакция 2011г.

С.С.Тарасов, доцент

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.

Ознакомиться с методом оценки межсимвольных искажений цифрового сигнала по глаз-диаграмме.

Исследовать зависимость величины энергетических потерь в системе  $\Delta h$  от относительной полосы пропускания радиотракта  $\Pi/B$  (здесь  $B$  – символьная скорость передачи ЦС), типа АЧХ фильтра, относительной расстройки несущей частоты сигнала  $\Delta F/B$  относительно центра полосы пропускания фильтра, погрешности установки фазы опорного напряжения в демодуляторе  $\Delta\varphi$ .

## 2. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ.

2.1. Изучить по [1] метод оценки снижения помехозащищенности по глаз-диаграмме.

2.2. Изучить по [1] основные свойства псевдослучайных последовательностей (ПСП).

2.3. По приложению к данной работе изучить модель исследуемой системы радиосвязи и зарисовать ее в отчет.

2.4. Изучить основные типы АЧХ фильтров и особенности их характеристик (фильтры Баттерворта, Чебышева, Гаусса).

## 3. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ.

3.1. Для заданного типа фильтра см. (таблицу 1) исследовать зависимость величины энергетических потерь от нормированной полосы пропускания фильтра  $\Pi/B$ . Построить график зависимости  $\Delta h$  от  $\Pi/B$ . Найти оптимальное значение  $(\Pi/B)_0$ , соответствующее минимуму  $\Delta h$ . Величину  $\Delta h$  определить, как:

$$\Delta h = -20\lg E + 10\lg(\Pi/V), \text{ дБ.}$$

Здесь  $E$  – максимальное значение вертикального раскрыва глаз-диаграммы, определяемое в результате моделирования. При исследовании считать  $\Delta\varphi=0$  и  $\Delta F/V=0$ .

3.2. Для найденного значения  $(\Pi/V)_0$  и  $\Delta\varphi=0$  исследовать зависимость  $\Delta h$  от нормированной расстройки  $(\Delta F/V)$ . Построить график зависимости  $\Delta h$  от  $(\Delta F/V)$ . Найти значение  $(\Delta F/V)_1$  при котором  $\Delta h$  возрастает на 1дБ.

3.3. Для  $(\Pi/V)_0$  исследовать зависимость  $\Delta h$  от погрешности фазы опорного напряжения  $\Delta\varphi$ . Построить график зависимости  $\Delta h$  от  $\Delta\varphi$ . Найти  $\Delta\varphi_1$  при котором  $\Delta h$  возрастает на 1дБ. Исследование проводить при  $(\Delta F/V)=0$ .

3.4. Определить  $\Delta h$  при  $(\Pi/V)=(\Pi/V)_0$ ,  $\Delta\varphi=\Delta\varphi_1$  и  $(F/V)=(F/V)_1$ . Сравнить найденные значения  $\Delta h$  с  $\Delta h_{\text{мин}}$ , определенным в п.3.1.

3.5. Для  $(\Pi/V)=(\Pi/V)_0$ ,  $\Delta\varphi=0$ ,  $(\Delta F/V)=0$ . Наблюдать глаз-диаграмму при изменении типа и порядка фильтра.

3.6. Сформулировать выводы по результатам исследований и занести их в отчет.

Таблица 1. Исходные данные для выполнения работы.

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип АЧХ фильтра 1- Баттерворт, 2- Чебышев, 3- Гаусс	1	2	1	2	3	1	2	1	2	3
Порядок фильтра	3	4	5	6	5	7	3	9	8	3
Величина пульсаций АЧХ ( $\Delta K$ ), дБ	-	0.2	-	0.1	-	-	0.5	-	0.05	-

#### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

После ознакомления с п.п. 1-3 настоящего описания запустить на выполнение командный файл SRSEYEMB.BAT в режиме эмуляции DOS. При работе с программой следовать подсказкам на экране. По окончании моделирования ЭВМ подает звуковые сигналы. Величина E определяется визуально по графику глаз-диаграммы на экране дисплея.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1. МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ.

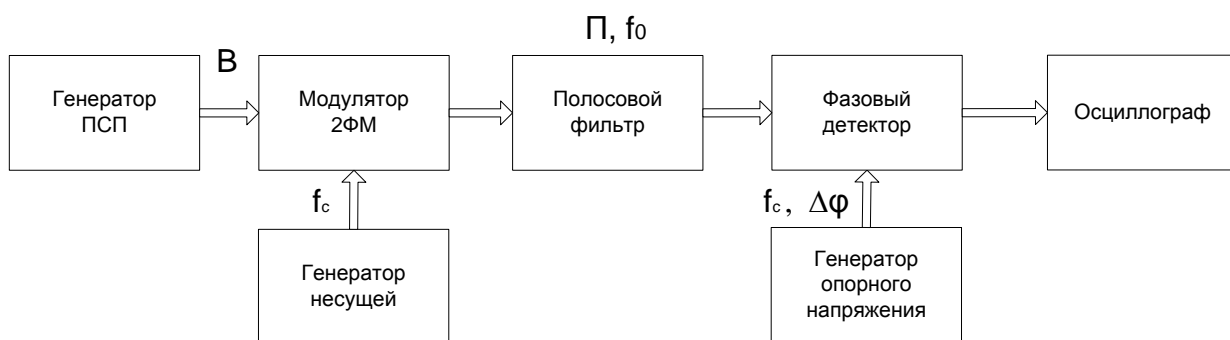


Рис. П1.1. Схема исследуемой модели

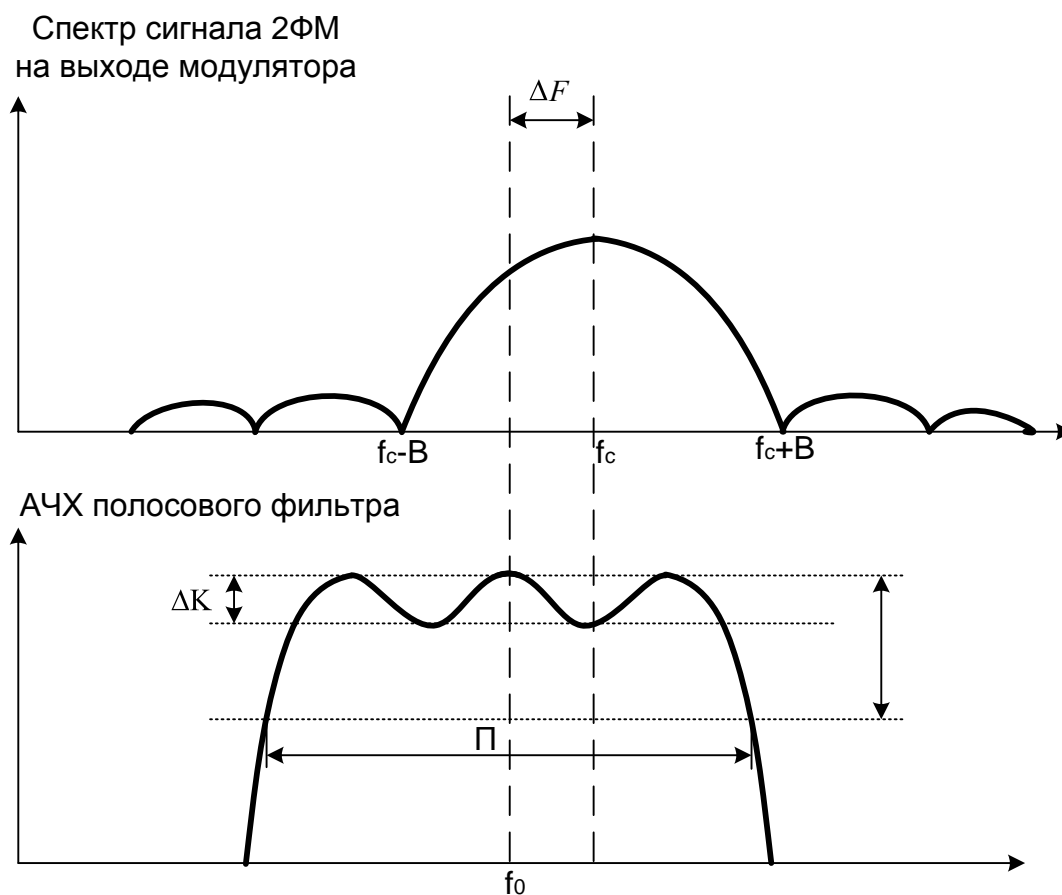


Рис. П1.2. Спектр сигнала и АЧХ полосового фильтра.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ SRSEYEM.

Эта программа предназначена для моделирования глаз-диаграммы двоичного цифрового сигнала (ЦС) на выходе системы, состоящей из полосового фильтра (ПФ) и когерентного фазового демодулятора. Программа позволяет визуально оценить по полученной диаграмме межсимвольные искажения (МСИ) ЦС.

МСИ возникают из-за переходных процессов в ПФ, протекающих при смене одного символа ЦС другим. Характер переходных процессов зависит от формы амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и фазо-частотной характеристики (ФЧХ) фильтра, полосы пропускания и расстройки

Межсимвольные искажения приводят к тому, что в момент принятия решения напряжение ЦС определяется не только текущим символом, но и некоторым числом предыдущих и последующих символов, т.е. два значения ЦС как бы расплываются.

Уровень МСИ характеризуется величиной раскрыва глаз-диаграммы  $E$ , равного разности между наименьшим из всех возможных напряжений ЦС, соответствующих символу '1' в момент принятия решения и наибольшим из всех возможных напряжений ЦС, соответствующих символу '0' в тот же момент времени.

Снижение раскрыва  $E$  может происходить также из-за неточной установки фазы опорного напряжения в демодуляторе. Программа позволяет учесть и это влияние. Приближенно можно считать, что помехоустойчивость приема цифрового сигнала из-за снижения раскрыва глаз-диаграммы снижается на величину:

$$dN = -20 \lg E, \text{ дБ}$$

В программу заложена возможность выбора одного из трех наиболее распространенных типов характеристик фильтров: Баттерворта, Чебышева, Гаусса.

Фильтр типа Баттерворта имеет максимально плоскую АЧХ. При увеличении порядка фильтра до бесконечности форма АЧХ приближается к идеальной прямоугольной. Характеристика ГВЗ фильтра Баттерворта удовлетворительна, переходная характеристика имеет небольшой выброс.

Фильтр типа Чебышева имеет характеристику с пульсациями в полосе пропускания. За счет этого скаты АЧХ такого фильтра идут более круто, чем у фильтра Баттерворта, т.е. при одинаковых порядке и полосе пропускания фильтр обеспечивает лучшую избирательность. Чем больше допустимая величина пульсаций, тем большая избирательность может быть получена. Характеристика ГВЗ и переходная характеристика хуже, чем у фильтра Баттерворта.

АЧХ фильтра типа Гаусса имеет колокольную форму, приближающуюся к гауссовой кривой тем ближе, чем больше порядок фильтра. Характеристика ГВЗ такого фильтра очень равномерна, переходная характеристика не имеет выброса (при отсутствии расстройки). Фильтр вносит наименьшие МСИ, но обладает наихудшей избирательностью.

**ВНИМАНИЕ.** При вводе параметров следите за тем, чтобы их числовые значения не выходили за допустимые пределы (указаны в скобках в меню ввода). В противном случае программа может дать неверный результат.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3. КРАТКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО УСТАНОВКЕ ПРОГРАММ И РАБОТЕ С НИМИ.

Все файлы программы SRSEYEM помещаются на жёсткий диск C в каталог C:\ProgDOS.

Режим эмуляции DOS обеспечивается запуском программы DOSBox, которая предварительно устанавливается в каталог Program Files компьютера, запуском программы DOSBox0.72-win32-installer.exe. После инсталляции DOSBox для удобства работы конфигурируется – открывается программой "Блокнот" файл dosbox.conf и в конец этого файла (раздел [autoexec]) вносятся строки:

**mount C: C:\PROGDOS**

**path c:\vc**

**C:**

**keyrus8b.com**

**VC**

После запуска программы DOSBox откроется окно эмуляции MS DOS с запущенной в нём программой VC, предоставляющей удобный оконный интерфейс для работы с файлами.

Управление программой DOSBox.

ALT-ENTER: Переход в полноэкранный режим и обратно (в оконный).

CTRL-F9: "Убивает" процесс DOSBox.

CTRL-F5: Сохраняет графическую копию экрана в файле с расширением "png" в каталоге "...Program Files\DOSBox-0.72\capture".

CTRL-F10: "Захватывает"/"Освобождает" мышь в окне.

Более подробную информацию можно найти в файле README.txt в каталоге "...Program Files\DOSBox-0.72".



## ЛИТЕРАТУРА.

1. Лабораторная работа № 5. Изучение принципов передачи цифровых сигналов по РРЛ. Описание. (Имеется на страничке кафедры СРС сайта МТУСИ <http://www.mtuci.ru/structure/faculty/rit/srs/RRL5.pdf> ).