

**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: 167783  
Подписал: руководитель образовательной программы  
Киселёва Анастасия Сергеевна  
Дата: 17.04.2025

## 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            | Семестр №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     | Дискретные и цифровые сигналы и системы, математическое описание и анализ<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- Введение в цифровую обработку сигналов.<br>Сигналы и их преобразования при цифровой обработке.<br>Методы математического описания линейных дискретных систем во временной в частотной областях и алгоритмы цифровой фильтрации на их основе. |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | Области применения цифровой обработки сигналов.<br>- Аналого-цифровое преобразование сигналов.<br>Временная дискретизация сигналов и теорема Котельникова.<br>Амплитудное квантование сигналов. Теоремы амплитудного квантования случайных сигналов.                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2        | Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры, методы реализации и синтеза<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- Характеристики и структуры цифровых фильтров.<br>- Передаточные функции и частотные характеристики фильтров. Обеспечение точности цифровых фильтров.<br>- Частотные характеристики и формы реализации рекурсивных фильтров.<br>- Частотные характеристики и формы реализации нерекурсивных фильтров.<br>- Синтез рекурсивных фильтров по заданной частотной характеристике и по аналоговому прототипу. |
| 3        | Методы цифровой фильтрации сигналов на основе преобразования Фурье<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- Алгоритм цифровой фильтрации сигналов на основе дискретного преобразования Фурье.<br>- Спектрально-корреляционный анализ дискретных случайных сигналов.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4        | Специальные применения и реализация систем цифровой обработки сигналов<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- Цифровая обработка сигналов в многоканальных системах связи с частотным уплотнением каналов.<br>- Методы переноса и преобразования спектров дискретных сигналов.<br>- Методы и средства аппаратно-программной реализации систем цифровой обработки сигналов.                                                                                                                                              |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Практические занятия

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Преобразование Фурье. Спектральный анализ<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- Преобразование Фурье<br>- Комплексная экспонента<br>- Дискретное преобразование Фурье<br>- Физическая интерпретация<br>- ДПФ дискретного сигнала<br>- Связь между преобразованиями<br>- Порядок выполнения заданий<br>- Изучение спектров периодических сигналов<br>- Анализ спектра сложного периодического сигнала                                        |
| 2        | svsdvs<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- Дискретные сигналы<br>- Спектральные свойства сигналов трех основных типов<br>- Соотношение между сигналами<br>- Теорема Котельникова<br>- Порядок выполнения заданий<br>- Анализ связи спектров дискретного и непрерывного сигналов<br>2.5.2 Восстановление сигнала с помощью ряда Котельникова<br>Индивидуальное задание выбирается согласно методическим указаниям к лабораторным занятиям. |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3        | <p><b>Быстрое преобразование Фурье. Фильтрация</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Быстрое преобразование Фурье</li> <li>- Свойства аналоговых фильтров</li> <li>- Фильтр Чебышева первого рода 3.4 Фильтр Чебышева второго рода</li> <li>- Эллиптический фильтр</li> <li>- Порядок выполнения заданий</li> <li>- Сравнение быстродействия алгоритмов ДПФ</li> <li>- Исследование свойства аналоговых фильтров</li> <li>- Исследование свойства эллиптического фильтра</li> </ul> <p>Индивидуальное задание выбирается согласно методическим указаниям к лабораторным занятиям.</p>                                                                     |
| 4        | <p><b>Синтез цифровых фильтров</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Нахождение частотной характеристики фильтра</li> <li>- Нахождение импульсной характеристики фильтра</li> <li>- Нахождение нулей и полюсов передаточной функции фильтра</li> <li>- Функции синтеза стандартных фильтров</li> <li>- Синтез фильтра с использованием окон</li> <li>- Порядок выполнения заданий</li> <li>- Синтез фильтров методом билинейного z-преобразования</li> <li>- Работа с программой SPTool</li> <li>- Синтез КИХ фильтров с использованием окон</li> </ul> <p>Индивидуальное задание выбирается согласно методическим указаниям к лабораторным занятиям.</p> |
| 5        | <p><b>Разностные уравнения</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Теоретические сведения о разностных уравнениях</li> <li>- Импульсная характеристика</li> <li>- Собственная частота</li> <li>- Линейная частота</li> <li>- Нелинейная система</li> <li>- Z-преобразование</li> <li>- Нестабильность линейной системы</li> <li>- Определение стабильности системы</li> </ul> <p>Индивидуальное задание выбирается согласно методическим указаниям к лабораторным занятиям.</p>                                                                                                                                                                             |
| 6        | <p><b>Расчет цифровых фильтров с бесконечными характеристиками</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основные свойства БИХ-фильтров</li> <li>- Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтра</li> <li>- Расчет аналоговых фильтров-прототипов</li> <li>- Преобразование полосы частот для аналоговых фильтров</li> <li>- Дискретизация аналогового фильтра</li> <li>- Расчет цифровых фильтров</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7        | <p><b>Расчет цифровых КИХ-фильтров с линейной фазовой характеристикой методом взвешивания</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основные свойства КИХ-фильтров</li> <li>- Расчет КИХ-фильтров с линейной характеристикой методом взвешивания</li> <li>- Прямоугольное окно</li> <li>- Обобщенное окно Хэмминга</li> <li>- Окно Кайзера</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                              |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8        | Акустические признаки<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- Речевой сигнал<br>- Спетрограмма<br>- Определение частот, на которых находится основная энергия сигнала<br>- Спектрограмма в мел-шкале |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>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).

| №<br>п/п | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                      | Место доступа                                                                     |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Магазинникова, А. Л. Основы цифровой обработки сигналов : учебное пособие / А. Л. Магазинникова. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 132 с. — ISBN 978-5-8114-2175-6.                           | <a href="https://e.lanbook.com/book/168952">https://e.lanbook.com/book/168952</a> |
| 2        | Фрейман, В. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / В. И. Фрейман. — Пермь : ПНИПУ, 2021. — 114 с. — ISBN 978-5-398-02542-2.                                                                         | <a href="https://e.lanbook.com/book/239828">https://e.lanbook.com/book/239828</a> |
| 3        | Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / А. В. Безруков, А. С. Стукалова, Н. В. Сотникова, А. А. Сорокин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 156 с. — ISBN 978-5-906920-80-5. | <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.mii.ru>);

Поисковые системы «Яндекс» для доступа к тематическим информационным ресурсам;

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» – <http://e.lanbook.com/>;

Электронно-библиотечная система 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).

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

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:

Директор

Б.В. Игольников

Руководитель образовательной  
программы

А.С. Киселёва

Председатель учебно-методической  
комиссии

Д.В. Паринов