МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА"

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ

Цифровая обработка сигналов

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Телекоммуникаций и основ радиотехники**

Учебный план 09.03.04_26_00_ ИИ_В2.plx
09.03.04 Программная инженерия

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**7 (4.1)**		Итого	
Недель	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,25	0,25
Итого ауд.	48,25	48,25	48,25	48,25
Контактная работа	48,25	48,25	48,25	48,25
Сам. работа	51	51	51	51
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	108	108	108	108

г. Рязань

Программу составил(и):
к.т.н., доц., Волченков Владимир Андреевич

Рабочая программа дисциплины
Цифровая обработка сигналов

разработана в соответствии с ФГОС ВО:
ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 09.03.04 Программная инженерия (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 920)

составлена на основании учебного плана:
09.03.04 Программная инженерия
утвержденного учёным советом вуза от 24.04.2026 протокол № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Телекоммуникаций и основ радиотехники

Протокол от 24.06.2026 г. № 4
Срок действия программы: 20262030 уч.г.
Зав. кафедрой Витязев Владимир Викторович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Телекоммуникаций и основ радиотехники

Протокол от __ _____ 2027 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Телекоммуникаций и основ радиотехники

Протокол от __ _____ 2028 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры
Телекоммуникаций и основ радиотехники

Протокол от __ _____ 2029 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2030-2031 учебном году на заседании кафедры

Телекоммуникаций и основ радиотехники

Протокол от __ _____ 2030 г. № __

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целью освоения дисциплины являются формирование у студентов знаний основ теории и математического аппарата цифровой обработки сигналов (ЦОС), а также навыков их использования при построении современных радиотехнических систем. Эта цель достигается изучением теории, методов и алгоритмов преобразования и обработки сигналов в цифровых цепях с применением моделирующих сред.
1.2	Основные задачи освоения учебной дисциплины:
1.3	• определить предмет и задачи информационных технологий реального времени;
1.4	• заложить основы теории цифровой обработки сигналов на примере проектирования цифровых фильтров частотной селекции и дискретных преобразований;
1.5	• изложить методику постановки и решения задачи аппроксимации в классе КИХ- и БИХ-цепей;
1.6	• научить методике анализа влияния собственных шумов и неточного представления весовых коэффициентов на качество работы систем ЦОС;
1.7	• дать представление о постановке и решение задачи оптимального проектирования систем ЦОС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Моделирование систем
2.1.2	Тестирование ПО
2.1.3	Обработка данных при решении бизнес-аналитических задач
2.1.4	Специализированные технологии СУБД NoSQL
2.1.5	Базы данных
2.1.6	Вычислительные алгоритмы для систем ИИ
2.1.7	Алгоритмы и структуры данных
2.1.8	Компьютерная математика
2.1.9	Ознакомительная практика
2.1.10	Программирование
2.1.11	Учебная практика
2.1.12	Инженерная графика
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.2	Защита информации в системах ИИ
2.2.3	Преддипломная практика
2.2.4	Производственная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОПК-6: Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов

ОПК-6.1. Выполняет разработку алгоритмического и программного обеспечения для решения прикладных задач

Знать
методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов, в том числе многоскоростной и адаптивной, для решения задач искусственного интеллекта.
Уметь
ставить и решать задачу оптимизации алгоритмического обеспечения систем цифровой обработки сигналов.
Владеть
навыками разработки и тестирования программного обеспечения систем цифровой обработки сигналов.

ОПК-6.2. Применяет основы информатики и программирования к проекту, конструирует и тестирует программный продукт

Знать
основы техники и технологии цифровой обработки сигналов – информатики реального времени.
Уметь
применять основы цифровой обработки сигналов для решения задач искусственного интеллекта.
Владеть
техникой конструирования и тестирования систем цифровой обработки сигналов.

ОПК-8: Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий

ОПК-8.1. Владеет средствами поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных

Знать
средства поиска, хранения и анализа информации применительно к системам цифровой обработки.
Уметь
эффективно использовать средства автоматизированного поиска информации в системах цифровой обработки сигналов.
Владеть
навыками проектирования систем поиска, хранения и анализа информации в системах ЦОС.

ПК-10: Способен создавать и внедрять одну или несколько сквозных цифровых субтехнологий искусственного интеллекта

ПК-10.4. Участвует в реализации проектов в области сквозной цифровой субтехнологии «Распознавание и синтез речи»

Знать
- методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов, включая многоскоростную и адаптивную обработку, для решения задач распознавания и синтеза речи;
- принципы построения систем анализа-синтеза сигналов на основе банка цифровых полосовых фильтров;
- основы нейросетевого моделирования, включая однослойный и многослойный перцептрон, для задач обработки сигналов;
- методы спектрального анализа и дискретного преобразования Фурье (включая алгоритм БПФ) для обработки речевых сигналов.

Уметь
- применять методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов для решения прикладных задач в области распознавания и синтеза речи;
- разрабатывать и оптимизировать алгоритмы цифровой фильтрации (КИХ- и БИХ-фильтры) для обработки речевых сигналов;
- использовать нейросетевые методы (перцептроны, алгоритмы обратного распространения ошибки) для анализа и синтеза речевых сигналов;
- ставить и решать задачи оптимизации алгоритмического обеспечения систем ЦОС в контексте речевых технологий.

Владеть
- навыками разработки и тестирования программного обеспечения систем цифровой обработки сигналов для задач распознавания и синтеза речи;
- техникой конструирования и тестирования систем цифровой обработки сигналов, включая адаптивные фильтры (LMS, RLS) и многоскоростную обработку;
- навыками применения методов спектрального анализа и нейросетевого моделирования для обработки речевых сигналов;
- инструментарием моделирующих сред для реализации проектов в области распознавания и синтеза речи.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов в программной инженерии.
3.2	**Уметь:**
3.2.1	разрабатывать и оптимизировать алгоритмы цифровой обработки сигналов в программной инженерии.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	навыками разработки программного обеспечения с применением методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Цифровая обработка сигналов – информатика реального времен. Основы ЦОС.					
1.1	Цифровая обработка сигналов – информатика реального времен. Основы ЦОС. /Тема/	7	0			
1.2	Введение. Общие вопросы теории сигналов. Классификация сигналов. Теорема Котельникова. Предмет и задачи теории и техники ЦОС. /Лек/	7	2	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы

1.3	Описание и формализация класса операторов линейных цифровых цепей. Построение цифровых фильтров в классе КИХ-цепей. Постановка и решение задачи аппроксимации. /Лек/	7	2	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
1.4	Построение цифровых фильтров в классе БИХ-цепей. Z-преобразование и его свойства. Постановка и решение задачи аппроксимации. Методы построения структур БИХ-фильтров. Формализация и решение задачи оптимального проектирования цифровых фильтров. /Лек/	7	4	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
1.5	Проработка учебного материала лекций. /Ср/	7	10	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
1.6	Подготовка к лабораторной работе "Основы математического моделирования. Введение в фильтрацию сигналов". /Ср/	7	4	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
1.7	Основы математического моделирования. Введение в фильтрацию сигналов. /Лаб/	7	4	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
1.8	Подготовка к лабораторной работе "Основы проектирования цифровых фильтров. Методы проектирования КИХ-фильтров". /Ср/	7	0	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
1.9	Основы проектирования цифровых фильтров. Методы проектирования КИХ-фильтров. /Лаб/	7	4	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы

1.10	Подготовка к лабораторной работе "Проектирование КИХ-фильтров. Исследование прохождения сигналов через КИХ-фильтр". /Ср/	7	4	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
1.11	Проектирование КИХ-фильтров. Исследование прохождения сигналов через КИХ-фильтр. /Лаб/	7	4	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
1.12	Подготовка к лабораторной работе " Основы проектирования цифровых фильтров. Методы проектирования БИХ-фильтров.". /Ср/	7	4	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
1.13	Основы проектирования цифровых фильтров. Методы проектирования БИХ-фильтров. /Лаб/	7	4	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
	Раздел 2. Описание цифровых сигналов в частотной области. Дискретное преобразование Фурье. Алгоритм БПФ. Быстрая свертка. Спектральный анализ. Анализ собственных шумов в цифровых фильтрах.					
2.1	Описание цифровых сигналов в частотной области. Дискретное преобразование Фурье. Алгоритм БПФ. Быстрая свертка. Спектральный анализ. Анализ собственных шумов в цифровых фильтрах. /Тема/	7	0			
2.2	Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Алгоритм быстрого преобразования Фурье. Быстрая свертка на основе алгоритма БПФ. /Лек/	7	2	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
2.3	Непараметрические методы спектрального анализа. Методы периодограмм. Параметрические методы. .Математические модели случайного процесса. Оценка параметров авторегрессионной модели. /Лек/	7	4	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы

2.4	Эффекты конечной разрядности чисел в цифровых цепях. Шумы АЦП. Шумы округления в цифровых фильтрах. Ограничение динамического диапазона в системах с фиксированной точкой. Квантование коэффициентов. /Лек/	7	2	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
2.5	Проработка учебного материала лекций. /Ср/	7	10	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
	Раздел 3. Многоскоростная и адаптивная обработка сигналов.					
3.1	Многоскоростная и адаптивная обработка сигналов. /Тема/	7	0			
3.2	Цифровые фильтры с многоступенчатой децимацией и интерполяцией преобразуемого сигнала. Цифровые фильтры с многоступенчатой и интерполяцией импульсной характеристики. /Лек/	7	2	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
3.3	Системы анализа-синтеза сигналов на основе банка цифровых полосовых фильтров. Классификация методов построения банка фильтров на основе многоскоростной обработки сигналов. Методы построения банка фильтров во временной и частотной области. /Лек/	7	2	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
3.4	Адаптивная обработка сигналов и ее применение. Адаптивные фильтры: назначение, классификация и применение. Адаптивные КИХ-фильтры6 общее описание и методы синтеза. Поиск параметров рабочей функции в задачах адаптивной фильтрации. Градиентные методы поиска минимума рабочей функции в многомерном пространстве. Алгоритмы LMS и RLS. /Лек/	7	4	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
3.5	Проработка учебного материала лекций. /Ср/	7	10	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
	Раздел 4. Нейросетевая обработка сигналов.					
4.1	Нейросетевая обработка сигналов. /Тема/	7	0			

4.2	Введение в нейросетевое моделирование. Однослойный перцептрон.. Задача адаптивной фильтрации и методы ее решения. Метод наименьших квадратов. Фильтр Винера. Алгоритм LMS. Процесс обучения. /Лек/	7	2	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
4.3	Перцептрон. Сходимость перцептрона. Взаимосвязь перцептрона и байесовского классификатора. /Лек/	7	2	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
4.4	Многослойный перцептрон. Алгоритм обратного распространения ошибки. Два прохода вычислений. Функция активации. Скорость обучения. Последовательный и пакетный режим обучения. Представление выхода и решающее правило. /Лек/	7	4	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
4.5	Проработка учебного материала лекций. /Ср/	7	9	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
	Раздел 5. Зачет.					
5.1	Зачет. /Тема/	7	0			
5.2	Подготовка к зачету. /Зачёт/	7	8,75	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы
5.3	Зачет. /ИКР/	7	0,25	ОПК-6.1-З ОПК-6.1-У ОПК-6.1-В ОПК-6.2-З ОПК-6.2-У ОПК-6.2-В ОПК-8.1-З ОПК-8.1-У ОПК-8.1-В	Л1.5 Л1.6 Л1.3 Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.4 Л2.8 Л2.5 Л2.2 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольные вопросы

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»»).

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л1.1	Витязев В.В.	Многоскоростная обработка сигналов	М.: Горячая линия - Телеком, 2018, 336с.; ил.	978-5-9912-0636-5, 1
Л1.2	Овчинников П. Е.	Применение искусственных нейронных сетей для обработки сигналов : учебно-методическое пособие	Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2012, 32 с.	, https://e.lanbook.com/book/153253
Л1.3	Солонина А.И., Клионский Д.М., Меркучева Т.В., Перов С.Н.	Цифровая обработка сигналов и MATLAB : учеб. пособие	СПб.: БХВ-Петербург, 2013, 512с.+CD-ROM	978-5-9775-0919-0, 1
Л1.4	Сергеев, А. П., Тарасов, Д. А., Сергеева, А. П.	Введение в нейросетевое моделирование : учебное пособие	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017, 128 с.	978-5-7996-2124-7, http://www.iprbookshop.ru/107025.html
Л1.5	Витязев В.В.	Цифровые цепи и сигналы : Учебное пособие	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2012,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2143
Л1.6	Уидроу Б., Стирнз С.	Адаптивная обработка сигналов	М.:Радио и связь, 1989, 440с.	5-256-00180-9, 1

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л2.1	Алан Оппенгейм, Рональд Шафер, Кулешов С. А., Махиянова Е. Б., Орлова Н. Ф.	Цифровая обработка сигналов	Москва: Техносфера, 2012, 1048 с.	978-5-94836-329-5, http://www.iprbookshop.ru/26906.html
Л2.2	Гонсалес Р.С., Вудс Р., Эддинс С.	Цифровая обработка изображений в среде MATLAB	М.:Техносфера, 2006, 615с.;CD-ROM	5-94836092-X, 15
Л2.3	Щетинин Ю. И.	Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB : учебное пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011, 115 с.	978-5-7782-1807-9, http://www.iprbookshop.ru/44896.html

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л2.4	Калачиков А. А.	Математические основы цифровой обработки сигналов : методические указания к практическим занятия	Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014, 67 с.	2227-8397, http://www.iprbookshop.ru/55481.html
Л2.5	Сергиенко А.Б.	Цифровая обработка сигналов : Учеб.пособие для вузов	СПб.:Питер, 2003, 603с.	5-318-00666-3, 1
Л2.6	Витязев В.В., Волченков В.А.	Цифровая обработка сигналов: практикум : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2022,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/3456
Л2.7	Яковлев А. Н., Соколова Д. О.	Цифровая фильтрация и синтез цифровых фильтров : учебное пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012, 64 с.	978-5-7782-1964-9, http://www.iprbookshop.ru/45192.html
Л2.8	Гадзиковский В. И.	Цифровая обработка сигналов	Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2017, 766 с.	978-5-91359-117-3, http://www.iprbookshop.ru/90342.html

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л3.1	Витязев В.В., Волченков В.А., Овинников А.А., Лихобабин Е.А.	Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие для вузов	Москва: Горячая линия - Телеком, 2023, 188с.	978-5-9912-1057-7, 1

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронно-библиотечная система (ЭБС) РГРТУ.
Э2	Электронно-библиотечная система IPRbooks.
Э3	Электронно-библиотечная система Лань.

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия
Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
LibreOffice	Свободное ПО
MATLAB	Коммерческая лицензия
Simulink	Коммерческая лицензия
Communications Blockset (Transitioned)	Коммерческая лицензия
Communications System Toolbox	Коммерческая лицензия
DSP System Toolbox	Коммерческая лицензия

Filter Design Toolbox (Transitioned)	Коммерческая лицензия
Fixed-Point Designer	Коммерческая лицензия
Signal Processing Toolbox	Коммерческая лицензия

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» (договор об информационной поддержке №1342/455-100 от 28.10.2011 г.)
6.3.2.2	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru
6.3.2.3	Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ http://www.garant.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	423 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель (80 мест), 1 мультимедиа проектор, 1 экран, 1 компьютер, доска
2	422 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, лабораторных работ, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель (30 посадочных мест), стенды для проведения лабораторных работ, магнитно-маркерная доска, экран. Мультимедиа проектор (Epson), 1 экран. ПК: Intel Core i5 8400/8Gb – 1 шт. ПК: Core i5 3470/4Gb – 10 шт. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ. SDR приемник RTLSDR - 8 шт. GPS/ГЛОНАСС приемник GN-808 4 шт. Трансивер SDR Adalm Pluto - 8 шт. Модуль LoRa E52-400/900 - 10шт. Модуль SoC CC2540 BLE 4/0 -10 шт. Метеостанция Xiaomi LY WSD03MMC BLE/ZigBee - 10 шт.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Методическое обеспечение дисциплины «Цифровая обработка сигналов»»).

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Витязев Владимир Викторович, Заведующий кафедрой ТОР	**05.10.26** 15:18 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Овечкин Геннадий Владимирович, Заведующий кафедрой ВПМ	**06.10.26** 12:00 (MSK)	Простая подпись