

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**Методическое обеспечение дисциплины**

**ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ**

---

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

**Смоленск – 2020 г.**

**Методические материалы составил:**

Заведующий кафедрой

«Электроники и микропроцессорной техники»

д-р техн. наук, доцент

Якименко Игорь Владимирович

подпись

ФИО

«24» июня 2020 г.

**Зам. заведующего кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:**

подпись

Смолин Владимир Алексеевич

ФИО

«02» июля 2020 г.

### 1. Методическое обеспечение лекций

Цель лекций – изучение понятийного аппарата, основных теоретических положений и методов изучаемой дисциплины, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

1. Комплект лекций, в формате мультимедийных презентаций, расположен на сайте кафедры:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1uVEzY1CEXLqYi1W3NyPCJGjGVJ3yX9v1>

[https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq\\_YmuGL7pAiaV-s9\\_mPU](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq_YmuGL7pAiaV-s9_mPU)

Фрагмент лекции в формате мультимедийной презентации.

<p style="text-align: center;"><b>Кафедра электроники и микропроцессорной техники</b></p> <p style="text-align: center; color: purple; font-size: 1.2em;"><b>ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ</b></p> <p style="text-align: center; color: blue; font-size: 1.2em;"><b>Лекция</b></p> <p style="text-align: center; color: blue; font-size: 1.2em;"><b>№ 5 Z – преобразования</b></p>	<p style="text-align: center; color: red;">Учебные вопросы</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дискретное преобразование Лапласа. Z – преобразование</li> <li>2. Свойства Z – преобразования</li> <li>3. Обратное Z – преобразование</li> </ol> <p>Литература:                  1. Вадутов О.С. Электроника. Математические основы обработки сигналов – М.: Юрайт, 2017, с. 110...118, 132...133.</p>
<p>1. Дискретное преобразование Лапласа. Z – преобразование</p>	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;"><math>H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}</math> – передаточная функция (ПФ) по Лапласу</p> <p style="text-align: center;"><math>s = \alpha + j\omega</math> – оператор Лапласа (<math>p = \alpha + j\omega</math>)</p> <p style="text-align: center;"><math>Y(s) = H(s) \cdot X(s)</math> – выходной сигнал линейной системы</p>
<p style="text-align: center; color: red;">Прямое преобразование Лапласа</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">X(s) = L\{x(t)\} = \int_0^{\infty} x(t) \cdot e^{-st} dt;</math> </div> <p style="text-align: center; color: blue;">Обратное преобразование Лапласа</p> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">x(t) = L^{-1}\{X(s)\} = \frac{1}{2\pi j} \int_{\alpha-j\infty}^{\alpha+j\infty} X(s) \cdot e^{st} ds</math> </div> <p style="text-align: center; color: red; font-size: 0.8em;">Преобразования Лапласа для анализа линейных дискретных систем (ЛДС) не рациональна</p>	<p style="text-align: center; color: blue;">Прямое дискретное преобразование Лапласа (ПДПЛ) – <math>D\{x(n)\}</math></p> <div style="text-align: center; margin: 10px auto;"> </div>

## 2. Методическое обеспечение лабораторных работ

Цель лабораторных работ – закрепление лекционного материала, привитие навыков применения теоретических знаний для решения научно-исследовательских задач, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

Задания на лабораторные работы расположены по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1uVEzYICEXLqYi1W3NyPCJGjGVJ3yX9v1>

[https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq\\_YmuGL7pAiaV-s9\\_mPU](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq_YmuGL7pAiaV-s9_mPU)

Пример задания на лабораторную работу.

### Задание на лабораторную работу

1. Построить спектры для косинусоидального сигнала с частотой, равной номеру по журналу (в Герцах).
2. Выявить зависимость амплитуды сигнала на его спектр. Вывести три сигнала (исходный, с увеличенной амплитудой и уменьшенной амплитудой) на одном графике и три спектра аналогично. Занести в отчет, сделать вывод.
3. Выявить зависимость длительности сигнала на его спектр. Вывести три сигнала (исходный, с увеличенной длительностью и уменьшенной длительностью) на одном графике и три спектра аналогично. Занести в отчет, сделать вывод.
4. Построить спектры для сигналов, приведенных ниже. Для каждого сигнала повторить пункты 2, 3.

	$x(t) = \begin{cases} D \cdot \exp(-t/\tau) & \text{при } 0 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} D \cdot \sin\left(\frac{\pi}{T_c} \cdot t\right) & \text{при } 0 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} D \cdot \sin^2\left(\frac{\pi}{T_c} \cdot t\right) & \text{при } 0 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} (D/\tau) \cdot t & \text{при } 0 \leq t \leq \tau, \\ D \cdot (t - T_c)/(\tau - T_c) & \text{при } \tau \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} t^2 & \text{при } 0 \leq t \leq T_c/2, \\ (t - T_c)^2 & \text{при } T_c/2 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$

Для 4 сигнала менять амплитуду не нужно.

5. В соответствии с номером по журналу успеваемости, выбрать задание из таблицы.

№ вар	Непрерывный сигнал	№ вар	Непрерывный сигнал
1	$s = 10 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot t + \frac{\pi}{2}) + 5 \cos(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	14	$s = 8 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot t) + \sin(2\pi \cdot 4 \cdot t)$

2	$s = 10 \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t) + 5 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	15	$s = 6 \cos(2\pi \cdot 2 \cdot t) + 7 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$
3	$s = 8 \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t) + 3 \cos(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	16	$s = 2 \cos(2\pi \cdot 9 \cdot t) + 7 \cos(2\pi \cdot 2 \cdot t)$
4	$s = 9 \cos(2\pi \cdot 8 \cdot t) + 3 \sin(2\pi \cdot 9 \cdot t)$	17	$s = 5 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t) + 8 \sin(2\pi \cdot 9 \cdot t)$
5	$s = 4 \cos(2\pi \cdot 8 \cdot t) + 3 \cos(2\pi \cdot 12 \cdot t)$	18	$s = 5 \cos(2\pi \cdot 6 \cdot t) + 7 \cos(2\pi \cdot 3 \cdot t)$
6	$s = 10 \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t + \frac{\pi}{2}) + 5 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	19	$s = 6 \sin(2\pi \cdot 2 \cdot t + \frac{\pi}{2}) + 8 \cos(2\pi \cdot 9 \cdot t)$
7	$s = 10 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot t) + 5 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	20	$s = 7 \cos(2\pi \cdot 9 \cdot t) + 5 \sin(2\pi \cdot 2 \cdot t)$
8	$s = 8 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot t) + 3 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	21	$s = 2 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t) + 9 \cos(2\pi \cdot 7 \cdot t)$
9	$s = 9 \sin(2\pi \cdot 8 \cdot t) + 3 \cos(2\pi \cdot 9 \cdot t)$	22	$s = 9 \sin(2\pi \cdot 2 \cdot t) + 3 \sin(2\pi \cdot 8 \cdot t)$
10	$s = 4 \sin(2\pi \cdot 8 \cdot t) + 3 \sin(2\pi \cdot 12 \cdot t)$	23	$s = 5 \sin(2\pi \cdot 9 \cdot t) + 6 \sin(2\pi \cdot 6 \cdot t)$
11	$S = 11 \sin(2\pi \cdot 13 \cdot t) + 5 \cos(2 \cdot \pi \cdot 7 \cdot t)$	24	$S = 9 \cos(2\pi \cdot 7 \cdot t) + 2 \cos(2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot t)$
12	$S = 9 \cos(2\pi \cdot 8 \cdot t) + 4 \cos(2 \cdot \pi \cdot 6 \cdot t)$	25	$S = 2 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t) + 5 \cos(2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot t)$
13	$S = 11 \cos(2\pi \cdot 3 \cdot t) + 5 \sin(2 \cdot \pi \cdot 8 \cdot t)$	26	$S = 5 \cos(2\pi \cdot 4 \cdot t) + 5 \sin(2 \cdot \pi \cdot 5 \cdot t)$

Получить график сигнала и построить его спектр.

- Получить спектры для одиночного видеоимпульса с амплитудой, равной  $N_{ж} \cdot 2$ , и длительностью  $22 \cdot N_{ж}$ . Подобрать такой масштаб выведения графиков, чтобы длительность и амплитуда были четко видны. На графике должно отображаться 5 арок спектра.
- Графики спектров и сигналов занести в отчет.
- Оформить отчет по лабораторной работе №2.

### 3. Методическое обеспечение практических занятий

Цель практических занятий – закрепление лекционного материала, привитие навыков применения теоретических знаний для решения инженерных задач, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

Задания на практические занятия расположены по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1uVEzYICEXLqYi1W3NyPCJGjGVJ3yX9v1>  
[https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzzBmq\\_YmuGL7pAiaV-s9\\_mPU](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzzBmq_YmuGL7pAiaV-s9_mPU)

Пример задания на практическое занятие.

#### Задание на практическое занятие

- Получить график гармонического сигнала со следующими параметрами:

Амплитуда  $A = N_{ж} \cdot N_{г}$ ;

Частота  $w = N_{ж} \cdot 0.5$ ;

Максимальное значение  $t = N_{г} \cdot 5 + N_{ж}$ ;

Начальная фаза  $f_0 = N_{ж}$  где  $N_{ж}$  — порядковый номер студента по журналу успеваемости,  $N_{г}$  — номер группы.

На графике подписать оси! Занести в отчет

Получить 3 различных стиля оформления графика (цвет, толщина и стиль оформления линии и точек), занести в отчет.

- Произвольно изменить амплитуду исходного сигнала, получить график, занести в отчет.
- Произвольно изменить частоту исходного сигнала, получить график, занести в отчет.
- Произвольно изменить период исходного сигнала, получить график, занести в отчет.

5. Произвольно изменить начальную фазу исходного сигнала, получить график, занести в отчет.  
 6. Получить графики одиночных импульсов следующих форм:  
 (Произвести произвольное изменение каждого параметра. Выполнить на одном графике с исходным сигналом и подписать каждое изображение)

	$x(t) = \begin{cases} t^2 & \text{при } 0 \leq t \leq T_c/2, \\ (t - T_c)^2 & \text{при } T_c/2 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} t \cdot \exp(-\alpha t) & \text{при } 0 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} t^2 \cdot \exp(-\alpha t) & \text{при } 0 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} 2(D/T_c) \cdot t & \text{при } 0 \leq t \leq T_c/2, \\ D & \text{при } T_c/2 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$

7. Задать периодическую последовательность прямоугольных видеоимпульсов (ППВИ) со следующими параметрами:

$$\begin{aligned} S_m &= N_{ж}, \\ t_{и} &= N_{г} \cdot 2 \\ t_{з} &= 3; \\ T &= 10. \end{aligned}$$

Получить график, занести в отчет.

8. Уменьшить скважность следования импульсов в два раза, получить график, занести в отчет.  
 9. Изменить величину задержки импульса, получить график, занести в отчет.  
 10. Оформить отчет по выполненной работе.

### Примечание

1. Все приведенные в отчете графики должны содержать название и подписанные оси с указанием величины и размерности!
2. В случае появления вопросов, первым делом необходимо открыть вкладку «Help» в меню главного командного окна программы Matlab, затем обратиться к выданной литературе, и только затем спрашивать ответ у преподавателя.

### 4. Методическое обеспечение расчетно-графической работы

Цель расчетно-графической работы – закрепление лекционного материала, привитие навыков применения теоретических знаний для самостоятельного решения инженерных задач, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

Задания на курсовую работу расположены по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1uVEzY1CEXLqYi1W3NyPCJGjGVJ3yX9v1>  
[https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq\\_YmuGL7pAiaV-s9\\_mPU](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq_YmuGL7pAiaV-s9_mPU)

### 5. Методическое обеспечение проведения экзамена:

Экзамена является заключительным этапом изучения дисциплины и имеет цель оценить уровень теоретические знания обучаемых, их навыки и умения применять полученные знания при решении практических задач, а также оценить уровень освоения компетенций закрепленных за дисциплиной.

Вопросы для подготовке к экзамену расположены по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1uVEzYICEXLqYi1W3NyPCJGjGVJ3yX9v1>

[https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzzeBmq\\_YmuGL7pAiaV-s9\\_mPU](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzzeBmq_YmuGL7pAiaV-s9_mPU)