

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по учебной работе
_____ Э.Ю. Майкова
« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»
«Цифровая обработка сигналов»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы..

Типы задач профессиональной деятельности: проектный, научно-исследовательский.

Форма обучения – очная.

Факультет информационных технологий
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Семестр 7

Тверь 20__

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки специалистов в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы: проф. кафедры РИС

В.К. Кемайкин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РИС

« ____ » _____ 20__ г., протокол № ____.

Заведующий кафедрой

С.Ф. Боев

Согласовано

Начальник учебно-методического
отдела УМУ

Д.А. Барчуков

Начальник отдела

комплектования
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

1. Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины:

изложение основ фундаментальной теории цифровой обработки сигналов (ЦОС) в части базовых методов и алгоритмов ЦОС, инвариантных относительно физической природы сигнала, и включающих в себя: математическое описание (математические модели) линейных дискретных систем (ЛДС) и дискретных сигналов, включая дискретное и быстрое преобразование Фурье (ДПФ и БПФ).

Задачи дисциплины:

формирование у студентов знаний и умений, позволяющих осуществлять анализ функционирования, разработку и техническое обслуживание устройств цифровой обработки сигналов, а также изучение современных средств компьютерного моделирования базовых методов и алгоритмов ЦОС.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса требуются знания, умения и навыки, полученные в процессе изучения дисциплин «Специальные главы математики», «Радиотехнические цепи и сигналы» и «Электроника и электронные приборы».

Приобретенные знания в рамках данной дисциплины помимо их самостоятельного значения являются основой для изучения курсов «Цифровые устройства и микропроцессоры», «Вторичная обработка радиолокационной информации» и других дисциплин, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенции, закрепленные за дисциплиной в ОХОП:

ОПК-1. Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИОПК-1.2. Использует знания физики и математики при решении практически задач.

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

31.1. методы математического описания линейных дискретных систем.

31.2. основные этапы проектирования цифровых фильтров.

31.3. основные методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров.

31.4. методы математического описания цифровых фильтров в виде структуры.

31.5. метод математического описания дискретных сигналов с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ).

31.6. алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ).

31.7. принципы оценки шумов квантования в цифровых фильтрах с фиксированной точкой.

31.8. принципы построения систем однократной интерполяции и децимации.

Уметь:

У1.1. объяснять математическое описание линейных дискретных систем в виде алгоритмов.

У1.2. выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания.

У1.3. задавать требования к частотным характеристикам цифровых фильтров.

У1.4. обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой).

У1.5. синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования.

У1.6. обосновывать выбор структуры цифрового фильтра; выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра.

У1.7. вычислять ДПФ дискретного сигнала с помощью алгоритмов БПФ средствами компьютерного моделирования.

У1.8. объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации.

3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций

Проведение лекционных, лабораторных и практических занятий.

4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1а. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
Общая трудоемкость дисциплины	5	180
Аудиторные занятия (всего)		75
В том числе:		
Лекции		30
Практические занятия (ПЗ)		30
Лабораторные работы (ЛР)		15
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		69+36 (экз)
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрены
Курсовой проект		не предусмотрены
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрены
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к защите лабораторных работ - подготовка к защите практических работ		49
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		20+36 (экз)
Практическая подготовка при		0

реализации дисциплины (всего)		
-------------------------------	--	--

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. практикум	Сам. работа
1	Линейные дискретные системы	14	2	1	1	6+4 (экз)
2	Цифровые фильтры	23	4	2	2	10+5 (экз)
3	Эффекты квантования в цифровых фильтрах	22	3	4	2	9+4 (экз)
4	Описание дискретных сигналов в частотной области	25	2	6	2	10+5 (экз)
5	Дискретное преобразование Фурье	39	8	8	3	14+6 (экз)
6	Быстрое преобразование Фурье	34	7	6	3	12+6 (экз)
7	Многоскоростные системы ЦОС.	23	4	3	2	8+6 (экз)
Всего на дисциплину		180	30	30	15	69+36 (экз)

5.2. Содержание дисциплины

МОДУЛЬ 1 «Линейные дискретные системы»

Описание дискретной системы разностным уравнением. Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Структурные схемы дискретных систем. Устойчивость дискретных систем.

МОДУЛЬ 2 «Цифровые фильтры»

Введение в цифровые фильтры. Типы цифровых фильтров: КИХ-фильтры и БИХ-фильтры. Этапы разработки фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХ-фильтров.

МОДУЛЬ 3 «Эффекты квантования в цифровых фильтрах»

Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения.

МОДУЛЬ 4 «Описание дискретных сигналов в частотной области»

Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.

МОДУЛЬ 5 «Дискретное преобразование Фурье»

Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.

МОДУЛЬ 6 «Быстрое преобразование Фурье»

Быстрое преобразование Фурье с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.

МОДУЛЬ 7 «Многоскоростные системы ЦОС»

Концепция обработки при нескольких скоростях. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.

5.3. Лабораторные работы

Таблица 3. Лабораторные работы и их трудоемкость.

Порядковый номер модуля. Цели лабораторных работ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в часах
Модуль 1 Цель: знакомство с понятиями дискретных систем.	Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Структурные схемы дискретных систем. Устойчивость дискретных систем.	1
Модуль 2 Цель: знакомство с этапами разработки фильтра.	Этапы разработки фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХ-фильтров.	2
Модуль 3 Цель: разбор ошибок квантования коэффициентов, округления и переполнения.	Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения	2
Модуль 4 Цель: изучение Z-преобразования.	Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.	2

Модуль 5 Цель: изучение преобразования Фурье.	Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.	3
Модуль 6 Цель: изучение быстрого преобразования Фурье.	Быстрое преобразование Фурье с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье	3
Модуль 7 Цель: разработка дециматоров и интерполяторов.	Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.	2

5.4. Практические работы

Таблица 4. Практические работы и их трудоемкость

Модули. Цели ПЗ	Примерная тематика занятий и форма их проведений	Трудоемкость в часах
Модуль 1 Цель: решение задач с передаточная функция дискретной системы. Проверка устойчивости дискретных систем.	Описание дискретной системы разностным уравнением. Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Структурные схемы дискретных систем. Устойчивость дискретных систем.	1
Модуль 2 Цель: расчет коэффициентов КИХ- и БИХ-фильтров.	Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХ-фильтров.	2
Модуль 3 Цель: изучение влияния конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры.	Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения.	4

Модуль 4 Цель: решение задач Z-преобразования и обратного z-преобразования.	Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.	6
Модуль 5 Цель: решение задач на ряды Фурье и дискретное преобразование.	Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье	8
Модуль 6 Цель: решение задач с БПФ с децимацией во временной области и с частотной децимацией	БПФ с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье	6
Модуль 7 Цель: решение задач на децимацию с целым шагом. Разработка дециматоров и интерполяторов.	Концепция обработки при нескольких скоростях. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.	3

6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль их успеваемости

6.1. Цели самостоятельной работы

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к лабораторным и практическим работам, к текущему контролю успеваемости и подготовке к экзамену.

В рамках дисциплины выполняется 7 лабораторных работы и 7 практических, которые защищаются посредством тестирования или устным опросом (по желанию обучающегося). Максимальная оценка за каждую выполненную лабораторную работу – 5 баллов, минимальная – 3 балла.

Выполнение всех лабораторных и практических работ обязательно. В случае невыполнения лабораторной или практической работы по уважительной причине студент имеет право выполнить письменный реферат, по согласованной с преподавателем теме по модулю, по которому пропущена лабораторная или практическая работа.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература по дисциплине

1. Татаринов, В. Н. Спектры и анализ : учебно-методическое пособие / В. Н. Татаринов, С. В. Татаринов. — 2-е изд. — Москва : ТУСУР, 2012. — 323 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10919> (дата обращения: 21.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=155218-0)
2. Васюков, В.Н. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / В.Н. Васюков; Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-7782-3572-4. - URL: <https://e.lanbook.com/book/118270> . - (ID=145833-0)
3. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / А.В. Безруков [и др.]; Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова. - Санкт-Петербург : Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова, 2017. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-906920-80-5. - URL: <https://e.lanbook.com/book/121875> . - (ID=145830-0)

7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов : [учебник] : пер. с англ. / А. Оппенгейм, Р. Шафер. - 3-е изд. ; перераб. - Москва : Техносфера, 2012. - 1048 с. : ил. - ЦОР IPR SMART. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-94836-329-5. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/26906.html> . - (ID=146512-0)
2. Строгонов, А.В. Цифровая обработка сигналов в базисе программируемых логических интегральных схем : учебное пособие : в составе учебно-методического комплекса / А.В. Строгонов. - 4-е изд. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. - (Учебники для вузов. Специальная литература) (УМК-У). - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-8114-9783-6. - URL: <https://e.lanbook.com/book/199925> . - (ID=110076-0)
3. Столов, Е.Л. Цифровая обработка сигналов. Водяные знаки в аудиофайлах : учебное пособие / Е.Л. Столов; Столов Е.Л., Ким В.С. - Санкт-Петербург [и

- др.] : Лань, 2021. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-8114-3014-7. - URL: <https://e.lanbook.com/book/169170> . - (ID=136111-0)
4. Нечес, И.О. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / И.О. Нечес, Н.Д. Пирогова; Ростовский государственный университет путей сообщения. - Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-88814-893-8. - URL: <https://e.lanbook.com/book/140606> . - (ID=145832-0)
 5. Пасечников, И.И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / И.И. Пасечников; Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина. - Тамбов : Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, 2019. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-00078-261-3. - URL: <https://e.lanbook.com/book/137567> . - (ID=145829-0)
 6. Гадзиковский, В.И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / В.И. Гадзиковский. - Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2017. - ЦОР IPR SMART. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-91359-117-3. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/90342.html> . - (ID=146516-0)
 7. Никитина, А.В. Цифровая обработка сигналов в сетях доступа : учебное пособие / А.В. Никитина, А.Е. Рыжков; Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени М.А. Бонч-Бруевича. - Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени М.А. Бонч-Бруевича, 2013. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - URL: <https://e.lanbook.com/book/181458> . - (ID=145836-0)
 8. Бугров, В.Н. Цифровая обработка сигналов с применением цифровых сигнальных процессоров : учебно-методическое пособие / В.Н. Бугров, Д.Н. Ивлев, Е.И. Шкелев; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, 2012. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - URL: <https://e.lanbook.com/book/152909> . - (ID=145845-0)
 9. Стариковский, А.И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие. Часть 1 / А.И. Стариковский, Н.А. Стариковская, А.Ю. Унгер; МИРЭА - Российский технологический университет. - Москва : МИРЭА - Российский технологический университет, 2021. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - URL: <https://e.lanbook.com/book/182542> . - (ID=145835-0)

7.3. Методические материалы

1. Учебно-методический комплекс дисциплины обязательной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" "Цифровая обработка сигналов". Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы. Направленность (профиль) – Радиолокационные системы и комплексы : ФГОС 3++ / Каф. Радиотехнические и информационные системы ; сост. В.К. Кемайкин. - Тверь, 2022. - (УМК). - Текст : электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/155217> . - (ID=155217-0)
2. Практические занятия по дисциплине "Цифровая обработка сигналов" направления подготовки 09.04.03 Прикладная информатика. Профиль: Радиолокационные и управляющие системы : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Радиотехнические информационные системы ; разработ.: В.К. Кемайкин, С.В. Буцев. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - (УМК-П). - Сервер. - Текст : электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/129820> . - (ID=129820-0)
3. Практические занятия по дисциплине "Цифровая обработка сигналов" направления подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии. Профиль: Радиотехнические системы и комплексы : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Радиотехнические информационные системы ; разработ.: В.К. Кемайкин, С.В. Буцев. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - (УМК-П). - Сервер. - Текст : электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/129801> . - (ID=129801-0)
4. Оценочные средства промежуточной аттестации: курсовая работа по дисциплине "Цифровая обработка сигналов" направления подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии. Профиль: Радиотехнические системы и комплексы : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Радиотехнические информационные системы ; разработ. С.В. Буцев. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - (УМК-КП). - Сервер. - Текст : электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/129804>. - (ID=129804-0)
5. Оценочные средства промежуточной аттестации: зачет по дисциплине "Цифровая обработка сигналов" направления подготовки 09.04.03 Прикладная информатика. Профиль: Радиолокационные и управляющие системы : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Радиотехнические информационные системы ; разработ. С.В. Буцев. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - (УМК-В). - Сервер. - Текст : электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/129822> . - (ID=129822-0)
6. Оценочные средства промежуточной аттестации: зачет дисциплины вариативной части Блока 1 "Цифровая обработка сигналов" направления подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии. Профиль: Радиотехнические системы и комплексы : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Радиотехнические информационные системы ; сост. В.К. Кемайкин, С.В. Буцев. - 2017. - (УМК-В). - Текст : электронный. - Режим доступа: с разрешения преподавателя. - (ID=127679-0)
7. Конспект лекций по дисциплине "Цифровая обработка сигналов" (для магистрантов РСК и РУС) : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Радиотехнические информационные системы ; разработ.: В.К. Кемайкин, С.В.

- Буцев. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - (УМК-Л). - Сервер. - Текст : электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/129799> . - (ID=129799-0)
8. Вопросы к зачету по дисциплине "Цифровая обработка сигналов" направления подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии. Профиль: Радиотехнические системы и комплексы : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Радиотехнические информационные системы ; разраб.: В.К. Кемайкин, С.В. Буцев. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - (УМК-В). - Сервер. - Текст : электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/129802> . - (ID=129802-0)

7.4. Программное обеспечение по дисциплине

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭКТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ" : сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНиПы и др.]. Диск 1,2,3,4. - М. : Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст : электронный. - 119600 р. – (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/155217>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Цифровая обработка сигналов» используются современное мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

Для проведения лабораторных работ, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется оборудованная учебная лаборатория и аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью.

9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

2. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0.

Критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

3. Вид экзамена – письменный экзамен.

4. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 21. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3.

Продолжительность экзамена – 60 минут.

5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене.

1. Периодическая дискретизация. Особенности спектра дискретных сигналов. Наложение: неоднозначность представления сигнала в частотной области
2. Дискретное преобразование Фурье. ДПФ в экспоненциальной и тригонометрической форме. Представление амплитуды, фазы и мощности сигнала в частотной области. Симметрия ДПФ. Линейность ДПФ. Модуль ДПФ.
3. Частотная ось ДПФ.
4. Обратное ДПФ. Утечка ДПФ. Окна. Гребешковые искажения ДПФ. Разрешающая способность ДПФ, дополнение нулями и дискретизация в частотной области. Коэффициент улучшения ДПФ. ДПФ прямоугольных функций.
5. Фильтры с импульсной характеристикой конечной длины. Свертка в КИХ-фильтрах. Проектирование КИХ-фильтра нижних частот. Проектирование КИХ-фильтров верхних частот. Полуполосные КИХ-фильтры. Обобщенное описание дискретной свертки.

6. Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины. Преобразование Лапласа. Полюсы и нули на s -плоскости и условие устойчивости.
7. Z -преобразование.
8. Метод проектирования БИХ-фильтров с помощью билинейного преобразования.
9. Улучшение БИХ-фильтров с помощью каскадных структур
10. Квадратурные сигналы. Отрицательные частоты. Квадратурные сигналы в частотной области.
11. Полосовые квадратурные сигналы в частотной области. Комплексное понижающее преобразование.
12. Дискретное преобразование Гильберта. Определение преобразование Гильберта.
13. Области применения преобразования Гильберта. Импульсная характеристика преобразования Гильберта.
14. Проектирование дискретного преобразования Гильберта. Генерация аналитического сигнала во временной области.
15. Сравнение методов генерации аналитических сигналов.
16. Преобразование частоты дискретизации. Прореживание. Интерполяция. Полифазные фильтры. Каскадные интеграторы-гребенчатые фильтры.
17. Усреднение сигналов. Когерентное усреднение. Некогерентное усреднение. Фильтрующие свойства усреднения во временной области. Экспоненциальное усреднение.
18. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров.
19. Методы реализации КИХ-фильтров.
20. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров.
21. Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры
22. Области применения z -преобразования в цифровой обработке сигналов
23. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье
24. Децимация с целым шагом.
25. Интерполяция с целым шагом.
26. Программная реализация дециматоров.
27. Программная реализация интерполяторов
28. Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Структурные схемы дискретных систем. Устойчивость дискретных систем.
29. Этапы разработки фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХ-фильтров.
30. Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения
31. Преобразование Фурье и Z -преобразование. Обратное z -преобразование. Области применения z -преобразования в цифровой обработке сигналов.
32. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.

33. Быстрое преобразование Фурье с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.

34. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.

При ответе на вопросы экзамена допускается использование справочными данными, ГОСТами, методическими указаниями по выполнению лабораторных работ в рамках данной дисциплины.

Пользование различными техническими устройствами не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета

Учебным планом зачет по дисциплине не предусмотрен.

9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы

Учебным планом курсовой проект или курсовая работа по дисциплине не предусмотрены.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

Студенты очной формы обучения перед началом изучения дисциплины должны быть ознакомлены с возможностью получения экзаменационной оценки по результатам текущей успеваемости, с формами защиты выполненных лабораторных работ, а также планом выполнения курсовой работы.

В учебном процесс рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

Рекомендуется обеспечить студентов, изучающих дисциплину, электронными учебниками, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению всех видов самостоятельной работы.

11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

Кафедра ежегодно обновляет содержание рабочих программ дисциплин, которые оформляются протоколами заседаний дисциплин, форма которых утверждена Положением о рабочих программ дисциплин, соответствующих ФГОС ВО.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

**Периодическая дискретизация. Особенности спектра дискретных сигналов.
Наложение: неоднозначность представления сигнала в частотной области.**

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Найдите оптимальную частоту дискретизации полосового сигнала. Несущая частота сигнала 16 МГц. Ширина полосы сигнала 4 МГц.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Если полоса частот сигнала лежит в диапазоне 10-15 кГц и сигнал дискретизирован без наложения, минимально возможная в теории частота дискретизации будет равна__ .

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: проф. кафедры РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий кафедрой РИС _____ С.Ф. Боев