



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»

**Общий факультет (Фрязино)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала РТУ МИРЭА в г.  
Фрязино

\_\_\_\_\_ Макарова Л.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**  
**Цифровая обработка сигналов**

Читающее подразделение	<b>кафедра общенаучных дисциплин</b>
Направление	<b>11.04.01 Радиотехника</b>
Направленность	<b>Радиоволновые технологии</b>
Квалификация	<b>магистр</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Общая трудоемкость	<b>4 з.е.</b>

**Распределение часов дисциплины и форм промежуточной аттестации по семестрам**

Семестр	Зачётные единицы	Распределение часов							Формы промежуточной аттестации
		Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	Контактная работа в период практики и (или) аттестации	Контроль	
2	4	144	16	16	8	68	2,35	33,65	Экзамен

Программу составил(и):

*старший преподаватель, Соловьев Николай Александрович* \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

**Цифровая обработка сигналов**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 11.04.01 Радиотехника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 925)

составлена на основании учебного плана:

направление: 11.04.01 Радиотехника

направленность: «Радиоволновые технологии»

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**кафедра общенаучных дисциплин**

Протокол от 30.08.2021 № 1

Зав. кафедрой Щучкин Григорий Григорьевич \_\_\_\_\_



## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся компетенций, предусмотренных данной рабочей программой в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.01 Радиотехника с учетом специфики направленности подготовки – «Радиоволновые технологии».

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Направление:	11.04.01 Радиотехника
Направленность:	Радиоволновые технологии
Блок:	Дисциплины (модули)
Часть:	Обязательная часть
Общая трудоемкость:	4 з.е. (144 акад. час.).

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть компетенциями:

**ОПК-1** - Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора

**ОПК-2** - Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы

**ОПК-3** - Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач

**ОПК-4** - Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

**ОПК-1 : Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора**

**ОПК-1.1 : Осваивает тенденции и перспективы развития конструкций и технологий электронных средств, а также смежных областей науки и техники**

#### **Знать:**

- преимущества цифровых сигналов и их роль в проектировании приборов, устройств и узлов телекоммуникационных и информационно-измерительных систем

#### **Уметь:**

- математически описывать цифровые сигналы и системы их обработки

#### **Владеть:**

- информационными технологиями и программным обеспечением для проектирования блоков и систем цифровой обработки сигналов в телекоммуникационных и информационно-измерительных комплексах

**ОПК-1.2 : Использует передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности**

#### **Знать:**

- области применения цифровой обработки сигналов; современную элементную базу для

реализации систем цифровой обработки сигналов

**Уметь:**

- применять средства автоматизации проектирования для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств в соответствии с техническим заданием

**Владеть:**

- математическими и алгоритмическими методами проектирования систем цифровой обработки сигналов

**ОПК-2 : Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы**

**ОПК-2.1 : Осваивает методы синтеза и исследования физических и математических моделей**

**Знать:**

- основные этапы проектирования цифровых фильтров; основные методы их анализа и синтеза

**Уметь:**

- ориентироваться в современной литературе по цифровой обработке сигналов и цифровом спектральном анализе

**Владеть:**

- основными математическими инструментами решения задач цифровой обработки сигналов и изображений

**ОПК-2.2 : Адекватно ставит задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования**

**Знать:**

- технику и методику проектирования схем и устройств различного функционального назначения на основе цифровой обработки сигналов; особенности интерпретации полученных экспериментальных данных

**Уметь:**

- обосновывать выбор типа цифрового фильтра (КИХ или БИХ), вычислять ДПФ и БПФ дискретных сигналов

**Владеть:**

- Основными приёмами по цифровой обработке сигналов, полученных в результате экспериментальных исследований

**ОПК-2.3 : Применяет навыки методологического анализа научного исследования и его результатов**

**Знать:**

- основные методы преобразования дискретных (цифровых) сигналов, проводить их сравнительный анализ

**Уметь:**

- получать импульсную характеристику по заданной частотной характеристике аналоговых и цифровых систем

**Владеть:**

- навыками методологического анализа научного и экспериментального исследования и обработки его результатов, получаемых в результате решения инженерных и прикладных задач

**ОПК-3 : Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач**

**ОПК-3.1 : Осваивает принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств в дисциплинах профессионального цикла и профессиональной сфере деятельности**

**Знать:**

- методы математического описания линейных дискретных систем

**Уметь:**

- выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания

**Владеть:**

- навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов

**ОПК-3.2 : Использует современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности****Знать:**

- основные этапы проектирования цифровых фильтров; основные методы их анализа и синтеза

**Уметь:**

- проводить спектральный и корреляционный анализ сигналов, самостоятельно осваивать материал, выходящий за рамки изученной дисциплины

**Владеть:**

- навыками классификации прикладной задачи и выбора метода её решения, компьютерного моделирования линейных дискретных систем

**ОПК-3.3 : Применяет методы математического моделирования электронных средств и технологических процессов с использованием современных информационных технологий****Знать:**

- методы математического описания дискретных сигналов с помощью ДПФ и БПФ; методы спектрального и корреляционного анализа сигналов

**Уметь:**

- объяснять математическое описание линейных дискретных систем в виде алгоритмов, обосновывать выбор структуры цифрового фильтра

**Владеть:**

- навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов

**ОПК-4 : Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач****ОПК-4.1 : Осваивает методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронных средств с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств****Знать:**

- современные программные средства проектирования и расчёта схем и устройств различного функционального назначения на основе цифровой обработки сигналов

**Уметь:**

- производить выбор специализированной системы автоматизированного проектирования для решения задач цифровой обработки сигналов

**Владеть:**

- навыками решения задач цифрового спектрального и корреляционного анализа сигналов и разработки устройств с помощью средств автоматизации проектирования

**ОПК-4.2 : Осуществляет выбор наиболее оптимальных прикладных программных пакетов для решения соответствующих задач научной и образовательной деятельности****Знать:**

- Основное назначение того или иного прикладного программного пакета, основные функциональные возможности и реализацию стандартных алгоритмов цифровой обработки

**Уметь:**

- Реализовывать программный код с использованием стандартных функций и методов прикладного программного пакета

**Владеть:**

- Навыками моделирования цифровой обработки сигналов в различных прикладных программных пакетах

**ОПК-4.3 : Применяет современные программные средства (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и электронных устройств различного функционального назначения**

**Знать:**

- методы расчета и проектирования схем и устройств различного функционального назначения на основе цифровой обработки сигналов

**Уметь:**

- задавать и обосновывать требования и параметры частотных характеристик цифровых фильтров и других устройств цифровой обработки сигналов, синтезировать цифровые фильтры и анализировать их характеристики средствами компьютерного моделирования цифровых устройств

**Владеть:**

- техникой и методиками проектирования схем и устройств различного функционального назначения на основе цифровой обработки сигналов с использованием современных программных средств (CAD)

**В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН**

**Знать:**

- технику и методику проектирования схем и устройств различного функционального назначения на основе цифровой обработки сигналов; особенности интерпретации полученных экспериментальных данных

- современные программные средства проектирования и расчёта схем и устройств различного функционального назначения на основе цифровой обработки сигналов

- методы математического описания линейных дискретных систем

- основные этапы проектирования цифровых фильтров; основные методы их анализа и синтеза

- основные методы преобразования дискретных (цифровых) сигналов, проводить их сравнительный анализ

- методы математического описания дискретных сигналов с помощью ДПФ и БПФ; методы спектрального и корреляционного анализа сигналов

- основные этапы проектирования цифровых фильтров; основные методы их анализа и синтеза

- методы расчета и проектирования схем и устройств различного функционального назначения на основе цифровой обработки сигналов

- преимущества цифровых сигналов и их роль в проектировании приборов, устройств и узлов телекоммуникационных и информационно-измерительных систем

- области применения цифровой обработки сигналов; современную элементную базу для реализации систем цифровой обработки сигналов

- Основное назначение того или иного прикладного программного пакета, основные функциональные возможности и реализацию стандартных алгоритмов цифровой обработки

**Уметь:**

- проводить спектральный и корреляционный анализ сигналов, самостоятельно осваивать материал, выходящий за рамки изученной дисциплины

- производить выбор специализированной системы автоматизированного проектирования для решения задач цифровой обработки сигналов
- объяснять математическое описание линейных дискретных систем в виде алгоритмов, обосновывать выбор структуры цифрового фильтра
- Реализовывать программный код с использованием стандартных функций и методов прикладного программного пакета
- задавать и обосновывать требования и параметры частотных характеристик цифровых фильтров и других устройств цифровой обработки сигналов, синтезировать цифровые фильтры и анализировать их характеристики средствами компьютерного моделирования цифровых устройств
- выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания
- применять средства автоматизации проектирования для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств в соответствии с техническим заданием
- обосновывать выбор типа цифрового фильтра (КИХ или БИХ), вычислять ДПФ и БПФ дискретных сигналов
- получать импульсную характеристику по заданной частотной характеристике аналоговых и цифровых систем
- ориентироваться в современной литературе по цифровой обработке сигналов и цифровом спектральном анализе
- математически описывать цифровые сигналы и системы их обработки

#### **Владеть:**

- техникой и методиками проектирования схем и устройств различного функционального назначения на основе цифровой обработки сигналов с использованием современных программных средств (CAD)
- математическими и алгоритмическими методами проектирования систем цифровой обработки сигналов
- информационными технологиями и программным обеспечением для проектирования блоков и систем цифровой обработки сигналов в телекоммуникационных и информационно-измерительных комплексах
- Навыками моделирования цифровой обработки сигналов в различных прикладных программных пакетах
- навыками решения задач цифрового спектрального и корреляционного анализа сигналов и разработки устройств с помощью средств автоматизации проектирования
- навыками классификации прикладной задачи и выбора метода её решения, компьютерного моделирования линейных дискретных систем
- навыками методологического анализа научного и экспериментального исследования и обработки его результатов, получаемых в результате решения инженерных и прикладных задач
- навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов
- основными математическими инструментами решения задач цифровой обработки сигналов и изображений
- навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов
- Основными приёмами по цифровой обработке сигналов, полученных в результате экспериментальных исследований

## **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

При проведении учебных занятий организация обеспечивает развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

<b>Код занятия</b>	<b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>	<b>Сем.</b>	<b>Часов</b>	<b>Компетенции</b>
--------------------	--	-------------	--------------	--------------------



<b>1. Цифровая обработка сигналов</b>				
<b>1.1</b>	<b>Введение (Лек).</b> Цели и задачи ЦОС, преимущества цифровых систем, преобразование сигнала в приёмном тракте, спектр дискретного сигнала	2	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2
<b>1.2</b>	<b>Дискретизация сигналов (Лек).</b> Теорема Котельникова, ряд Котельникова, дискретное преобразование Фурье, алгоритм БПФ с прореживанием по времени, сложность вычисления БПФ	2	2	ОПК-2.1, ОПК-2.3
<b>1.3</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Введение в среду Matlab, вектора и матрицы, операции с ними, комплексные числа	2	2	ОПК-3.3, ОПК-4.3, ОПК-4.2
<b>1.4</b>	<b>Проектирование фильтра с конечной импульсной характеристикой (Лаб).</b> Формирование схемы КИХ фильтра в среде Simulink, получение частотной характеристики фильтра, прогон гармонических сигналов через фильтров, подтверждение частотной характеристики, упрощенная схема КИХ фильтра в Simulink, подключение коэффициентов фильтра из среды Matlab	2	4	ОПК-2.2, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3
<b>1.5</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Выполнение домашнего задания по вариантам выданным преподавателем.	2	8,5	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3, ОПК-4.2
<b>1.6</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала.	2	8,5	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3, ОПК-4.2
<b>1.7</b>	<b>Цифровые фильтры (Лек).</b> Задачи фильтрации, свойства линейных дискретных систем, преобразование Лапласа, Z-преобразование, алгоритм дискретной фильтрации, разностное уравнение	2	2	ОПК-2.2, ОПК-3.1
<b>1.8</b>	<b>КИХ фильтр (Лек).</b> Порядок фильтра, понятие импульсной характеристики фильтра, связь импульсной и частотной характеристик КИХ фильтра	2	2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-3.2, ОПК-3.3
<b>1.9</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Преобразование Фурье от прямоугольного импульса, формирование цифровых сигналов в спектральной области, формирование сигнала в виде пачки импульсов, использование весовых окон	2	2	ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3

<b>1.10</b>	<b>Проектирование фильтра с бесконечной импульсной характеристикой (Лаб).</b> Проектирование БИХ фильтра в среде Matlab, формирование схемы БИХ фильтра в среде Simulink, упрощенная схема БИХ фильтра в Simulink, подключение коэффициентов фильтра из среды Matlab, подключение входных сигналов из среды Matlab	2	4	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3
<b>1.11</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Выполнение домашнего задания по вариантам выданным преподавателем.	2	8,5	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3
<b>1.12</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала.	2	8,5	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3
<b>1.13</b>	<b>БИХ фильтр (Лек).</b> Передаточная функция БИХ фильтра, проектирование цифрового БИХ фильтра Баттерворта на основе аналогового прототипа, полюса передаточной функции, денормирование частоты, билинейное преобразование	2	2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-3.2, ОПК-3.3
<b>1.14</b>	<b>Представление цифрового сигнала в виде комплексных квадратурных составляющих (Лек).</b> Фильтр Гильберта, квадратурно-фазовый детектор, цифровой гетеродин	2	2	ОПК-2.1, ОПК-2.3, ОПК-3.2
<b>1.15</b>	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Генерация М-последовательности, свойства М-последовательности, формирование цифрового сигнала в виде пачки импульсов с наложением М-последовательности, сжатие сигнала	2	2	ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3
<b>1.16</b>	<b>Формирование цифрового радиосигнала и его воспроизведение на генераторе сигналов произвольной формы (Лаб).</b> Формирование в среде Matlab цифровых сигналов (гармонический, импульсный, ЛЧМ), их воспроизведение через ГСПФ, наблюдение реализаций во времени на осциллографе и спектров на анализаторе сигналов, объяснение характера спектров	2	4	ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3
<b>1.17</b>	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Выполнение домашнего задания по вариантам выданным преподавателем.	2	8,5	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3
<b>1.18</b>	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала.	2	8,5	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3

1.19	<b>Ресемплинг (преобразование частоты дискретизации) (Лек).</b> Реализация ресемплинга в частотной области, линейная интерполяция, интерполяция полиномом, децимация, борьба с эффектом алайзинга	2	2	ОПК-2.3, ОПК-3.1
1.20	<b>Прикладная цифровая обработка сигналов (Лек).</b> Сложные сигналы, неизвестные параметры в сигнале, когерентное накопление, сжатие сложного сигнала (обработка по быстрому времени), свертка, циклическая свертка, обработка по медленному времени	2	2	ОПК-2.3, ОПК-4.2
1.21	<b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Моделирование импульсной последовательности с наличием доплеровского сдвига частоты, обработка данного сигнала по быстрому и медленному времени	2	2	ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3
1.22	<b>Запись сигнала, сформированного ГСПФ, его запись квадратурным приёмником и последующая обработка (Лаб).</b> Формирование в среде Matlab цифровых сигналов (импульсная последовательность ЛЧМ, пачка импульсов с наложением М-последовательности) с учётом наличия доплеровского сдвига частоты, коррекция частотной характеристики, воспроизведение сигналов через ГСПФ, запись сигналов квадратурным приёмником, преобразование частоты дискретизации, обработка по быстрому и медленному времени	2	4	ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3
1.23	<b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Выполнение домашнего задания по вариантам выданным преподавателем.	2	8,5	ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
1.24	<b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала.	2	8,5	ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
<b>2. Промежуточная аттестация (экзамен)</b>				
2.1	<b>Подготовка к сдаче промежуточной аттестации (Экзамен).</b>	2	33,65	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
2.2	<b>Контактная работа с преподавателем в период промежуточной аттестации (КрПА).</b>	2	2,35	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### 5.1. Перечень компетенций

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Цифровая обработка сигналов», с указанием результатов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы

### 5.2. Типовые контрольные вопросы и задания

- 1 Классификация сигналов.
- 2 Дельта функция и функция Хэвисайда.
- 3 Энергия и мощность сигналов.
- 4 Условия Дирихле при разложении сигнала в ряд Фурье.
- 5 Синусно-косинусная форма ряда Фурье.
- 6 Комплексная форма ряда Фурье.
- 7 Преобразование Фурье.
- 8 Свойства преобразования Фурье.
- 9 Корреляционная функция.
- 10 Свойства КР.
- 11 Взаимная КР.
- 12 Связь между КР и спектром сигнала.
- 13 Преобразование Гильберта.
- 14 Модели случайных сигналов.
- 15 Вероятностные характеристики случайных процессов.
- 16 Стационарные и эргодические случайные процессы.
- 17 Теорема Винера-Хинчина.
- 18 Узкополосный случайный процесс.
- 19 Импульсная характеристика.
- 20 Переходная характеристика.
- 21 Способы описания линейных аналоговых систем.
- 22 Дифференциальное уравнение аналоговых систем.
- 23 Функция передачи аналоговых систем.
- 24 Расчет аналоговых фильтров-прототипов.
- 25 Параметры фильтров.
- 26 Фильтр Баттерворта.
- 27 Фильтр Чебышева.
- 28 Эллиптический фильтр.
- 29 Дискретные сигналы.
- 30 АЦП.
- 31 Частота Найквиста.
- 32 Спектр дискретного сигнала.
- 33 Теорема Котельникова.
- 34 Z-преобразование.
- 35 Преобразование Лапласа.
- 7
- 36 Дискретные случайные процессы.
- 37 Линейная дискретная обработка.
- 38 Импульсная характеристика.
- 39 Частотная характеристика.
- 40 Дискретная свертка.
- 41 Нерекурсивные фильтры.
- 42 Рекурсивные фильтра.
- 43 Каноническая форма реализации цифровых фильтров.
- 44 Транспонированная форма реализации цифровых фильтров.
- 45 Последовательная форма реализации цифровых фильтров.
- 46 Параллельная форма реализации цифровых фильтров.

- 47 Каноническая форма реализации цифровых фильтров.
- 48 Изменение частоты дискретизации.
- 49 Интерполяция.
- 50 Передискретизация.
- 51 Дискретное преобразование Фурье.
- 52 Свойства ДПФ.
- 53 Восстановление непрерывного сигнала с помощью ДПФ.
- 54 Алгоритм быстрого преобразования Фурье.
- 55 БПФ с прореживанием по времени.
- 56 БПФ с прореживанием по частоте.
- 57 Использование весовых функция в ДПФ.
- 58 Спектр дискретного случайного процесса.
- 59 Методы расчета дискретного спектра случайного процесса.
- 60 Периодограмма.
- 61 Метод Уэлча.
- 62 Спектрограмма.
- 63 Синтез рекурсивных дискретных фильтров по аналоговому прототипу.
- 64 Оптимальные методы синтеза дискретных фильтров.
- 65 Субоптимальные методы синтеза дискретных фильтров.
- 66 Синтез дискретных фильтров с использованием окон.

### 5.3. Фонд оценочных материалов

Полный перечень оценочных материалов представлен в приложении 1.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование помещения	Перечень основного оборудования
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
Учебная лаборатория ПЛИС, конструирования и схемотехники ЭВМ	Макетная плата со встроенным процессором, аналогово-цифровой осциллограф, персональный компьютер

### 6.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Microsoft Windows. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.
2. Microsoft Office. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.

### 6.3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### 6.3.1. Основная литература

1. Магазинникова А. Л. Основы цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 132 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168952>
2. Борисов, Винокурова Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]:. - Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010. - 100 – Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/230215>

3. Нечес И. О. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Ростов-на-Дону: РГУПС, 2019. - 84 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/140606>
4. Пасечников И. И. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Тамбов: ТГУ им. Г.Р.Державина, 2019. - 156 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/137567>
5. Стариковский А. И., Солдатов Е. В., Унгер А. Ю. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]: метод. указания. - М.: РТУ МИРЭА, 2019. - – Режим доступа: <http://library.mirea.ru/secret/28082019/2122.iso>

#### **6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. База данных Web of Science  
<http://www.webofknowledge.com>
2. Международный ресурс для поиска и обмена научными публикациями  
<https://www.researchgate.net>
3. Электроника НТБ - научно-технический журнал  
  
<http://www.electronics.ru>
4. Информационно-справочный портал научных публикаций отечественных и зарубежных авторов «Google Академия»  
  
<https://www.scholar.google.ru>
5. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>

#### **6.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Самостоятельная работа студента направлена на подготовку к учебным занятиям и на развитие знаний, умений и навыков, предусмотренных программой дисциплины.

В соответствии с учебным планом дисциплина может предусматривать лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также выполнение и защиту курсового проекта (работы). Успешное изучение дисциплины требует посещения всех видов занятий, выполнение заданий преподавателя и ознакомления с основной и дополнительной литературой. В зависимости от мероприятий, предусмотренных учебным планом и разделом 4, данной программы, студент выбирает методические указания для самостоятельной работы из приведенных ниже.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо: приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию; до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия; в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения; в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;

на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившихся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изученную на занятии.

Методические указания, необходимые для изучения и прохождения дисциплины приведены в составе образовательной программы.

## **6.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБУЧЕНИЮ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Медиа материалы также следует использовать и адаптировать с учетом индивидуальных особенностей обучения лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.



**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 3E71B80600020002CF46

Владелец: Макарова Людмила Александровна

Действителен с 21.09.2021 по 21.09.2022