

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорск

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических работ
по дисциплине
ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Направление подготовки	10.03.01 Информационная безопасность
Профиль	Комплексная защита объектов информатизации
Квалификация выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная
Учебный план	2020 г.

Пятигорск 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ	Стр.
	4
1. Практическая работа «Моделирование каналов с ограниченным спектром. Исследование влияние полосы пропускания канала на прохождение сигнала»	4
2. Задание	5
3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	5
3.1 Преобразование детерминированных сигналов в детерминированных линейных каналах	8
4. Задания на лабораторные	8
4.1 Расчет количества отсчетов в заданный промежуток времени	9
4.2 Дискретизируем сигналы, находим спектр	
4.3 Спектры сигналов и полоса пропускания канала	10
4.4 Задаём передаточную функцию канала с полосой захватывающей только основную часть спектра	12
4.5 Осциллограммы сигналов на выходе системы	
4.5 Задаём передаточную функцию канала с полосой захватывающей только часть основного спектра	12 13
4.6 Получение отсчётов сигналов во временной области	14
Приложение	

Практическая работа 1

«Моделирование каналов с ограниченным спектром.

**Исследование влияние полосы пропускания канала на
прохождение сигнала»**

Задание.

1. Реализовать модели каналов с ограниченными спектрами:
 - 1) ограничение шире основного лепестка спектра сигнала;
 - 2) ограничение по основному лепестку;
 - 3) ограничение уже основного лепестка спектра сигнала.
2. Изучить с помощью созданных моделей влияние полосы пропускания канала на проходящий через данный канал сигнал.
3. Изучить влияние скорости следования импульсов на прохождение через канал с заданной полосой пропускания.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Канал связи можно определить как совокупность средств, предназначенных для передачи сигналов (сообщений) между различными точками системы связи. Под "средством" понимают и технические устройства, и линию связи — физическую среду, в которой распространяется сигнал между пунктами связи. Канал связи можно представить как последовательное соединение устройств (блоков), выполняющих различные функции в общей системе связи.

Передача сигналов по реальным каналам связи всегда сопровождается изменениями (преобразованиями) этих сигналов, в результате чего принятые сигналы отличаются от переданных. Отличия эти обусловлены прежде всего линейными и нелинейными преобразованиями входных сигналов, а также наличием аддитивных шумов в канале, существующих чаще всего независимо от передаваемых сигналов. С точки зрения передачи информации по каналу важно подразделение преобразований сигнала на обратимые и необратимые. Обратимые преобразования не влекут за собой потери информации. При необратимых преобразованиях потери информации неизбежны. Для обратимых преобразований сигнала часто используется термин *искажение*, а необратимые преобразования называют *помехами* (аддитивными и неаддитивными).

3.1 Преобразование детерминированных сигналов в детерминированных линейных каналах

Введём в рассмотрение импульсную характеристику (ИХ) $g(t)$ линейного стационарного канала как его отклик в момент времени t на δ -импульс, поданный в момент времени 0. Тогда отклик такого канала на элементарное воздействие $x(\tau)d\tau\delta(t - \tau)$ равен $x(\tau)d\tau g(t - \tau)$, а отклик на сигнал в соответствии с принципом суперпозиции

$$y(t) = \int_{-\infty}^t x(\tau)g(t - \tau)d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)g(t - \tau)d\tau. \quad (4.5)$$

Выражение (4.5) называют *интегралом Дюамеля*. Он определяет отклик линейной стационарной системы $y(t)$ как свёртку сигналов $x(t)$ и $g(t)$:

$$y(t) = x(t) \otimes g(t). \quad (4.6)$$

Формула (4.5) имеет наглядный физический смысл: линейная стационарная система выполняет над входным сигналом операцию взвешенного суммирования всех его мгновенных значений, существовавших в прошлом при $-\infty < \tau < t$. Роль весовой функции играет ИХ.

Для стационарных линейных каналов (систем) передаточная функция (комплексный коэффициент передачи или частотная характеристика - ЧХ) не зависит от времени, поскольку

$$K(f) = \int_{-\infty}^{\infty} g(\tau) e^{-j2\pi f\tau} d\tau. \quad (4.8)$$

Импульсную характеристику $g(t)$ можно найти из $K(f)$ обратным преобразованием Фурье:

$$g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} K(f) e^{j2\pi ft} df. \quad (4.9)$$

Спектр Фурье свёртки (4.6) равен

$$\hat{s}_y(f) = \hat{s}_x(f) K(f), \quad (4.10)$$

где $\hat{s}_x(f)$ и $\hat{s}_y(f)$ — спектральные плотности входного и выходного сигналов.

Зная спектральную плотность выходного сигнала (4.10), можно найти выходной сигнал $y(t)$ обратным преобразованием Фурье:

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \hat{s}_x(f) K(f) e^{j2\pi ft} df. \quad (4.11)$$

Соотношения (4.10) и (4.11) определяют спектральный (частотный) метод анализа линейной стационарной системы, в то время как соотношение (4.5) определяет временной метод анализа этой системы.

Линейный стационарный канал (цепь) является неискажающим (не меняет форму входного сигнала), если

$$g(t) = \gamma \delta(t - t_0), \quad (4.24)$$

где γ - масштабный коэффициент; t_0 - постоянная задержка в канале.

Импульсной характеристике (4.24) соответствует согласно (4.9)

передаточная функция канала

$$K(f) = K(f)e^{j\varphi(f)} = \gamma e^{-j\omega t_0},$$

т.е. АЧХ не зависит от частоты, а ФЧХ $\varphi(f) = -2\pi f t_0$ линейно меняется с частотой. В реальных каналах связи, даже когда можно пренебречь аддитивным шумом, преобразование сигналов имеет сложный характер и обычно приводит к отличию формы выходного сигнала и входного.

4 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Длительность импульса периодической последовательности $\tau := 1\mu\text{s}$
 Период следования импульсов

Частота дискретизации $fd := \frac{100}{\tau}$ $fd = 1 \times 10^8 \frac{1}{\text{s}}$

Период дискретизации $Td := \frac{1}{fd}$ $Td = 1 \times 10^{-8} \text{s}$

Рассчитываем количество отсчетов в заданный промежуток времени

$$N1 := \frac{10 \cdot T1}{Td} \quad N1 = 3 \times 10^3 \quad K := \text{ceil}\left(\frac{\ln(N1)}{\ln(2)}\right) \quad K = 4.096 \times 10^3 \quad k := 0..K - 1$$

Задаём дискретное время $td_k := k \cdot Td$

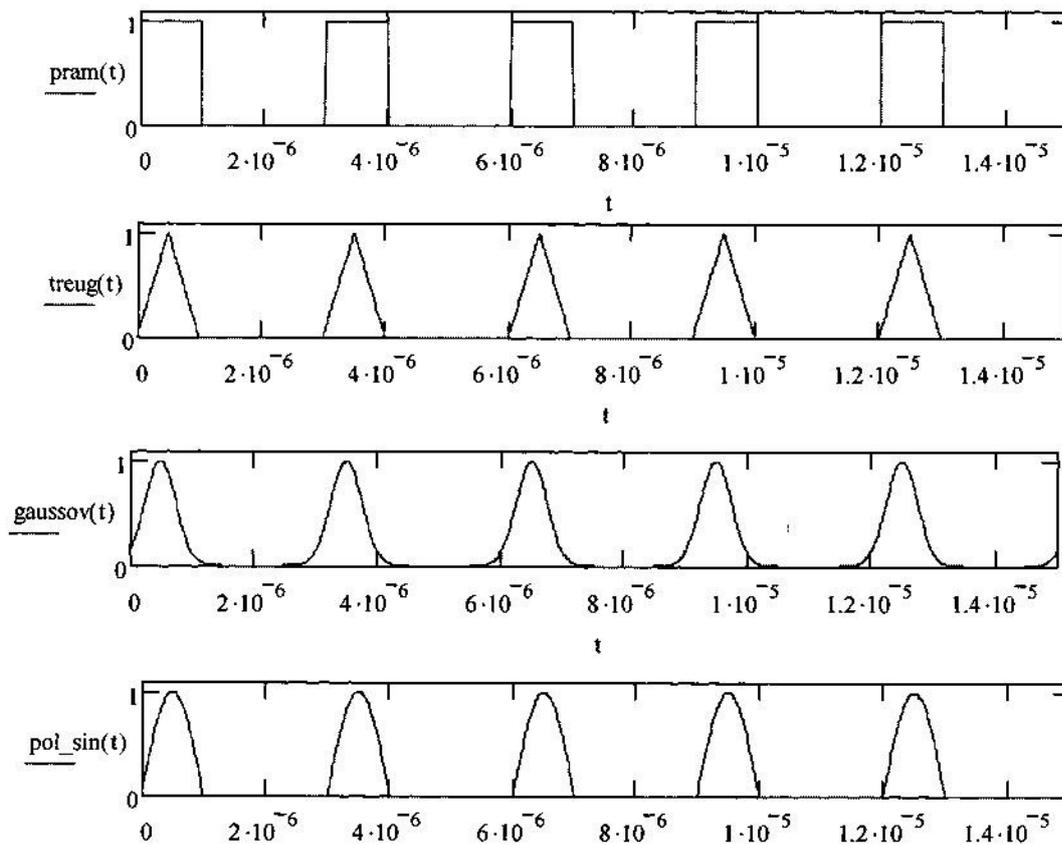
$$\text{pram}(t) := \begin{cases} 1 & \text{if } 0 \leq \text{mod}(t, T1) \leq \tau \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{treug}(t) := \begin{cases} \frac{2 \cdot (\text{mod}(t, T1))}{\tau} & \text{if } 0 \leq \text{mod}(t, T1) \leq \frac{\tau}{2} \\ \frac{-2 \cdot (\text{mod}(t, T1))}{\tau} + 2 & \text{if } \frac{\tau}{2} \leq \text{mod}(t, T1) \leq \tau \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{gaussov}(t) := \begin{cases} t2 \leftarrow \text{mod}\left(t + \frac{\tau}{2}, T1\right) - \tau \\ \frac{-8 \cdot t2^2}{\tau^2} & \text{if } -1.5\tau \leq t2 + \frac{\tau}{2} \leq 1.5\tau \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{pol_sin}(t) := \begin{cases} \sin\left(\frac{\pi \cdot \text{mod}(t, T1)}{\tau}\right) & \text{if } 0 \leq \text{mod}(t, T1) \leq \tau \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Временные графики заданных сигналов



Дискретизируем сигналы, находим спектр

```

pramdk := pram(tdk)           Spram := fft(pramd)   m := 0..last(Spram)
treugdk := treug(tdk)        Streug := fft(treugd)
gaussovk := gaussov(tdk)     Sgaussov := fft(gaussov)
pol_sindk := pol_sin(tdk)    Spol_sin := fft(pol_sind)
    
```

Задаём передаточную функцию канала с широкой полосой

Границы полосы пропускания канала $f_{l2} := 10\text{MHz}$ $f_{l1} := 0\text{MHz}$

$$H_{\text{мк}}(f) := \begin{cases} 1 & \text{if } f_{l1} \leq f \leq f_{l2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad sf := \frac{fd}{K} \quad H_{l d_k} := H_{l}(k \cdot sf)$$

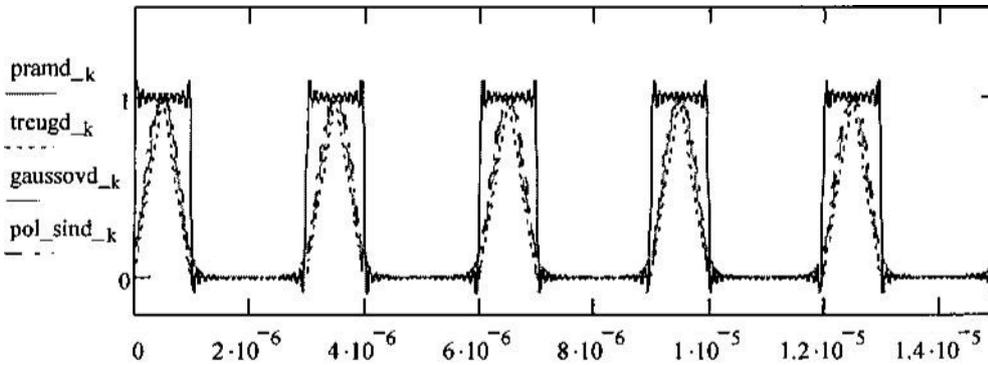
Спектры сигналов и полоса пропускания канала

```

OSpramm := Spramm · Hl d_m           OStreugm := Streugm · Hl d_m
OSgaussovm := Sgaussovm · Hl d_m     OSpol_sinm := Spol_sinm · Hl d_m
    
```

Сигналы на выходе системы

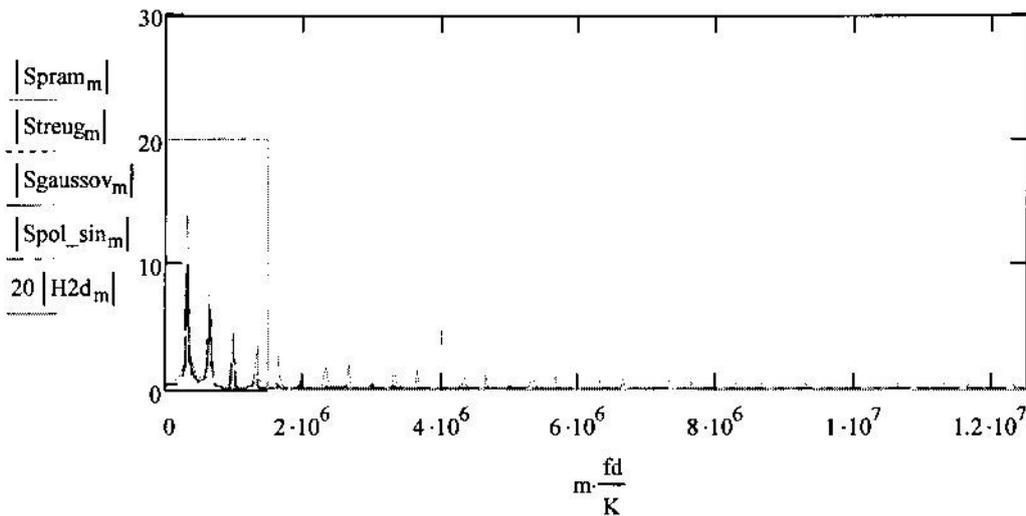
```
pramd_ := ifft(OSpram)   treugd_ := ifft(OSTreug)   gaussovd_ := ifft(OSgaussov)
pol_sind_ := ifft(OSpol_sin)
```



Задаём передаточную функцию канала с полосой захватывающей только основную часть спектра.

```
Границы полосы пропускания канала f21 := 0MHz   f22 := 1.5MHz
H2d_k := | 1 if f21 ≤ f ≤ f22   H2d_k := H2(k·sf)
         | 0 otherwise
```

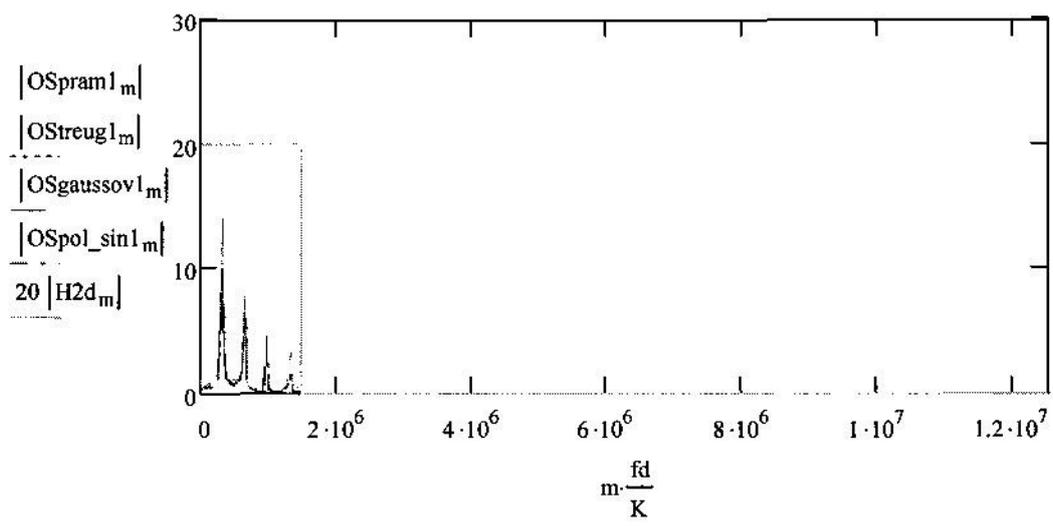
Спектры сигналов и полоса пропускания канала



Ограничение спектра в канале

```
OSpram1_m := Spram_m · H2d_m   OSTreug1_m := Streug_m · H2d_m
OSgaussov1_m := Sgaussov_m · H2d_m   OSPol_sin1_m := Spol_sin_m · H2d_m
```

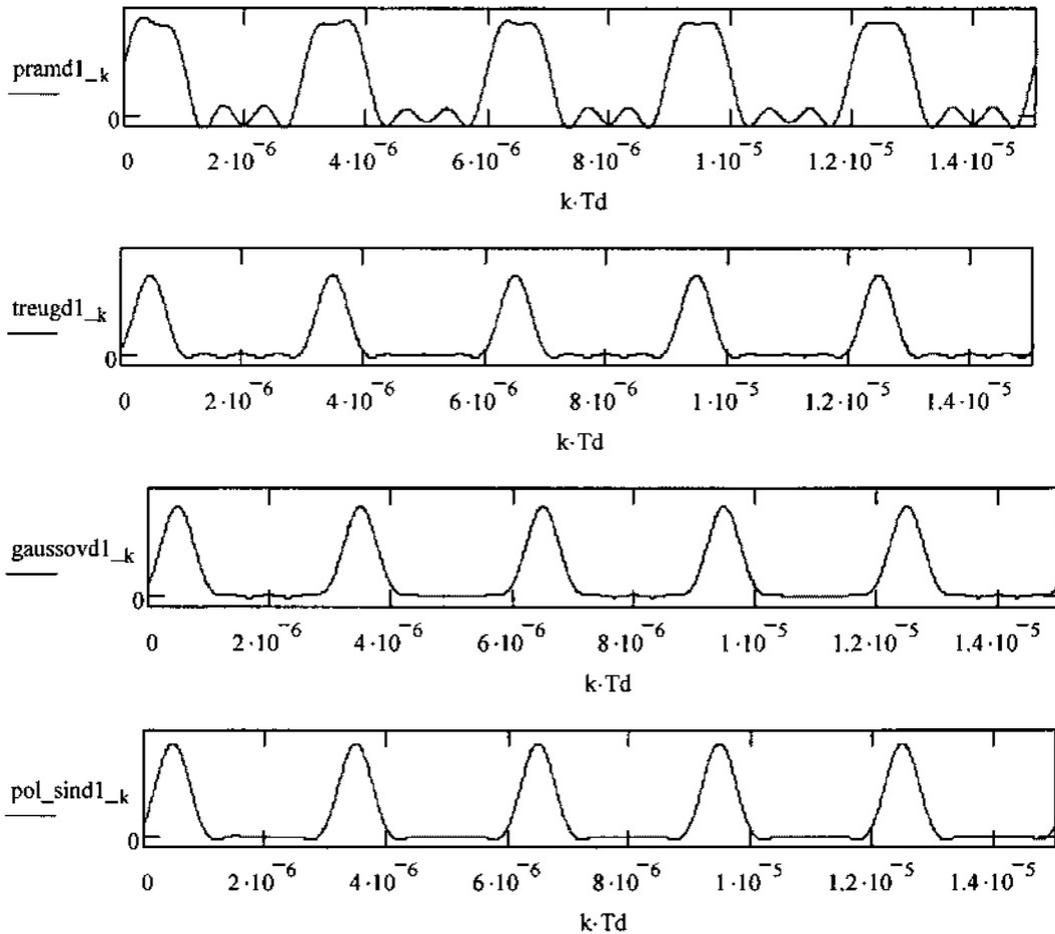
Спектры сигнала ограниченный полосой пропускания



Получаем отсчёты сигналов во временной области

```
pramd1_ := iff(OSpram1)   treugd1_ := iff(OSTreug1)   gaussovd1_ := iff(OSgaussov1)
pol_sind1_ := iff(OSpol_sin1)
```

Осциллограммы сигналов на выходе системы

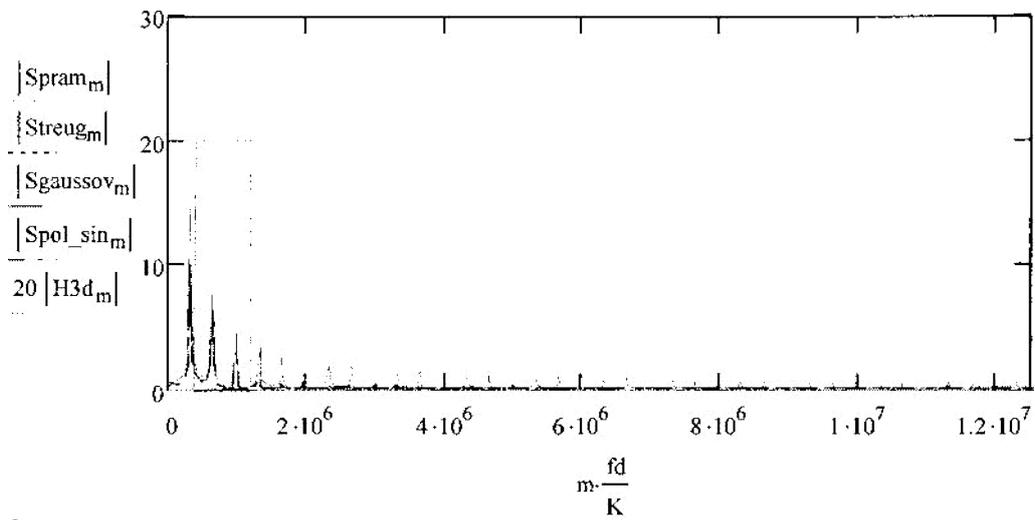


Задаём передаточную функцию канала с полосой захватывающей только часть основного спектра

Границы полосы пропускания канала

$$H3(f) := \begin{cases} 1 & \text{if } f_{31} \leq f \leq f_{32} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad f_{31} := 0.4 \text{ MHz} \quad f_{32} := 1.2 \text{ MHz} \quad H3d_k := H3(k \cdot sf)$$

Спектры сигналов и полоса пропускания канала



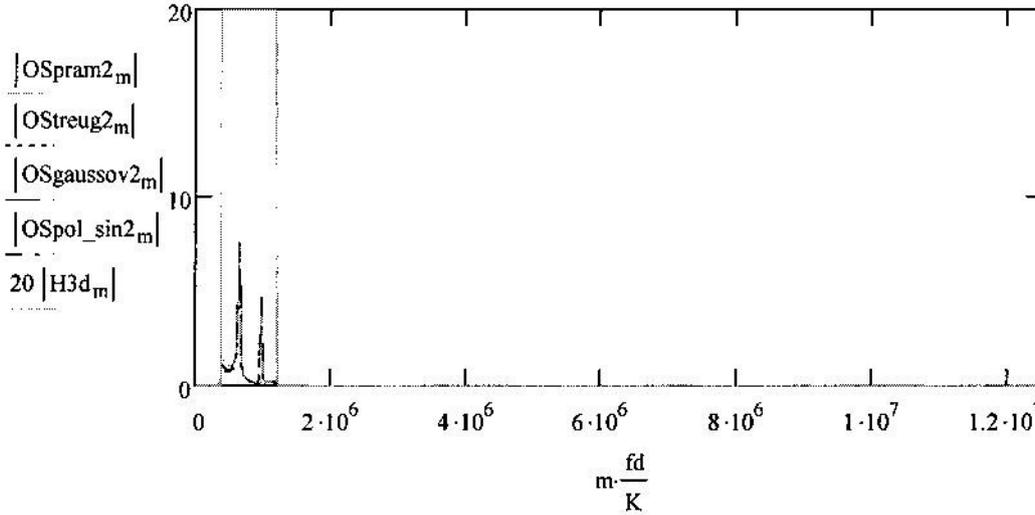
Ограничение спектра в канале

```

OSpram2_m := Spram_m · H3d_m   OStreug2_m := Streug_m · H3d_m
OSgaussov2_m := Sgaussov_m · H3d_m   OSpol_sin2_m := Spol_sin_m · H3d_m

```

Спектры сигнала ограниченный полосой пропускания



Получаем отсчёты сигналов во временной области

```

pramd2_ := iff( OSpram2 )   treugd2_ := iff( OStreug2 )   gaussovd2_ := iff( OSgaussov2 )
pol_sind2_ := iff( OSpol_sin2 )

```

Практическая работа №1.

Приложение 1.

Титульный лист лабораторной работы

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего профессионального образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Филиал в г. Пятигорске**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № _____

по _____ вариант _____
Студента _____ курса _____ шифр _____
специальность _____
Фамилия _____ Имя _____ Отчество _____
Дата поступления работы _____

Оценка _____

Методические указания для выполнения практических работ по курсу: «Основы формирования и обработки сигналов», предназначены для студентов специальности 090104.65 «Комплексная защита объектов информатизации».

Составитель:

Макаров А.М.
Акифьев А.В.