МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

ТС и ВС

Лабораторная работа
по дисциплине
*«Теория Массового Обслуживания»*

по теме:
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СМО С ПЕРСОНАЛЬНОЙ ОЧЕРЕДЬЮ

Студент:
*Группа ИА-332* *И.А. Малиновский*

Предподаватель:
*А. В. Андреев*

Новосибирск 2025 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

# 1 ЛЕКЦИЯ 1: ОСНОВЫ ОПИСАНИЯ СИГНАЛОВ

## Введение

В курсе **Математических основ цифровой обработки сигналов** изучаются основы описания сигналов и методы их преобразования при помощи цифровой вычислительной техники.
**Сигнал** – это функция времени, которая описывает изменение напряжения и тока. Сигналы применяются для передачи сообщений в различных системах связи и управления.

## Классификация сигналов

Сигналы делятся на два основных класса:

- **Детерминированные** – сигналы, которые можно точно описать математической функцией
- **Случайные** – сигналы, которые описываются вероятностными характеристиками

## Гармонические колебания

Гармонические колебания — это колебания, при которых физическая величина изменяется с течением времени по гармоническому (синусоидальному, косинусоидальному) закону. Это основа, которую необходимо изучить и понять, поскольку все сложные сигналы можно разложить на простые гармонические колебания

## Основные формулы

Гармонические сигналы описываются функциями синуса или косинуса:

$$s(t) = A\cos(\omega_0 t - \varphi) \tag{1}$$

$$s(t) = A\sin(\omega_0 t - \varphi) \tag{2}$$

где:

- $A$ – **амплитуда** сигнала [В] (максимальное отклонение сигнала от нулевого значения.)
- $\omega_0$ – **угловая частота** [рад/с] (скорость изменения фазы)
- $\varphi$ – **начальная фаза** [рад] (начальное состояние)
- $t$ – время [с]

**Связь компонентов**

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} \quad [\text{рад/с}] \tag{3}$$

$$f = \frac{1}{T} \quad [\text{Гц}] \tag{4}$$

$$\omega_0 = 2\pi f \tag{5}$$

**Фаза** – это угол, соответствующий временному промежутку от выбранного момента времени. Фаза определяет ”сдвиг”сигнала во времени.

**Временной сдвиг сигналов**

При временном сдвиге сигнала происходит замена переменной времени:

$$t \Rightarrow t - t_1 \tag{6}$$

$$s(t) = A\cos[\omega_0(t - t_1)] = A\cos(\omega_0 t - \omega_0 t_1) \tag{7}$$

Отсюда следует, что:

$$\varphi = -\omega_0 t_1 \tag{8}$$

$$s(t - t_1) \quad \text{– сигнал, задержанный на время } t_1 \tag{9}$$

### Пример анализа сигнала

Рассмотрим конкретный пример сигнала:

$$s(t) = 5\cos(0.3\pi t + 1.2\pi) \tag{10}$$

Параметры сигнала:

$$\omega_0 = 0.3\pi \text{ рад/с}$$
$$T_0 = \frac{2\pi}{0.3\pi} = 6.67 \text{ с}$$
$$t_1 = -\frac{\varphi}{\omega_0} = \frac{1.2\pi}{0.3\pi} = -4 \text{ с}$$

### Практический пример

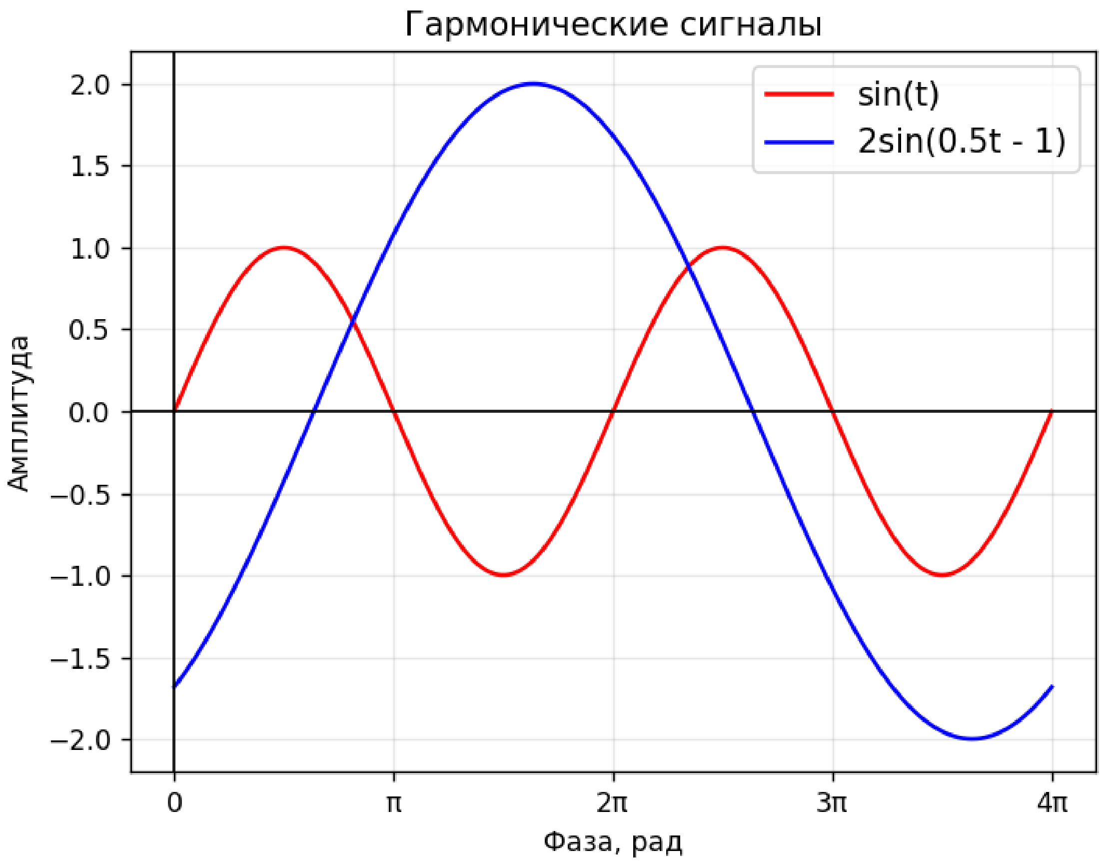


Рисунок 1 — Гармонические сигналы

На графике изображены два сигнала:

– $\sin(t)$ – стандартный гармонический сигнал
– $2\sin(0.5t - 1)$ – модифицированный сигнал

– **Увеличение амплитуды (A)**: значение амплитуд выросло до диапазона $[-2; 2]$
– **Изменение фазы ($\varphi$)** на $-1$: получили небольшой сдвиг графика
– **Изменение частоты (f)**: график прошёл полный цикл за $4\pi$ интервал, в то время как стандартный $\sin(t)$ за это время дважды прошёл полный цикл

### Комплексное представление сигналов

Для удобства математических преобразований сигналы часто представляют в комплексной форме.

#### Основные определения

$$z = a + jb \quad \text{– комплексное число} \tag{11}$$

$$z^* = a - jb \quad \text{– комплексно-сопряженное число} \tag{12}$$

где $j = \sqrt{-1}$ – мнимая единица.

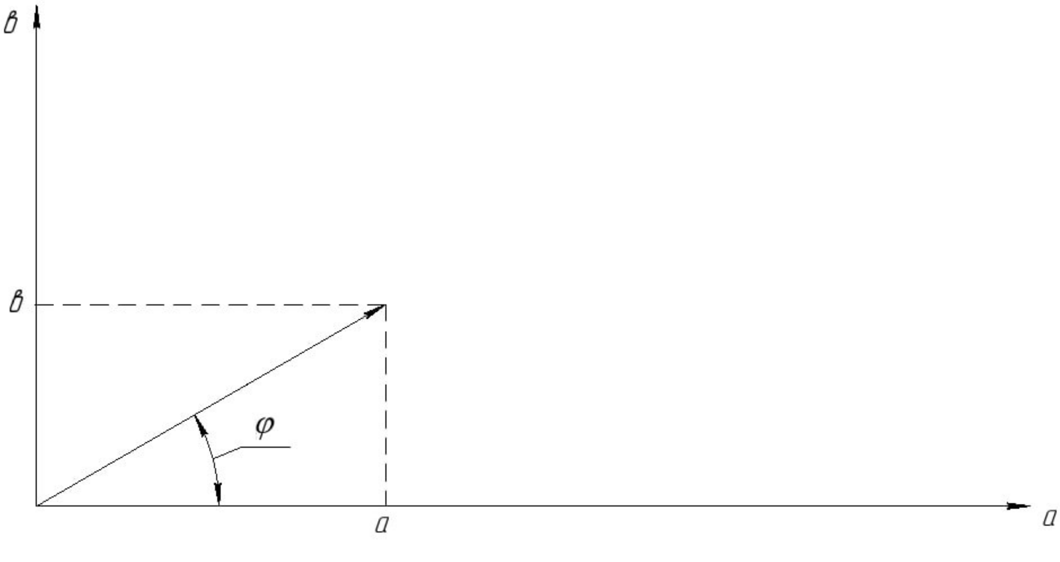


Рисунок 2 — Геометрическое представление комлексно-сопряженных чисел

#### Экспоненциальная форма

$$z = a + jb = |z|e^{j\varphi} \tag{13}$$

$$|z| = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{– модуль комплексного числа} \tag{14}$$

$$|z|^2 = z \cdot z^* = (a + jb)(a - jb) = a^2 + b^2 \tag{15}$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \quad \text{– аргумент комплексного числа} \tag{16}$$

**Формула Эйлера**

$$e^{j\varphi} = \cos\varphi + j\sin\varphi \tag{17}$$

Эта формула связывает гармонические функции с комплексной экспонентой и является фундаментальной в теории сигналов.

**Произвольное комплексное число z может быть представлено в тригонометрической форме**

$$z = |r|\cos\varphi + j|r|\sin\varphi \tag{18}$$

**Комплексное гармониченое (экспоненциальное) колебание**

$$z(t) = Ae^{j(\omega_0 t + \varphi)} \tag{19}$$

Применив формулу Эйлера, получим:

$$z(t) = A\cos(\omega_0 t + \varphi) + jA\sin(\omega_0 t + \varphi) \tag{20}$$

Реальные и мнимые части - это реальные гармонические колебания

Основная причина применения комплексной формы записи - представление реальных гармонических колебний

$$x(t) = ReA(t)e^{j(\omega_0 t + \varphi)} = A(t)\cos(\omega_0 t + \varphi) \tag{21}$$

# 2 ЛЕКЦИЯ 2:

# 3 ЛЕКЦИЯ 3: