

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет                    информационных технологий, экономики и управле-  
   ния  
Кафедра                      «Системы управления»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФИТЭУ

Рычка /И.А. Рычка/

« 1 » 12 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Цифровая обработка сигналов»**

направление подготовки  
27.03.04 «Управление в технических системах»  
(уровень бакалавриата)

направленность (профиль)  
«Управление и информатика в технических системах»

Петропавловск-Камчатский  
2022

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах», профиль «Управление и информатика в технических системах», и учебного плана ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

Составитель рабочей программы:  
доцент кафедры СУ, к.т.н.



Луковенкова О.О.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Системы управления»  
Протокол № 5 от «26» 11 2021 года.

«26» 11 2021 г.



Заведующий кафедрой  
«Системы управления»  
А.А. Марченко

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

*Цель изучения дисциплины:* теоретическое и практическое освоение методов и средств цифровой обработки сигналов (ЦОС), позволяющее выпускнику успешно вести научно-исследовательскую деятельность, направленную на создание и обеспечение функционирования систем различного назначения.

*Задачи изучения дисциплины:*

- изучение в требуемом объеме соответствующего математического аппарата цифровой обработки сигналов;
- изучение способов реализации эффективных методов и алгоритмов цифрового анализа информационных данных на современных персональных компьютерах.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» направлена на освоение следующих компетенций основной профессиональной образовательной программы по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах» федерального государственного образовательного стандарта высшего образования:

- способен разрабатывать информационное обеспечение АСУП (ПК-3).

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице.

| Код компетенции | Планируемые результаты освоения образовательной программы  | Код и наименование индикатора  | Планируемый результат обучения по дисциплине   | Код показателя освоения                                       |
|-----------------|--|--|--|---|
| ПК-3            | способность выполнять эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления | <b>ИД-1<sub>ПК-3</sub>:</b> Знает прикладные компьютерные программы для разработки технологических схем обработки информации и для оформления моделей данных.<br><b>ИД-2<sub>ПК-3</sub>:</b> Знает технологии синхронизации информации в различных базах данных; знает язык структурированных запросов систем управления базами данных<br><b>ИД-3<sub>ПК-3</sub>:</b> Умеет использовать прикладные компьютерные программы для разработки технологических схем обработки информации и оформления моделей данных АСУП | <i>Знать:</i><br>- методы и алгоритмы решения задач цифровой обработки сигналов;<br><i>Уметь:</i><br>- дать сравнительную характеристику различных методов и алгоритмов решения задач цифровой обработки сигналов;<br><i>Владеть:</i><br>- навыками применения методов и алгоритмов решения задач цифровой обработки сигналов. | <b>З(ПК-3)1</b><br><br><b>У(ПК-3)1</b><br><br><b>В(ПК-3)1</b> |

| Код компетенции | Планируемые результаты освоения образовательной программы | Код и наименование индикатора   | Планируемый результат обучения по дисциплине | Код показателя освоения |
|-----------------|---|---|--|-------------------------|
|                 |   | ИД-4 <sub>пк-з</sub> : Умеет использовать прикладные программы управления проектами для разработки планов информационного обеспечения АСУП. |  |                         |

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к части «Факультативы» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах», профиль «Управление и информатика в технических системах», предусмотренной учебным планом ФГОУ ВПО «КамчатГТУ».

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Тематический план дисциплины

##### Очная форма обучения

| Наименование разделов и тем                              | Всего часов | Аудиторные занятия | Контактная работа по видам учебных занятий |          |           | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля | Итоговый контроль знаний по дисциплине |
|--|-------------|--------------------|--|----------|-----------|------------------------|-------------------------|--|
|  |             |                    | ЛК   | ПЗ       | ЛР        |                        |                         |  |
| Тема 1: Теоретические основы цифровой обработки сигналов | 36          | 16                 | -  | -        | 16        | 20                     | Опрос, РЗ               |  |
| Тема 2: Практические основы цифровой обработки сигналов  | 36          | 16                 | -  | -        | 16        | 20                     | Опрос, РЗ               |  |
| Зачет  | -           | -                  | -  | -        | -         | -                      | Опрос, РЗ               |  |
| <b>Всего</b>   | <b>72</b>   | <b>32</b>          | <b>-</b>                                   | <b>-</b> | <b>32</b> | <b>40</b>              | <b>-</b>                |  |

##### Заочная форма обучения

| Наименование разделов и тем | Всего часов | Аудитор- | Контактная работа по видам учебных занятий | Самостоя- | Формы текущего кон- | Ито- |
|-----------------------------|-------------|----------|--|-----------|---------------------|------|
|                             |             | тор-     |  | стоя-     |                     | го-  |
|                             |             |          |  | тель-     |                     | вый  |
|                             |             |          |  |           |                     | кон- |

|  |           |          | ЛК       | ПЗ       | ЛР       |           |           |          |
|--|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
| Тема 1: Теоретические основы цифровой обработки сигналов | 34        | 4        | -        | -        | 4        | 30        | Опрос, РЗ |          |
| Тема 2: Практические основы цифровой обработки сигналов  | 34        | 4        | -        | -        | 4        | 30        | Опрос, РЗ |          |
| Зачет  | -         | -        | -        | -        | -        | -         | -         |          |
| <b>Всего</b>   | <b>72</b> | <b>8</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>8</b> | <b>60</b> | <b>-</b>  | <b>4</b> |

\*ПЗ – практическое задание, РЗ – решение задач, КС – конкретная ситуация

## 4.2. Описание содержания дисциплины

### *Тема 1. Теоретические основы цифровой обработки сигналов*

**Лабораторная работа 1.1. Генерация дискретных сигналов.** Общая схема ЦОС. Типы сигналов и способы их описания. Типовые дискретные сигналы и их аналоги. Основная полоса частот.

**Лабораторная работа 1.2. Преобразование Фурье.** Ряд Фурье. Интегральное преобразование Фурье. Обратное преобразование Фурье. Свойства преобразования Фурье. Понятие спектра. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье. Свойства ДПФ. БПФ с прореживанием по времени, по частоте.

**Лабораторная работа 1.3. Z-преобразование.** Преобразование Лапласа и Z-преобразование. Соответствие  $p$ - и  $z$ -областей. Свойства Z-преобразования. Таблица соответствий. Обратное Z-преобразование. Вычисление обратного Z-преобразования методом разложения в степенной ряд. Вычисление обратного Z-преобразования методом разложения на простые дроби. Вычисление обратного Z-преобразования с использованием теоремы Коши о вычетах.

**Лабораторная работа 1.4. Описание линейных дискретных систем.** Понятие ЛДС. Описание ЛДС во временной области. Описание ЛДС в  $z$ -области. Описание ЛДС в частотной области.

### **СРС**

1. Проработка теоретического материала по следующим темам:

- Частотные преобразования.
- Частотно-временные преобразования.
- Линейные дискретные системы.
- Вейвлет-анализ сигналов.
- Фрактальный анализ сигналов.
- Метод эмпирической модовой декомпозиции.
- Статистический анализ сигнала.

2. Подготовка отчетов по лабораторным работам 1.1-1.4.

3. Подготовка к зачету по перечню примерных вопросов.

### *Тема 2. Практические основы цифровой обработки сигналов*

**Лабораторная работа 2.1. Алгоритмы свертки и корреляции.** Операции ЦОС. Линейная свертка и круговая свертка. Свойства свертки. Корреляция. Построение ВКФ и АКФ. Свойства корреляции. Области применения корреляции.

**Лабораторная работа 2.2.** *Спектральный анализ сигналов.* Оценка спектральной плотности мощности методом БПФ. Метод периодограмм. Оконные функции и их характеристики. Спектр сигнала, ограниченного по времени. Спектр дискретного сигнала. Изучение эффекта подмены частот. Метод Бартлетта-Уэлча. Метод Юла-Уокера. Использование `sptool`.

**Лабораторная работа 2.3.** *Синтез КИХ-фильтров.* Фильтр. Виды фильтров. Частотная характеристика фильтров. Методы синтеза фильтров. КИХ-фильтров. Функции для синтеза КИХ-фильтров в MATLAB. `FDATool`. Анализ фильтра.

#### **СРС**

1. Подготовка отчетов по лабораторным работам 2.1-2.3.
2. Подготовка к зачету по перечню примерных вопросов.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

В целом внеаудиторная самостоятельная работа обучающегося при изучении курса включает в себя следующие виды работ:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к лабораторным работам;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- выполнение домашних заданий в форме творческих (проблемно-поисковых, групповых) заданий, докладов;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине.

Основная доля самостоятельной работы обучающихся приходится на подготовку к лабораторным работам, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к лабораторным работам предполагает умение работать с первичной информацией.

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
3. Типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

### **Примерный перечень вопросов к промежуточной аттестации**

1. Обобщенная схема ЦОС. Классификация сигналов. Алгоритмы корреляции и свертки.
2. Ряд Фурье. Непрерывное преобразование Фурье. Свойства преобразования Фурье (с доказательствами).
3. ДПФ. Соотношение ДПФ и непрерывного преобразования Фурье. Свойства ДПФ (с доказательствами).
4. Спектр гармонического сигнала. Спектр сигнала, ограниченного во времени. Спектр дискретного сигнала. Наложение частот. Теорема Котельникова.
5. Алгоритмы БПФ с прореживанием по времени и частоте.
6. Спектральный анализ. Суть параметрических и непараметрических методов. «Подводные камни» непараметрических методов и пути их обхода.
7. Параметрические методы спектрального анализа: методы Бартлета и Уэлша, метод Блэкмена-Тьюки. Непараметрические методы: AP-модель сигнала, оценка спектральной плотности мощности.
8. Преобразование Лапласа. Z-преобразование и его свойства (с доказательствами). Обратное z-преобразование.
9. Преобразование Лапласа. Z-преобразование. Отображение z-плоскости на p-плоскость.
10. Методы вычисления обратного Z-преобразования.
11. Определение ЛДС. Свойства ЛДС. Описание ЛДС во временной области. Типы ЛДС. Критерий устойчивости ЛДС во временной области.
12. Определение ЛДС. Свойства ЛДС. Описание ЛДС в z-области и в частотной области. Карта нулей и полюсов. Критерий устойчивости ЛДС в z-области.
13. Алгоритмы синтеза КИХ-фильтров. Метод взвешивания. Метод частотной выборки.
14. Метод синтеза оптимальных по Чебышеву КИХ-фильтров.
15. Алгоритмы синтеза БИХ-фильтров.

Задача в MATLAB или Scilab (основные типы ниже)

1. Оценить спектральную плотность мощности заданного сигнала.
2. Оценить устойчивость линейной дискретной системы по ее передаточной функции.
3. Найти обратное Z-преобразование.
4. Синтезировать фильтр с заданными характеристиками.
5. Рассчитать наблюдаемые в сигнале частоты.

## **7. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **7.1. Основная литература**

1. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. "Радиотехника". - 2016.
2. Иванов М.Т., Сергиенко А. Б., Ушаков В. Н. Теоретические основы радиотехники. Учебное пособие / под ред. В. Н. Ушакова - СПб.: Питер, 2014.
3. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. - СПб.: BHV, 2013.
4. Мандрикова О. В. Теория применения вейвлет-преобразования: учеб. пособие. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2019. 130 с.

### **7.2. Дополнительная литература**

1. Введение в цифровую фильтрацию / Под ред. Р. Богнера и А. Константиноидиса. - М.: Мир, 1976.

2. Голд Б., Рэйдер Ч. Цифровая обработка сигналов / Пер. с англ., под ред. А. М. Трахтмана. - М., "Сов. радио", 1973, 368 с.
3. Гоноровский И. С., Демин М. П. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1994.
4. Каппелини В., Константиноидис А. Дк., Эмилиани П. Цифровые фильтры и их применение. - М.: Энергоатомиздат, 1983.
5. Карташев В. Г. Основы теории дискретных сигналов и цифровых фильтров. - М.: Высш. шк., 1982.
6. Куприянов М. С., Матюшкин Б. Д. - Цифровая обработка сигналов: процессоры, алгоритмы, средства проектирования. - СПб.: Политехника, 1999.
7. Марпл-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ. - М.: Мир, 1990.
8. Оппенгейм А. В., Шафер Р. В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. / Под ред. С. Я. Шаца. - М.: Связь, 1979.
9. Рабинер Л, Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Пер. с англ.; Под ред. Ю. И. Александрова. - М.: Мир, 1978.
10. Сиберт У. М. Цепи, сигналы, системы: В 2-х ч. / Пер. с англ. - М.: Мир, 1988.
11. Френкс Л. Теория сигналов. / Пер. с англ., под ред. Д. Е. Вакмана. - М.: Сов. радио, 1974.
12. Хемминг Р. В. Цифровые фильтры: Пер. с англ. / Под ред. А. М. Трахтмана. - М.: Сов. радио, 1980.
13. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. / Под ред. Д. Д. Кловского. - М.: Радио и связь, 2000.
14. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. - 1104 с.
15. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 2000.

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»**

1. Электронно-библиотечная система «eLibrary»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>
2. Теория и практика цифровой обработки сигналов: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dsplib.ru/>
3. Цифровая обработка сигналов: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://exponenta.ru/news/cifrovaya-obrabotka-signalov>
4. Курс лекций «Основы цифровой обработки сигналов»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/460445/>

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Подготовка к лабораторным работам**

Лабораторная работа – это выполнение студентами под руководством преподавателя или по инструкции заданий (решение задач, написание программ) с применением персонального компьютера.

В ходе лабораторных работ студенты воспринимают и осмысливают новый учебный материал. Лабораторные занятия носят систематический характер, регулярно следуя за лекционными занятиями. Лабораторные работы выполняются согласно графику, при этом соблюдается принцип индивидуального выполнения работ.



Обучающийся должен подготовить отчет к каждой лабораторной работе, предусмотренной планом.

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо заранее изучить методические рекомендации по его проведению. Обратит внимание на цель занятия, на основные вопросы для подготовки к занятию, на содержание темы занятия.

## **10. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)**

В соответствии с учебным планом курсовое проектирование по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» не предусмотрено.

## **11. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

Для формирования отчетов по лабораторным работам

1. MS Word
2. Latex

Для просмотра электронных документов

1. MS Word
2. MS PowerPoint
3. STDViewer

Для выполнения лабораторных работ

1. MATLAB
2. Scilab

## **12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

На кафедре имеются аудитории для проведения лекционных занятий и компьютерные классы для проведения лабораторных занятий.

Учебная аудитория 7-513 «Лаборатория разработки программного обеспечения» для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оборудована 8 персональными компьютерами.

Учебная аудитория 7-517 «Лаборатория научно-исследовательской работы», «Кабинет самостоятельной работы студентов». Оборудована 7 персональными компьютерами.