

Отчет по лабораторной работе №1
Согласованные фильтры

Выполнили студенты 450 группы
Поцур К.А., Хавьер, Шиков А.П.

Нижний Новгород, 2020

Цель работы: Тут цель

1. Теоритическая часть

Тут теория

2. Практическая часть

Тут практика

2.1. Задание 1. Простые и сложные сигналы и их свойства

В этом задании рассматриваются особенности простых и сложных сигналов, которые проявляются в поведении спектров сигналов. Следует проследить за тем, какие существуют закономерности при изменении спектров в зависимости от изменения временных параметров простых и сложных сигналов. Для каждого рассмотренного сигнала $m(t)$ строятся графики реализации сигнала, амплитудного и фазового спектров, а так же функция корреляции и спектральная плотность энергии.

На что ответить в отчете:

1. Получить оценку энергии импульса разными способами по экспериментальным данным. Сравнить результаты с теоретическими.
2. **Done, надо пояснения** Для всех четырех видов сигнала оценить базу, используя формулу $B = T \cdot \Delta f$, где T - эффективная длительность, Δf - эффективная ширина полосы спектра сигнала. За оценку ширины следует принять половину расстояния между первыми нулями (ширины главного лепестка).
3. Пояснить, как изменяется фазовый спектр сигнала, в том диапазоне частот, где лежит основная энергия сигнала. Показать с помощью рисунка, как происходит сложение гармонических составляющих сигнала. Выделить на графиках амплитудного и энергетического спектров диапазон частот, в котором лежит основная энергия сигнала. Как изменяется фазовый спектр сигнала в этом диапазоне частот? Почему физический амплитудный спектр имеет смысл рассматривать только внутри этой полосы?
4. **Done, надо пояснения** Для ЛЧМ сигнала сравнить протяженность корреляционной функции с длительностью сигнала. Во сколько раз она меньше длительности сигнала?
5. **Done, надо пояснения** Для ЛЧМ сигнала оценить диапазон изменения фазовых сдвигов у гармоник сигнала в пределах полосы амплитудного спектра. Нарисовать амплитудный спектр в приближенном виде (аппроксимируя прямоугольником) и посмотреть, какой в этих пределах фазовый спектр.

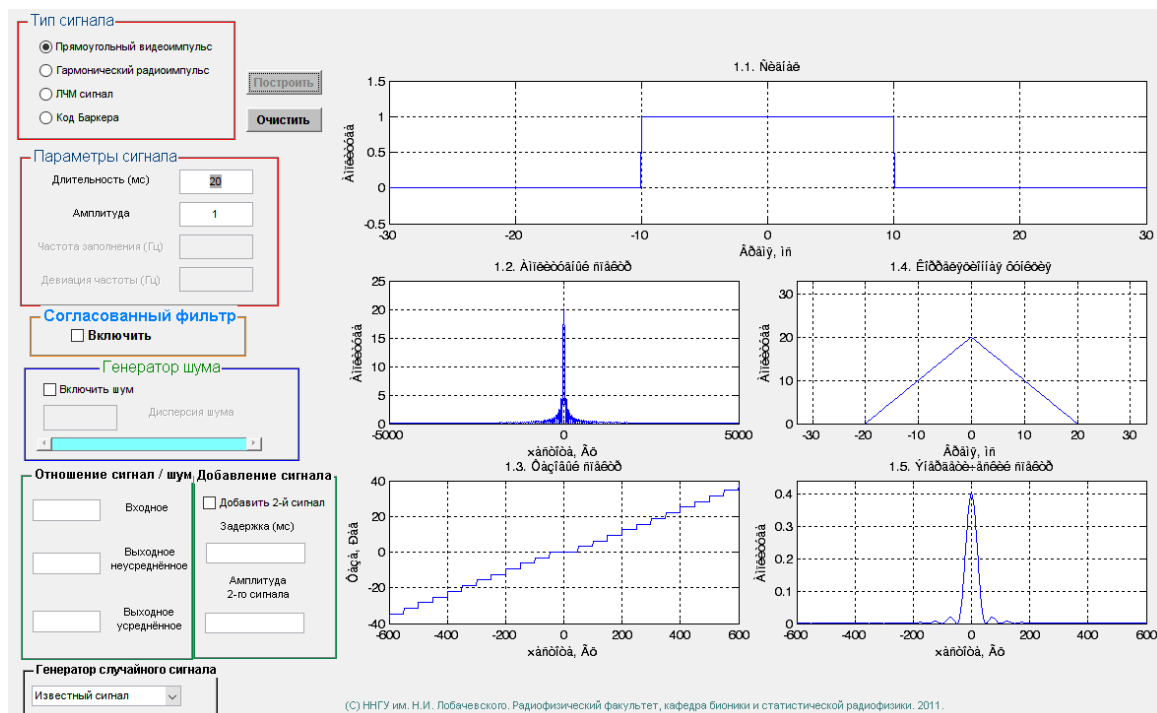


Рис. 2: 20ms

База

Найдем базу для прямоугольного импульса по следующей формуле:

$$B = T \cdot \Delta f, \quad (1)$$

где T - эффективная длительность, Δf - эффективная ширина полосы спектра сигнала (в качестве оценки берется половина ширины главного лепестка амплитудного спектра).

$$B_{10ms} = 10^{-2} \cdot 100 = 1, \quad B_{20ms} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 50 = 1 \quad (2)$$

База прямоугольного импульса равна единице, что означает что это простой сигнал. Таким образом справедливо соотношение $\Delta f = \frac{1}{T}$. Действительно, в соответствии с этой зависимостью, наблюдается сужение амплитудного спектра при увеличении длительности сигнала.

Спектры

Фазовый спектр ??, энергетический спектр так же сузился.

Энергия

Получим оценку энергии импульса. Для этого необходимо взять частотный диапазон, в котором фаза ϕ спектральных компонент равна нулю (откуда это и почему ??). В случае прямоугольного импульса (см. рис. 1), $\phi = 0, f \in [-100, 100]$ Гц. Полная энергия сигнала равна $2\pi T$ (см. формулу 49 методички $\int \epsilon(\omega) d\omega$). Найдем значение энергии в диапазоне

$f \in [-100, 100]$ Гц (с помощью численного вычисления интеграла, (см. формулу 49 методики)). Получим, что 90.2% энергии находится в указанном диапазоне.

2.1.2 Прямоугольный видеоимпульс с гармоническим заполнением

Изучить амплитудный, фазовый и энергетический спектры. Задать длительность импульса 10мс и 20мс, амплитуду равной 1 и частоту заполнения 400Гц, а затем проанализировать зависимости.

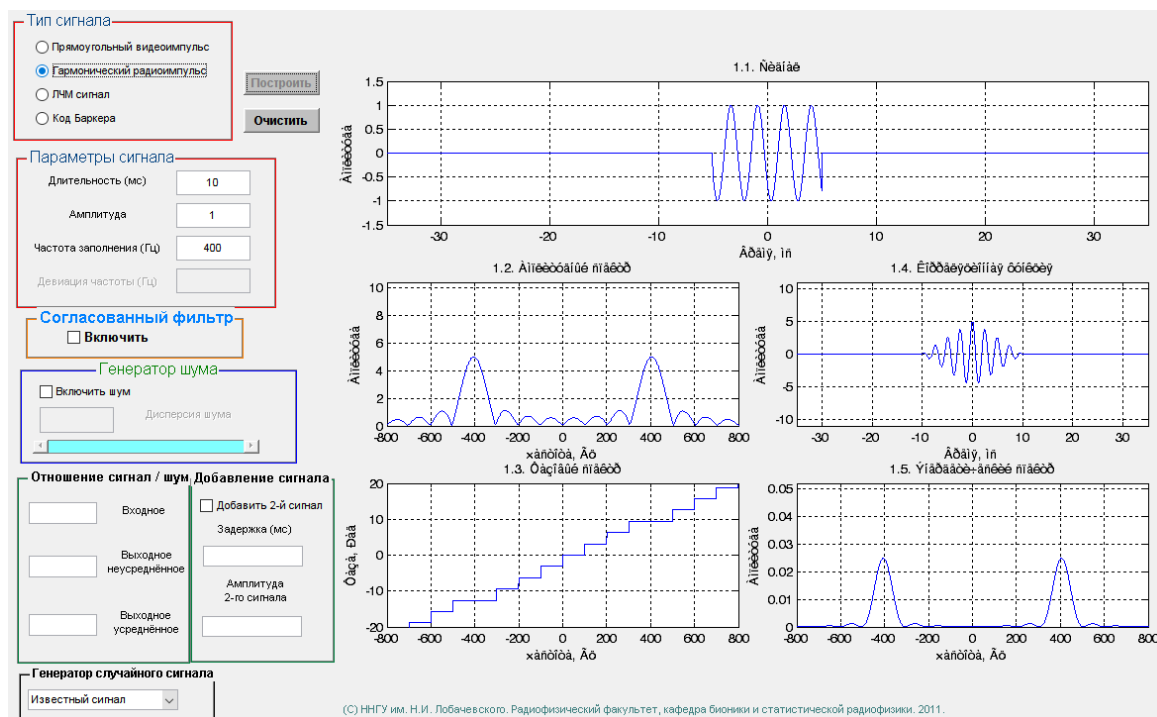


Рис. 3: 10ms

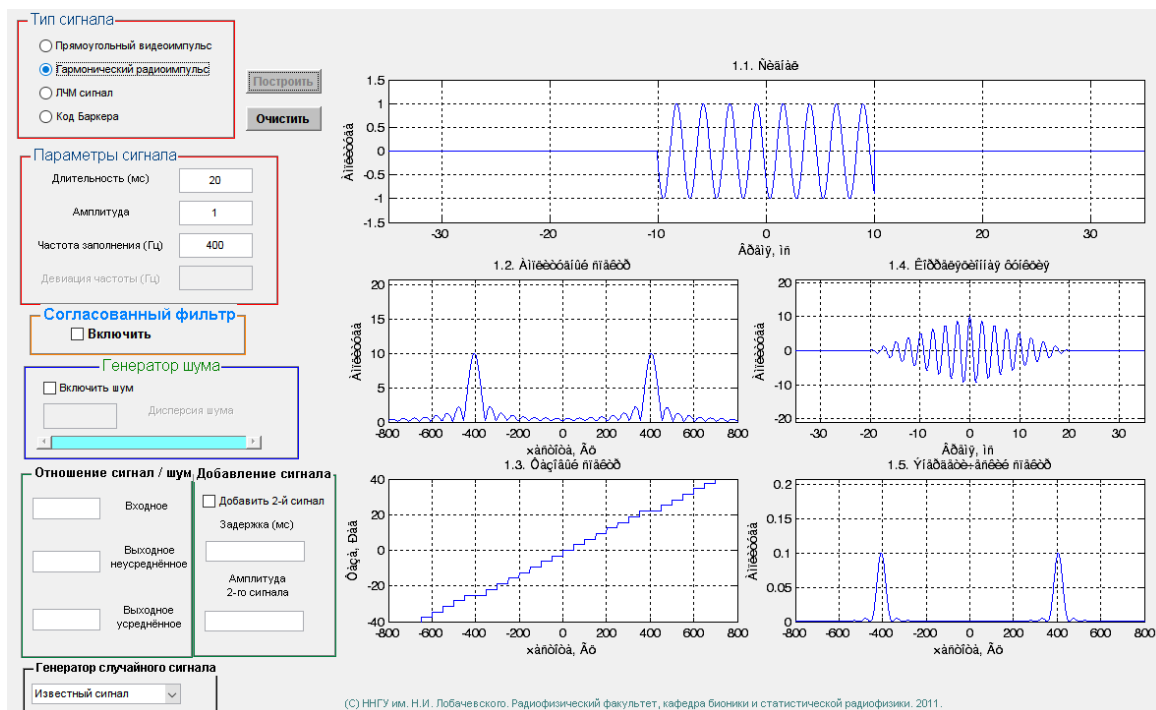


Рис. 4: 20ms

При увеличении длительности сигнала амплитудный спектр ??, фазовый спектр ??, энергетический спектр ??.

$$B_{10ms} = 10^{-2} \cdot 100 = 1, \quad B_{20ms} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 50 = 1 \quad (3)$$

Значение базы - единица, означает что радиоимпульс это простой сигнал.

2.1.3 Линейно-частотный модулированный импульс

Получить временные реализации ЛЧМ сигнала с параметрами:

- длительность 100мс, средняя частота заполнения 1000Гц, девиация 500Гц;
- длительность 100мс, средняя частота заполнения 1000Гц, девиация 1000Гц
- амплитуда 1.

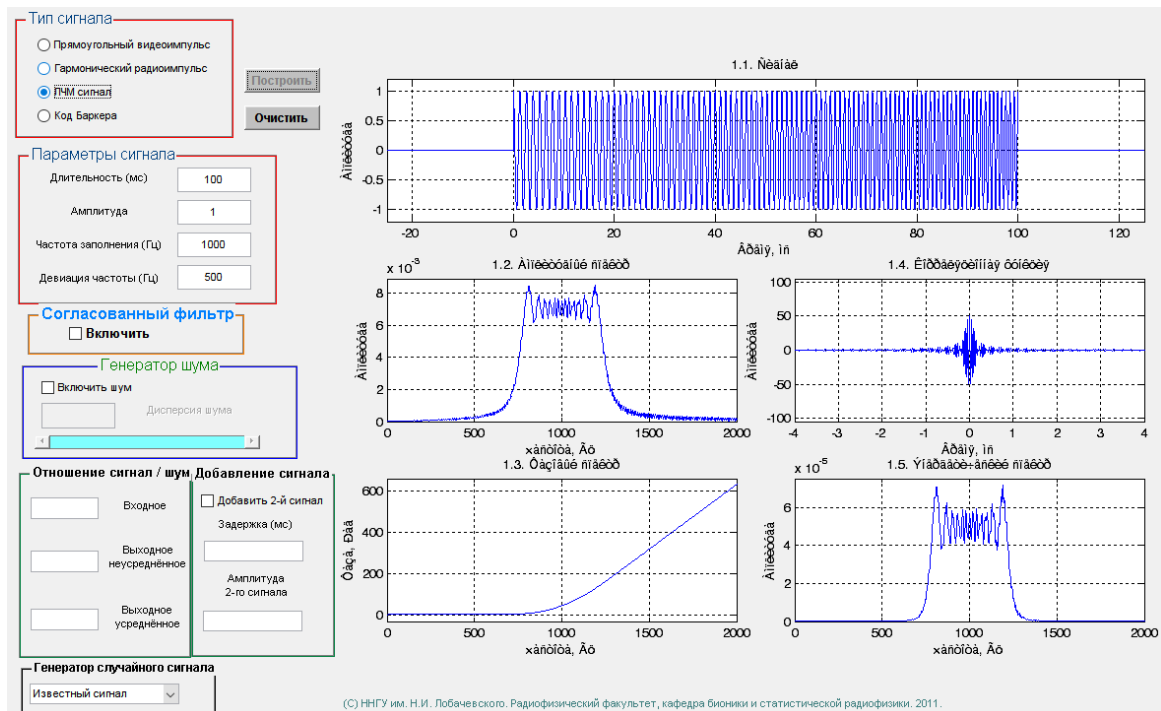


Рис. 5: 500 Гц

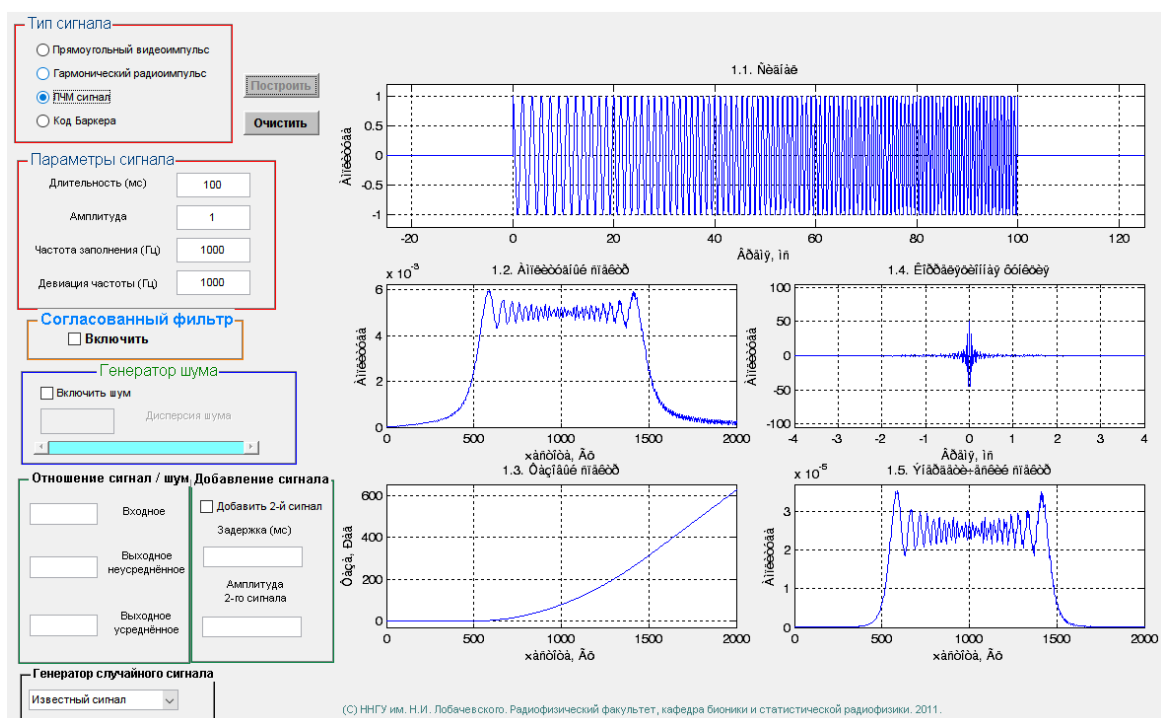


Рис. 6: 1000 Гц

$$B_{500\text{Hz}} = 100 \cdot 10^{-3} \cdot (1260 - 760) = 50, \quad B_{1000\text{Hz}} = 100 \cdot 10^{-3} \cdot (1500 - 500) = 100 \quad (4)$$

Для ЛЧМ сигнала сравнить протяженность корреляционной функции с длительностью сигнала. Во сколько раз она меньше длительности сигнала?

При длительности ЛЧМ сигнала 100 мс, протяженность функции корреляции составила всего 0.4 мс, что в 250 раз меньше.

Для ЛЧМ сигнала оценить диапазон изменения фазовых сдвигов у гармоник сигнала в пределах полосы амплитудного спектра. Нарисовать амплитудный спектр в приближенном виде (аппроксимируя прямоугольником) и посмотреть, какой в этих пределах фазовый спектр.

Диапазон изменения фазовых сдвигов в случае девиации 500 Гц составил $\phi \in [0 - 160]$ радиан (см. рис. 7), в случае девиации 1000 Гц составил $\phi \in [0 - 260]$ радиан (см. рис. 8).

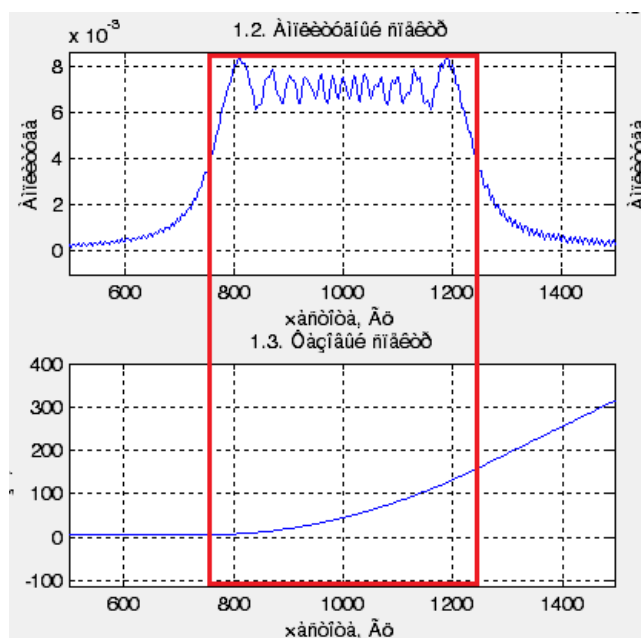


Рис. 7: Диапазон изменения фазовых сдвигов у гармоник сигнала, девиация 500 Гц

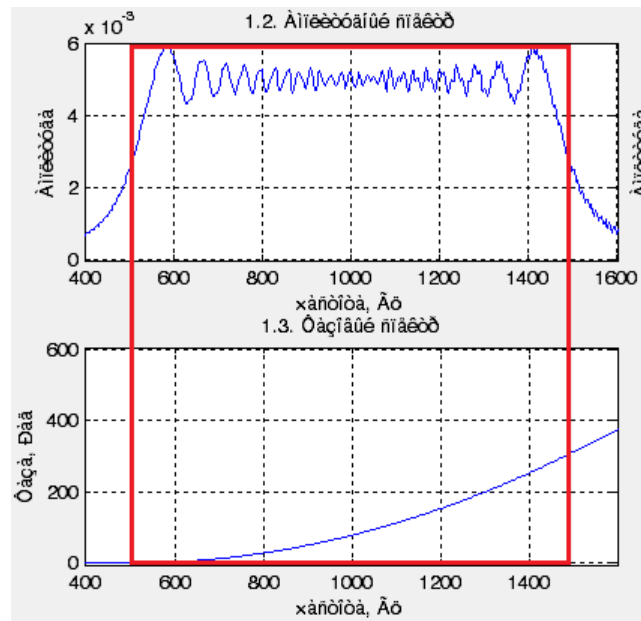


Рис. 8: Диапазон изменения фазовых сдвигов у гармоник сигнала, девиация 1000 Гц

2.1.4 Код Баркера

Получить реализации для кода Баркера ($N=13$) при длительности 13мс и 26мс

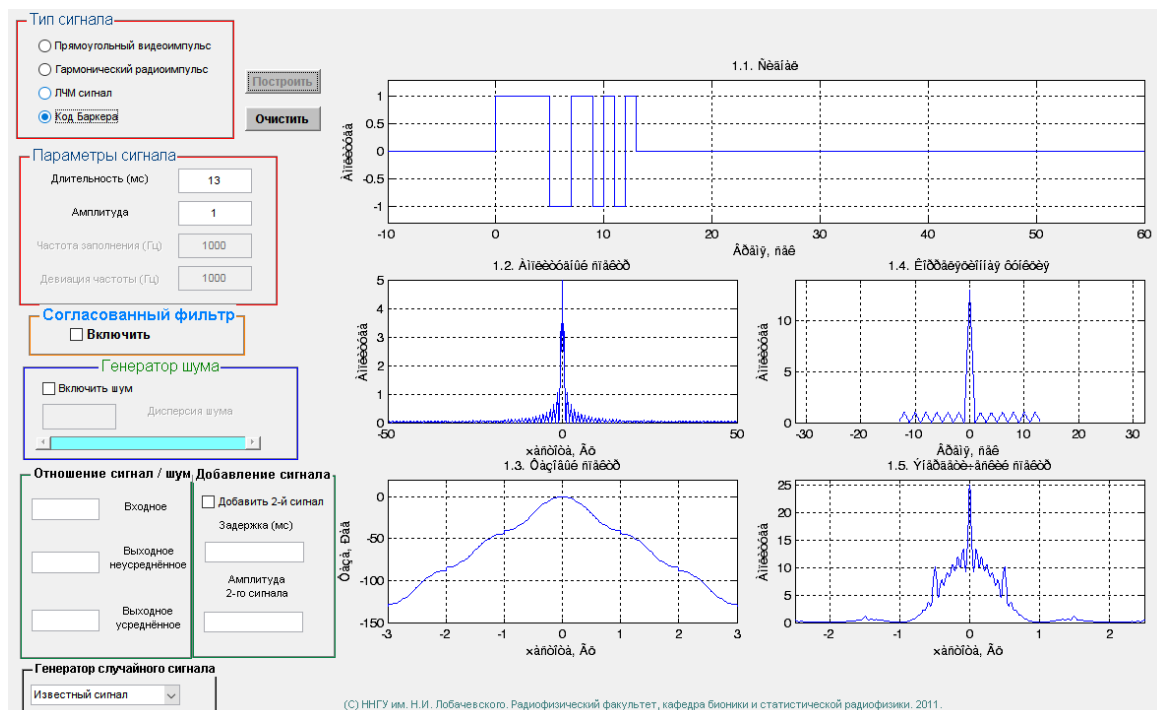


Рис. 9: 13 мс

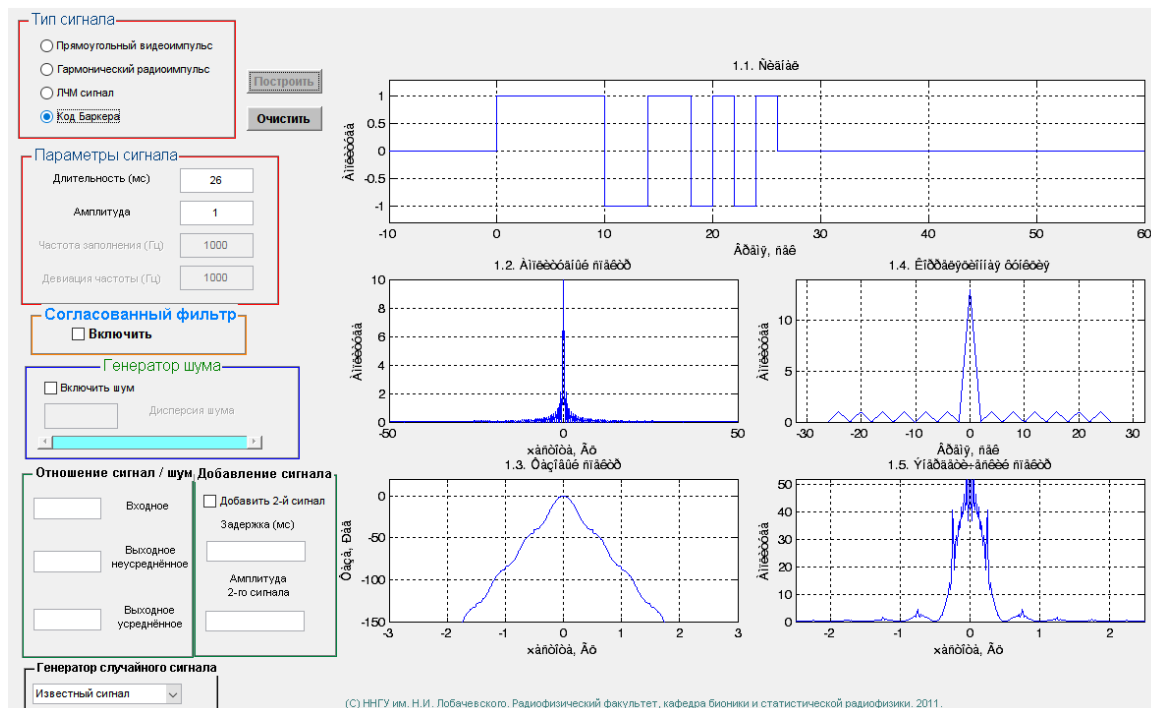


Рис. 10: 26 мс

$$B_{13ms} = 13 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 13 \cdot 10^{-3}, \quad B_{26ms} = 26 \cdot 10^{-3} \cdot 0.5 = 13 \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

2.2. Задание 2. Параметры согласованного фильтра и выходного сигнала

2.3. Задание 3. Согласованная фильтрация линейно-частотно модулированного сигнала

2.4. Задание 4. Зависимость отношения сигнал/шум на выходе согласованного фильтра от параметров входного сигнала

В задании исследуется свойство системы с согласованным фильтром при различных параметрах ЛЧМ сигнала: девиации частоты $\Delta f_{\text{дев}}$ и длительности сигнала τ .

2.4.1 Однократный замер

Изменяющаяся длительность ЛЧМ сигнала Установили девиацию частоты $\Delta f_{\text{дев}} = 700$ Гц и изменяли частоту в пределах 10 мс – 100 мс.

Для одной реализации виртуальным прибором вычислялось отношение сигнал/шум. Получившаяся зависимость приведена на рис. 12

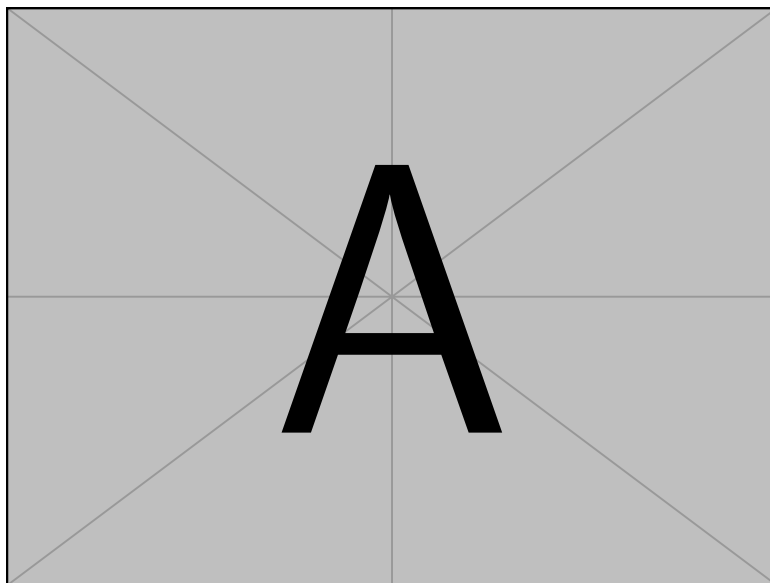
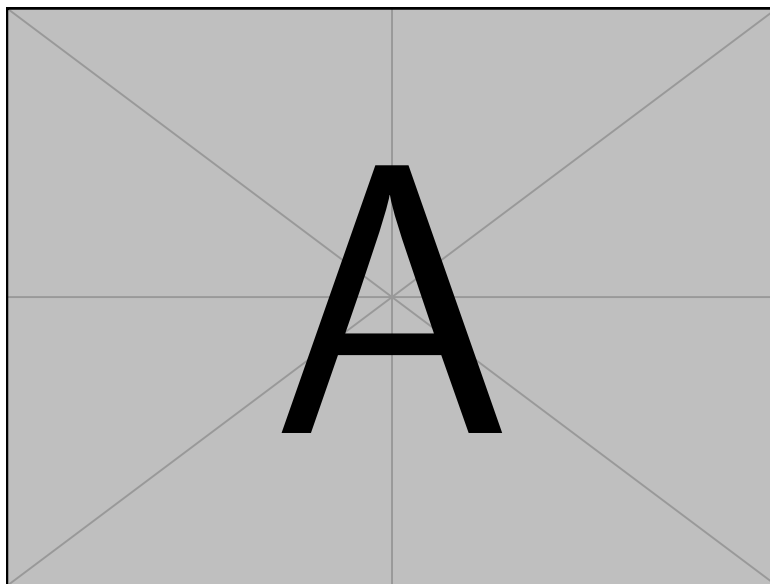


Рис. 11

Изменяющаяся девиация частоты ЛЧМ сигнала Установили длительность сигнала $\tau = 50$ мс и изменяли девиацию в пределах 400 Гц - 1000 Гц.

Для одной реализации сигнала виртуальным прибором вычислялось отношение сигнал/шум. Получившаяся зависимость приведена на рис. ??

Рис. 12: Зависимость ОСШ от девиации частоты $\Delta f_{\text{дев}}$ ЛЧМ сигнала

2.5. Задание 5. Разрешение во времени простых и сложных сигналов при согласованной фильтрации.

2.6. Задание 6. Различение сигналов.

3. Вывод

4. Дополнение

Здесь приведены некоторые вопросы, которые разбирались на сдаче отчета