

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Цифровая обработка сигналов**

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи

Направленность (профиль): Системы мобильной связи и сетевые  
технологии на транспорте

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 170737  
Подписал: заместитель директора академии Паринов Денис  
Владимирович  
Дата: 19.01.2024

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины «Цифровая обработка сигналов» является формирование у обучающихся компетенций в соответствии с образовательным стандартом по направлению подготовки бакалавриата «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Задачи дисциплины включают в себя: основные понятия теории построения и принципы функционирования систем цифровой фильтрации, знакомство с методами их схемной реализации и техническими приемами обработки и преобразований информационных данных в современных системах передачи, методы представления и анализа цифровых сигналов, основные принципы построения и расчета цифровых систем обработки сигналов дисциплины (модуля).

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-3** - Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

- математические способы описания цифровых сигналов и фильтров;
- методы преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму;
- обобщенные схемы цифровых фильтров с конечными (КИХ) и бесконечными (БИХ) импульсными характеристиками;

### **Уметь:**

- выбирать тип фильтра в соответствии с обрабатываемым сигналом и целью обработки;
- выбирать тип и определять параметры аналого-цифрового преобразователя сигналов;
- определять основные параметры системы цифровой обработки;

### **Владеть:**

навыками расчета основных параметров КИХ- и БИХ-фильтров.

### 3. Объем дисциплины (модуля).

#### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Сем. №5
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	48	48
В том числе:		
Занятия лекционного типа	16	16
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 96 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

### 4. Содержание дисциплины (модуля).

#### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	<p>Раздел 1. Дискретные и цифровые сигналы и системы, математическое описание и анализ</p> <p>1.1 Введение в цифровую обработку сигналов. Сигналы и их преобразования при цифровой обработке. Методы математического описания линейных дискретных систем во временной в частотной областях и алгоритмы цифровой фильтрации на их основе. Области применения цифровой обработки сигналов.</p> <p>1.2 Аналого-цифровое преобразование сигналов. Временная дискретизация сигналов и теорема Котельникова. Амплитудное квантование сигналов. Теоремы амплитудного квантования случайных сигналов.</p>
2	<p>Раздел 2. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры, методы реализации и синтеза</p> <p>2.1 Характеристики и структуры цифровых фильтров. Передаточные функции и частотные характеристики фильтров. Обеспечение точности цифровых фильтров.</p> <p>2.2 Частотные характеристики и формы реализации рекурсивных фильтров.</p> <p>2.3 Частотные характеристики и формы реализации нерекурсивных фильтров. Синтез рекурсивных фильтров по заданной частотной характеристике и по аналоговому прототипу.</p>
3	<p>Раздел 3. Методы цифровой фильтрации сигналов на основе преобразования Фурье</p> <p>3.1 Алгоритм цифровой фильтрации сигналов на основе дискретного преобразования Фурье.</p> <p>3.2 Спектрально-корреляционный анализ дискретных случайных сигналов.</p>
4	<p>Раздел 4. Специальные применения и реализация систем цифровой обработки сигналов</p> <p>4.1 Цифровая обработка сигналов в многоканальных системах связи с частотным уплотнением каналов.</p> <p>4.2 Методы переноса и преобразования спектров дискретных сигналов.</p> <p>4.3 Методы и средства аппаратно-программной реализации систем цифровой обработки сигналов.</p>

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

##### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p>Преобразование Фурье. Спектральный анализ</p> <p>1.1 Преобразование Фурье 1.2 Комплексная экспонента 1.3 Дискретное преобразование Фурье 1.4 Физическая интерпретация 1.5 ДПФ дискретного сигнала 1.6 Связь между преобразованиями 1.7 Порядок выполнения заданий 1.7.1 Изучение спектров периодических сигналов 1.7.2 Анализ спектра сложного периодического сигнала Индивидуальное задание выбирается согласно методическим указаниям к лабораторным занятиям.</p>
2	<p>Дискретные сигналы. Теорема Котельникова</p> <p>2.1 Дискретные сигналы 2.2 Спектральные свойства сигналов трех основных типов 2.3 Соотношение между сигналами 2.4 Теорема Котельникова</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	2.5 Порядок выполнения заданий 2.5.1 Анализ связи спектров дискретного и непрерывного сигналов 2.5.2 Восстановление сигнала с помощью ряда Котельникова Индивидуальное задание выбирается согласно методическим указаниям к лабораторным занятиям.
3	<b>Быстрое преобразование Фурье. Фильтрация</b> 3.1 Быстрое преобразование Фурье 3.2 Свойства аналоговых фильтров 3.3 Фильтр Чебышева первого рода 3.4 Фильтр Чебышева второго рода 3.5 Эллиптический фильтр 3.6 Порядок выполнения заданий 3.6.1 Сравнение быстродействия алгоритмов ДПФ 3.6.2 Исследование свойства аналоговых фильтров 3.6.3 Исследование свойства эллиптического фильтра Индивидуальное задание выбирается согласно методическим указаниям к лабораторным занятиям.
4	<b>Синтез цифровых фильтров</b> 4.1 Нахождение частотной характеристики фильтра 4.2 Нахождение импульсной характеристики фильтра 4.3 Нахождение нулей и полюсов передаточной функции фильтра 4.4 Функции синтеза стандартных фильтров 4.5 Синтез фильтра с использованием окон 4.6. Порядок выполнения заданий 4.6.1 Синтез фильтров методом билинейного z-преобразования 4.6.2 Работа с программой SPTool 4.6.3 Синтез КИХ фильтров с использованием окон Индивидуальное задание выбирается согласно методическим указаниям к лабораторным занятиям.
5	<b>Разностные уравнения</b> 5.1 Теоретические сведения о разностных уравнениях 5.2 Импульсная характеристика 5.3 Собственная частота 5.4 Линейная частота 5.5 Нелинейная система 5.5.1 Z-преобразование 5.5.2 Нестабильность линейной системы 5.5.3 Определение стабильности системы Индивидуальное задание выбирается согласно методическим указаниям к лабораторным занятиям.
6	<b>Тема 6. Расчет цифровых фильтров с бесконечными характеристиками</b> 6.1 Основные свойства БИХ-фильтров 6.2 Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтра 6.3 Расчет аналоговых фильтров-прототипов 6.4 Преобразование полосы частот для аналоговых фильтров 6.5 Дискретизация аналогового фильтра 6.6 Расчет цифровых фильтров
7	<b>Тема 7. Расчет цифровых КИХ-фильтров с линейной фазовой характеристикой методом взвешивания</b> 7.1 Основные свойства КИХ-фильтров 7.2 Расчет КИХ-фильтров с линейной характеристикой методом взвешивания 7.3 Прямоугольное окно 7.4 Обобщенное окно Хэмминга 7.5 Окно Кайзера

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
8	Тема 8. Акустические признаки 8.1 Речевой сигнал 8.2 Спектрограмма 8.3 Определение частот, на которых находится основная энергия сигнала 8.4 Спектрограмма в мел-шкале

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Самостоятельное изучение и конспектирование отдельных тем учебной литературы, связанных с разделом
2	Подготовка к лабораторным занятиям
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

#### 5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Основы цифровой обработки сигналов ISBN 978-5-8114-2175-6 132 с. Магазинникова А. Л. Учебное пособие Издательство "Лань" , 2021	<a href="https://e.lanbook.com/book/168952">https://e.lanbook.com/book/168952</a>
2	Цифровая обработка сигналов ISBN 978-5-398-02542-2 114 с. Фрейман В. И. Учебное пособие Пермский национальный исследовательский политехнический университет , 2021	<a href="https://e.lanbook.com/book/239828">https://e.lanbook.com/book/239828</a>
3	Цифровая обработка сигналов ISBN 978-5-906920-80-5 156 с. Безруков А.В., Стукалова А.С., Сотникова Н.В., Сорокин А.А. Учебное пособие Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова , 2017	<a href="https://e.lanbook.com/book/121875">https://e.lanbook.com/book/121875</a>

#### 6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru));

Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (<http://window.edu.ru>);

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miiit.ru>);  
Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам;  
Электронно-библиотечная система издательства «Лань» – <http://e.lanbook.com/>;  
Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](http://ibooks.ru) – <http://ibooks.ru/>;  
Электронно-библиотечная система «УМЦ» – <http://www.umczdt.ru/>;  
Электронно-библиотечная система «Intermedia» – <http://www.intermediapublishing.ru/>;  
Электронно-библиотечная система «BOOK.ru» – <http://www.book.ru/>;  
Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» – <http://www.znanium.com/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Программное обеспечение для выполнения практических заданий включает в себя программные продукты общего применения: операционная система Windows, Microsoft Office 2003 и выше, Браузер Internet Explorer 8.0 и выше с установленным Adobe Flash Player версии 10.3 и выше, Adobe Acrobat

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Для проведения аудиторных занятий и самостоятельной работы требуется:

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сети INTERNET.
2. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.
3. Компьютерный класс. Рабочие места студентов в компьютерном классе, подключённые к сети INTERNET
4. Для проведения практических занятий: компьютерный класс; компьютеры.

Технические требования к оборудованию для осуществления учебного процесса с использованием дистанционных образовательных технологий:

колонки, наушники или встроенный динамик (для участия в аудиоконференции);

микрофон или гарнитура (для участия в аудиоконференции);  
веб-камеры (для участия в видеоконференции);  
для ведущего: компьютер с процессором Intel Core 2 Duo от 2 ГГц (или  
аналог) и выше, от 2 Гб свободной оперативной памяти.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 5 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

И.П. Кнышев

Согласовано:

Заместитель директора академии

Д.В. Паринов

Председатель учебно-методической  
комиссии

Д.В. Паринов