

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 12.12.2023 10:14:01  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Системы компьютерного зрения»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

**«ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.01 «Радиотехника»

по профилю

**«Системы компьютерного зрения»**

Санкт-Петербург

2023

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

профессор, к.т.н., доцент Сергиенко А.Б.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР  
03.03.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФРТ, 20.04.2022, протокол № 1

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	ТОР
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	3
Семестр	6
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	32
Лабораторные занятия (академ. часов)	16
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	49
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	95
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (курс)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ»**

В дисциплине «Цифровая обработка сигналов» рассматриваются следующие основные вопросы: дискретные сигналы, дискретные системы, дискретное преобразование Фурье, методы синтеза дискретных фильтров, эффекты квантования и округления, многоскоростная обработка сигналов.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«DIGITAL SIGNAL PROCESSING»**

The course «Digital Signal Processing» covers the following basic topics: discrete-time signals, discrete-time systems, discrete Fourier transform, design of digital filters, quantization and rounding effects, multi-rate signal processing.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целями изучения дисциплины является приобретение теоретических знаний и формирование практических умений и навыков, связанных с методами анализа дискретных сигналов, построением математических моделей дискретных систем, а также законами преобразования сигналов в дискретных и цифровых системах.

2. 2. Задачами дисциплины являются:

1) Приобретение знаний об основных принципах цифровой обработки сигналов.

2) Формирование навыков выполнения расчетов, связанных с анализом дискретных и цифровых сигналов и систем, применения методов математического анализа и моделирования

систем цифровой обработки сигналов, развитие умения использовать соответствующую научно-техническую и справочную литературу.

3) Формирование представлений о современном состоянии и тенденциях развития цифровой обработки сигналов.

3. Изучение основ теории дискретных сигналов и систем, приобретение знаний о методах анализа дискретных сигналов, построении математических моделей дискретных систем, а также законах преобразования сигналов в дискретных и цифровых системах.

4. Формирование умения проведения расчетов, связанных с анализом дискретных и цифровых сигналов и систем, а также с преобразованием сигналов в дискретных и цифровых системах.

5. Освоение навыков компьютерного моделирования базовых алгоритмов дискретной и цифровой обработки сигналов.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Алгебра и геометрия»
2. «Математический анализ»
3. «Радиотехнические цепи и сигналы»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Прием и обработка радиосигналов»
2. «Цифровая обработка сигналов. Дополнительные главы»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-1	Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
<i>ПК-1.1</i>	<i>Умеет строить физические и математические модели узлов и блоков радиотехнических устройств и систем</i>
<i>ПК-1.2</i>	<i>Владеет навыками компьютерного моделирования</i>
ПК-2	Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов
<i>ПК-2.1</i>	<i>Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов и блоков радиотехнических устройств и систем</i>
<i>ПК-2.2</i>	<i>Умеет проводить исследования характеристик радиотехнических устройств и систем</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1	0		0
2	Тема 1. Дискретные сигналы	5	3		16
3	Тема 2. Дискретные системы	5	4		16
4	Тема 3. Дискретное преобразование Фурье	5	3		16
5	Тема 4. Проектирование дискретных фильтров	5	3		16
6	Тема 5. Многоскоростная обработка сигналов	5	0		15
7	Тема 6. Эффекты квантования и округления	5	3		16
8	Заключение	1	0	1	
	Итого, ач	32	16	1	95
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет и задачи дисциплины. Структура и содержание дисциплины, ее связь с другими дисциплинами учебного плана.
2	Тема 1. Дискретные сигналы	Понятие дискретного сигнала. Основные операции над дискретными сигналами. Сигналы конечной и бесконечной длительности. Периодичность дискретных сигналов. Дискретный гармонический сигнал. Ложные частоты. Преобразование Фурье в дискретном времени, его свойства. Дискретизация аналоговых сигналов. Связь спектров аналогового и дискретизированного сигналов. Теорема Котельникова. Восстановление сигнала по дискретным отсчетам. Z преобразование, его свойства, область определения. Связь z-преобразования и преобразования Фурье в дискретном времени. Частотная ось на z-плоскости. Дискретизация узкополосных сигналов: квадратурная дискретизация, субдискретизация. Дискретные случайные сигналы. Дискретный белый шум.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Тема 2. Дискретные системы	<p>Понятие дискретной системы. Линейность, стационарность, причинность, инерционность. Сущность линейной дискретной обработки. Алгоритм дискретной фильтрации. Разностное уравнение. Способы описания дискретных систем: импульсная характеристика, функция передачи, нули и полюсы, полюсы и вычеты, пространство состояний. Связь АЧХ с расположением нулей и полюсов функции передачи. Все пропускающие (фазовые) фильтры. Расчет импульсной характеристики дискретных систем. Устойчивость дискретных систем. Формы реализации дискретных систем: прямая, каноническая, транспонированная, последовательная (каскадная). Нерекурсивные фильтры. Симметричные фильтры. Системы первого порядка: простейшие фильтры нижних частот (ФНЧ) и верхних частот. Системы второго порядка: условие устойчивости, расчет резонатора и режектора второго порядка. Преобразование случайного процесса в дискретной системе.</p>
4	Тема 3. Дискретное преобразование Фурье	<p>Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Связь ДПФ с преобразованием Фурье в дискретном времени и с дискретным рядом Фурье. Частотная шкала ДПФ. Дополнение сигнала нулями. Свойства ДПФ. Матрица ДПФ. Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) с прореживанием во времени. ДПФ как дискретная фильтрация. Алгоритм Герцеля. Дискретная фильтрация с помощью ДПФ. Линейная и круговая свертка. Секционирование свертки: перекрытие с суммированием и перекрытие с накоплением. Растекание спектра. Весовые функции (окна).</p>
5	Тема 4. Проектирование дискретных фильтров	<p>Постановка задачи синтеза. Классификация методов синтеза. Синтез по аналоговому прототипу: метод инвариантной импульсной характеристики, метод билинейного преобразования. Идеализированные дискретные фильтры: расчет импульсной характеристики в частотной и во временной области, идеальный ФНЧ, идеальный дифференцирующий фильтр. Прямые методы: субоптимальные (оконный метод) и оптимальные (минимизация среднеквадратической ошибки, минимаксный метод).</p>
6	Тема 5. Многоскоростная обработка сигналов	<p>Понятие многоскоростной обработки. Изменение частоты дискретизации: прореживание, интерполяция, передискретизация с рациональным коэффициентом. Возможности сокращения числа арифметических операций. Многокаскадная реализация прореживания и интерполяции.</p>

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
7	Тема 6. Эффекты квантования и округления	Способы представления чисел в цифровых системах: представление отрицательных чисел, форматы с фиксированной запятой, форматы с плавающей запятой. Процесс квантования. Равномерное квантование. Шум квантования, его теоретическая модель. Эффекты квантования в цифровых фильтрах: погрешности представления коэффициентов, округление промежуточных результатов, переполнения, предельные циклы. Масштабирование коэффициентов цифровых фильтров. Влияние формы реализации фильтра на проявление эффектов квантования. Собственный шум цифрового фильтра, его теоретическая модель.
8	Заключение	Основные тенденции развития цифровой обработки сигналов.

#### **4.2 Перечень лабораторных работ**

<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Дискретные сигналы	3
2. Дискретные фильтры	4
3. Дискретное преобразование Фурье	3
4. Проектирование дискретных фильтров	3
5. Эффекты квантования и округления	3
Итого	16

#### **4.3 Перечень практических занятий**

Практические занятия не предусмотрены.

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### 4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

#### 4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

#### 4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	30

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	15
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	15
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>95</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Сергиенко, Александр Борисович. Цифровая обработка сигналов [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Информатика и вычислительная техника" / А.Б. Сергиенко, 2006. -750 с.	72
2	Петров, Александр Валерьевич. Цифровая обработка сигналов [Текст] : лаб. практикум / А. В. Петров, А. Б. Сергиенко, 2018. -77 с.	50
Дополнительная литература		
1	Основы цифровой обработки сигналов [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. диплом. специалистов 654400 -Телекоммуникации / А.И. Солонина, Д.А. Улахович, С.М. Арбузов, Е.Б. Соловьева, 2005. -XIV, 753 с.	59
2	Айфичер, Эммануил. Цифровая обработка сигналов [Текст] : практ. подход / Э. Айфичер, Б. Джервис, 2004. -989 с.	11
3	Гадзиковский, Викентий Иванович. Теоретические основы цифровой обработки сигналов [Текст] / В.И. Гадзиковский, 2004. -343 с.	4
4	Лайонс, Ричард. Цифровая обработка сигналов [Текст] / Р. Лайонс ; пер. с англ. под ред. А. А. Бритова, 2007. -652 с.	4
5	Марпл-мл., Стенли Лоренс. Цифровой спектральный анализ и его приложения [Текст] : монография / С. Л. Марпл-мл.; Пер. с англ. О. И. Хабарова и Г. А.Сидоровой; Под ред. И. С. Рыжака, 1990. -584 с. с.	23
6	Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов [Текст] : [учеб.] / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. под ред. С. Ф. Боева, 2012. -1046 с.	17

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Страница дисциплины на сайте кафедры ТОР <a href="http://www.tor.eltech.ru:8000/edu/bachelor/dsp">http://www.tor.eltech.ru:8000/edu/bachelor/dsp</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=8563>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Цифровая обработка сигналов» формой промежуточной аттестации является дифф. зачет. Оценивание качества освоения дисциплины производится с использованием рейтинговой системы.

#### Дифференцированный зачет

Оценка	Количество баллов	Описание
Неудовлетворительно	0 – 59	теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практически навыки и умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над курсом не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий
Удовлетворительно	60 – 74	теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки и умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки
Хорошо	75 – 89	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки и умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками
Отлично	90 – 100	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки и умения сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено количеством баллов, близким к максимальному

## Особенности допуска

Для допуска к дифференцированному зачету необходимо выполнить и защитить все лабораторные работы.

Оценка дифференцированного зачета формируется по результатам текущего контроля.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Чему равны энергия и средняя мощность заданного сигнала на бесконечном интервале? $x(k) = (2/3)^k$ при $k \geq 0$
2	Спектр узкополосного сигнала сосредоточен в диапазоне частот от 13 МГц до 15 МГц. Чему равна минимально возможная частота субдискретизации для этого сигнала?
3	Если $y(k) = x(k) - x(-k)$ , то $Y(0) = 0$ . Справедливо ли это утверждение?
4	Чему равно z-преобразование следующей последовательности? $y(k) = x(k) \cdot a^k$
5	Преобразование Фурье в дискретном времени равно $X(\omega) = 2 \cdot (1 + \cos(\omega)) \cdot \exp(-j \cdot \omega)$ . Найдите соответствующую последовательность отсчетов $\text{left}x(k)\text{right}$ .
6	Работа дискретной системы описывается следующей формулой: $y(k) = 0.8 \cdot x(k) + 0.2 \cdot x(k+1)$ . Обладает ли эта система свойствами линейности, стационарности, причинности?
7	Определите по заданному расположению нулей и полюсов функции передачи на комплексной плоскости тип АЧХ дискретной системы.
8	Какому типу симметричных нерекурсивных фильтров соответствует импульсная характеристика вида $\text{left}h(k)\text{right} = \text{left}-0.1, -0.2, 0.2, 0, -0.2, 0.2, 0.1\text{right}$ ?
9	Функция передачи дискретной системы имеет вид $H(z) = (0.2 + z^{-1}) / (1 + 0.2 \cdot z^{-1})$ . Какую частотную характеристику реализует эта система?
10	Функция передачи фильтра нижних частот первого порядка имеет вид $H(z) = (1-p) / (2 \cdot (1+z^{-1})) / (1-p \cdot z^{-1})$ . Определите такое значение параметра $p$ , чтобы частота среза этого фильтра по уровню половинной мощности была равна $\pi/3$ радиан на отсчет.

## Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

### Пример заданий еженедельного теста

#### Задание 1 (2 балла)

Что из перечисленного является дискретным сигналом?

*Варианты ответа:*

1. Фотоснимок на фотопленке
2. Аудиозапись на виниловом диске
3. Запись фильма на DVD-диске
4. Рейтинги фильмов на сайте kinopoisk.ru
5. Ежеминутная информация об уровне воды в Неве на сайте spun.fkpkzs.ru

**Задание 2 (4 балла)**

Чему равны энергия и средняя мощность данного сигнала на бесконечном интервале?

$$x(k) = \begin{cases} \frac{1}{3^k} & k \geq 0, \\ 0, & k < 0. \end{cases}$$

Введите точные значения энергии и средней мощности. Если какой-то из результатов равен бесконечности, используйте для ее обозначения комбинацию «inf».

**Задание 3 (4 балла)**

Чему равны энергия и средняя мощность данного сигнала на бесконечном интервале?

$$x(k) = \sin\left(\frac{\pi}{4}k\right), \quad -\infty < k < \infty$$

Введите точные значения энергии и средней мощности. Если какой-то из результатов равен бесконечности, используйте для ее обозначения комбинацию «inf».

**Задание 4 (4 балла)**

Чему равны минимальные периоды этих дискретных гармонических сигналов?

$$x_1(k) = \cos(0.175\pi k), x_2(k) = \cos(0.55k), x_3(k) = \cos(0.08\pi k).$$

Введите целочисленные значения периодов  $N1, N2, N3$ . Если сигнал не является периодическим, укажите для его периода значение 0.

### Задание 5 (4 балла)

Вещественный непрерывный гармонический сигнал с частотой 21 кГц дискретизируется с периодом дискретизации, равным 125 мкс. Чему равна частота получившегося дискретного гармонического сигнала? Выберите вариант ответа, лежащий в диапазоне частот от 0 до  $\pi$ , и введите точное значение в радианах на отсчет, *деленное на  $\pi$*  (например, если частота равна  $\pi/2$  рад/отсчет, необходимо ввести значение 0.5).

### Задание 6 (2 балла)

Для каких из этих сигналов выполняется условие абсолютной суммируемости?

*Варианты ответа:*

$$1. x(k) = \begin{cases} 1/k, & k \neq 0, \\ 0, & k = 0. \end{cases}$$

$$2. x(k) = \begin{cases} 1/k, & k \neq 0, \\ 0, & k = 0. \end{cases}$$

$$3. x(k) = \begin{cases} \frac{\sin(\pi k/2)}{\pi k/2}, & k \neq 0, \\ 1, & k = 0. \end{cases}$$

$$4. x(k) = \begin{cases} (0.7 + 0.8j)^k, & k \geq 0, \\ 0, & k < 0. \end{cases}$$

$$5. x(k) = \sin\left(\frac{\pi}{4}k\right), \quad -\infty < k < \infty.$$

### Задание 7 (4 балла)

Дискретный сигнал равен

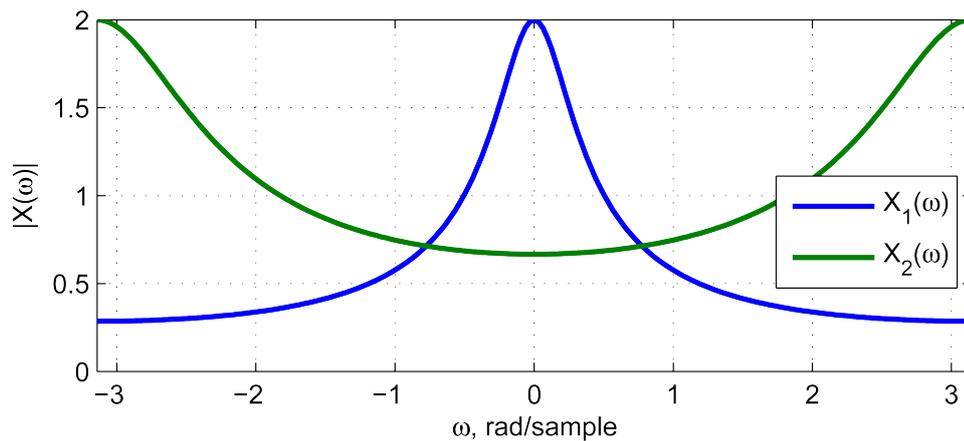
$$x(k) = \begin{cases} 1 + 8k - k^2, & 0 \leq k \leq 8, \\ 0, & k < 0, k > 8. \end{cases}$$

Рассчитайте значения  $X(0)$  и  $X(\pi)$ . Введите точные значения.

### Задание 8 (2 балла)

На рисунке показаны графики амплитудных спектров двух вещественных односторонних экспоненциальных импульсов:

$$x_1(k) = \begin{cases} A_1 a_1^k, & k \geq 0, \\ 0, & k < 0 \end{cases} \quad x_2(k) = \begin{cases} A_2 a_2^k, & k \geq 0, \\ 0, & k < 0 \end{cases}$$



Выберите все правильные утверждения.

*Варианты ответа:*

1.  $|a_1| > |a_2|$

2.  $|A_1| > |A_2|$

3.  $a_1 < 0$

4.  $a_2 < 0$

5. Приведенная в вопросе информация недостаточна для определения знаков параметров  $a_1$  и  $a_2$

6. Приведенная в вопросе информация недостаточна для определения знаков параметров  $A_1$  и  $A_2$

**Задание 9 (1 балл)**

Спектры дискретных сигналов  $\{x(k)\}$  и  $\{y(k)\}$  связаны следующим образом:

$$Y(\tilde{\omega}) = \frac{1}{2j} (X(\tilde{\omega} + \tilde{\omega}_0) - X(\tilde{\omega} - \tilde{\omega}_0))$$

Как связаны друг с другом сигналы  $\{x(k)\}$  и  $\{y(k)\}$ ?

*Варианты ответа:*

1.  $y(k) = x(k) \sin(\tilde{\omega}_0 k)$
2.  $y(k) = -x(k) \sin(\tilde{\omega}_0 k)$
3.  $y(k) = x(k) \cos(\tilde{\omega}_0 k)$
4.  $y(k) = -x(k) \cos(\tilde{\omega}_0 k)$

**Задание 10 (1 балл)**

Спектр дискретного сигнала  $X(\tilde{\omega})$  — вещественная функция. Каким свойством в общем случае обладает последовательность отсчетов  $\{x(k)\}$ , которой этот спектр соответствует?

*Варианты ответа:*

1. Отсчеты  $x(k)$  — вещественные числа
2. Отсчеты  $x(k)$  — мнимые числа
3.  $x(k) = x(-k)$
4.  $x(k) = x^*(-k)$
5.  $x(k) = -x(-k)$
6.  $x(k) = -x^*(-k)$

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
2	Тема 1. Дискретные сигналы	Тест
3	Тема 1. Дискретные сигналы	Тест
4	Тема 1. Дискретные сигналы	Тест
5	Тема 2. Дискретные системы	Тест
6	Тема 2. Дискретные системы	Тест
7	Тема 2. Дискретные системы	Тест
8	Тема 1. Дискретные сигналы Тема 2. Дискретные системы	Коллоквиум
9	Тема 3. Дискретное преобразование Фурье	Тест
10	Тема 3. Дискретное преобразование Фурье	Тест
11	Тема 4. Проектирование дискретных фильтров	Тест
12	Тема 4. Проектирование дискретных фильтров	Тест
13	Тема 5. Многоскоростная обработка сигналов	Тест
14	Тема 6. Эффекты квантования и округления	Тест
15	Тема 6. Эффекты квантования и округления	Тест
16	Тема 3. Дискретное преобразование Фурье Тема 4. Проектирование дискретных фильтров Тема 5. Многоскоростная обработка сигналов Тема 6. Эффекты квантования и округления	Коллоквиум
17	Тема 1. Дискретные сигналы Тема 2. Дискретные системы Тема 3. Дискретное преобразование Фурье Тема 4. Проектирование дискретных фильтров Тема 5. Многоскоростная обработка сигналов Тема 6. Эффекты квантования и округления	Коллоквиум

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифф.зачет.

Текущий контроль проводится с использованием онлайн-курса «Основы цифровой обработки сигналов» на платформе LETIteach. Вклад в итоговую оценку дают следующие составляющие учебной работы в течение семестра: еженедельные онлайн-тесты, аттестационные онлайн-тесты, лабораторные работы.

## **1. Еженедельные онлайн-тесты**

В течение семестра проводится 13 онлайн-тестов по текущему материалу. Каждый тест состоит из 10 заданий разных типов (выбор одного или нескольких правильных ответов из списка вариантов либо ввод результата решения задачи в виде одного или нескольких чисел). Тесты оцениваются в процентах от максимально возможного результата (0...100%). По итогам выполнения 13 тестов вычисляется средний результат (0...100%).

## **2. Аттестационные онлайн-тесты**

В течение семестра проводятся два аттестационных онлайн-теста:

- 8-я неделя — тест по материалам тем 1–2;
- 16-я неделя — тест по материалам тем 3–6.

Аттестационные тесты проводятся в дисплейных классах под контролем преподавателя. Каждый тест состоит из 10 заданий разных типов (выбор одного или нескольких правильных ответов из списка вариантов либо ввод результата решения задачи в виде одного или нескольких чисел). Тесты оцениваются в процентах от максимально возможного результата (0...100%). По итогам выполнения 2 тестов вычисляется средний результат (0...100%).

## **3. Лабораторные работы**

Лабораторные работы проводятся в дисплейных классах и не связаны с онлайн-частью курса. В течение семестра проводится 5 лабораторных работ, для защиты предусмотрено два коллоквиума (плюс один дополнительный на зачетной неделе). Для получения положительной оценки по дисциплине необходимо выполнить и защитить все 5 лабораторных работ.

Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 2 (в крайнем случае 3) человек. Оформление отчета студентами осуществляется в количестве одного отчета на бригаду в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выпол-

нения компьютерного моделирования и представляется преподавателю на проверку. Замечания, сделанные преподавателем по итогам проверки отчета, должны быть устранены.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части или по процедуре проведения моделирования, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае, если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

Примеры контрольных вопросов приведены в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

#### **4. Итоговая оценка по дисциплине**

Средние оценки за еженедельные и аттестационные тесты комбинируются со следующими весовыми коэффициентами:

- еженедельные тесты — вес 40%;
- аттестационные тесты — вес 60%.

Итоговая оценка по дисциплине формируется исходя из взвешенного результата следующим образом:

- 90...100% — отлично (при условии защиты 5 лабораторных работ);
- 75...89% — хорошо (при условии защиты 5 лабораторных работ);
- 60...74% — удовлетворительно (при условии защиты 5 лабораторных работ);
- 0...59% — неудовлетворительно.

#### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и лабораторных занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, ПК или ноутбук	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, персональные компьютеры IBM совместимые Pentium или выше.	1) Windows 7 и выше; 2) MATLAB R2016a и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>