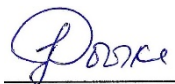


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет информационных технологий, экономики и управления

Кафедра «Системы управления»

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФИТЭУ

 /И.А. Рычка/

«28» января 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Цифровая обработка сигналов»

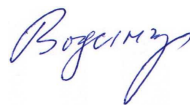
направление подготовки:
27.03.04 «Управление в технических системах»
(уровень бакалавриата)

направленность (профиль): «Автоматика электроэнергетических систем»

Петропавловск-Камчатский
2026

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

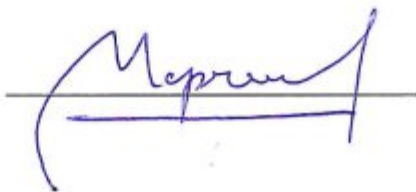
Составитель рабочей программы:
доцент кафедры СУ, к.ф.-м.н., доцент



Водинчар Г.М.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Системы управления»
Протокол № 5 от «20» декабря 2025 года.

«20» декабря 2025 г.



Заведующий кафедрой
«Системы управления»
А.А. Марченко

1. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью дисциплины является 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 образовательной программы подготовки бакалавра по направлению подготовки 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.

Таблица - Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код компетенции | Планируемые результаты освоения образовательной программы | Код и наименование индикатора достижения | Планируемый результат обучения по дисциплине | Код показателя освоения |
|-----------------|---|--|---|-------------------------|
| ПК-3 | Способен разрабатывать информационное обеспечение АСУП | ИД-1 ПК-3: Знает прикладные компьютерные программы для разработки технологических схем обработки информации и для оформления моделей данных. ИД-2 ПК-3: Умеет использовать правила, алгоритмы и технологии создания контрольных примеров для разработки | Знать: методы и алгоритмы решения задач цифровой обработки сигналов | З(ПК-3)1 |
| | | | Уметь: дать сравнительную характеристику различных методов и алгоритмов решения задач цифровой обработки сигналов | У(ПК-4)1 |
| | | | Владеть: навыками применения методов и алгоритмов решения задач цифровой обработки сигналов | В(ПК-4)1 |

| | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|---------------------------|
| Тема 1: Цифровые сигналы и их математическое описание | 36 | 16 | - | - | 16 | 20 | Опрос, контроль СРС |
| Тема 2: Цифровая фильтрация, корреляционный и спектральный анализ | 36 | 16 | - | 4 | 16 | 20 | |
| Зачет | | | | | | | Опрос |
| Всего | 72 | 32 | - | - | 32 | 40 | |

Заочная форма обучения

| Наименование разделов и тем | Всего часов | Контактная работа | Контактная работа по видам учебных занятий | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля | Итоговый контроль знаний по дисциплине |
|---|-------------|-------------------|--|----------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|--|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | | | |
| Тема 1: Цифровые сигналы и их математическое описание | 34 | 3 | - | - | 3 | 31 | Опрос, контроль СРС | |
| Тема 2: Цифровая фильтрация, корреляционный и спектральный анализ | 34 | 3 | - | 4 | 3 | 31 | | |
| Зачет | | | | | | | Опрос | |
| Всего | 68 | 6 | - | - | 6 | 62 | | |

4.2. Описание содержания дисциплины

Тема 1. Цифровые сигналы и их математическое описание

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:
 - o Частотные преобразования.
 - o Частотно-временные преобразования.
 - o Линейные дискретные системы.
2. Подготовка отчетов по лабораторным работам 1.1-1.4.

3. Подготовка к зачету по перечню примерных вопросов.

Тема 2. Цифровая фильтрация, корреляционный и спектральный анализ

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

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине 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

Обобщенная схема ЦОС. Классификация сигналов. Алгоритмы корреляции и свертки.

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

7. Рекомендуемая литература

5.1. 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.

5.2. Дополнительная литература

1. Введение в цифровую фильтрацию / Под ред. Р. Богнера и А. Константинодиса. - 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., Константи́нидис 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. Научная электронная библиотека Elibrary <https://elibrary.ru>
2. Справочная система «Мир математических уравнений» <http://eqworld.ibmnet.ru>
3. Справочная система SciLab <http://scilab.org>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Подготовка к лабораторным занятиям

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 не предусмотрено.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

11.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

- электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 8 данной рабочей программы;
- интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты;
- работа с обучающимися в ЭИОС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

11.2 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

При освоении дисциплины используется программное обеспечение:

- операционная система Astra Linux;
- комплект офисных программ Р-7 в составе текстового процессора, программы работы с электронными таблицами, программные средства редактирования и демонстрации презентаций.
- математические пакеты Scilab и Matlab.

11.3 Перечень информационно-справочных систем

- справочная математическая система Мир математических уравнений <https://eqworld.ipmnet.ru/>

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения групповых и индивидуальных консультации, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория 7-518 на 32 посадочных места с комплектом учебной мебели и аудиторной меловой доской. Лабораторные занятия проводятся в лаборатории моделирования систем управления 7-517 (9 учебных персональных компьютеров, 12 посадочных мест, маркерная аудиторная доска, учебная мебель). Самостоятельная работа осуществляется в кабинете самостоятельной работы студентов 7-517 (9 учебных персональных компьютеров, 12 посадочных мест, маркерная аудиторная доска, учебная мебель).