

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 части, формируемой участниками образовательных отношений  
Блока 1 «Дисциплины (модули)»  
**«Цифровая обработка сигналов»**

Направление подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии

Направленность (профиль) программы – Информационные технологии радиотехнических систем и комплексов

Типы задач профессиональной деятельности:  
научно-исследовательский

Форма обучения – очная

Факультет информационных технологий  
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Тверь 20\_\_\_\_\_

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

Разработчик программы:  
д.т.н., профессор кафедры ИС \_\_\_\_\_ В.Н. Богатиков

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«15» мая 2019 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой РИС, д.т.н., профессор

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.**

**Основной целью** изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» (ЦОС) является теоретическое и практическое освоение методов и средств цифровой обработки сигналов, позволяющее выпускнику успешно вести исследования и разработки, направленные на создание и обеспечение функционирования радиоэлектронных устройств и систем различного назначения, основанных на их использовании.

К целям преподавания дисциплины относится также формирование в процессе обучения социально-личностных качеств студента: целеустремленности, организованности, трудолюбия, ответственности, гражданственности, коммуникативности, толерантности.

**Задачами** дисциплины являются:

- овладение методов математического описания систем ЦОС, способов их синтеза и автоматизированного проектирования, моделирования и аппаратно-программной реализации;
- умение применять полученные знания при решении прикладных задач ЦОС в различных областях радиотехники.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП.**

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса требуются разделы параллельно изучаемой дисциплины «Анализ и синтез информационных систем».

Приобретенные знания в рамках данной дисциплины необходимы в дальнейшем при изучении дисциплин «Специальные главы высшей математики», «Основы теории радиосистем, комплексов управления и передачи информации», а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине.**

### **3.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине.**

**Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:**

**ПК-1:** Способен проводить компьютерное моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

**Индикаторы компетенции, закрепленные за дисциплиной в ОХОП:**

**ИПК-1.1.** Применяет алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах.

**Показатели оценивания индикатора достижения компетенций:**

**Знать:**

- 31.1. Различные способы и алгоритмы цифровой фильтрации.
- 31.2. Области применения цифровой обработки сигналов.
- 31.3. Современную элементную базу для реализации систем цифровой обработки сигналов.

**Уметь:**

У1.1. Понимать основные методы преобразования дискретных (цифровых) сигналов, проводить их сравнительный анализ.

У1.2. Понимать соотношения и взаимосвязь импульсной и частотной характеристик аналоговых и цифровых систем;

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП 1.1. программной реализации цифровых фильтры различных типов - ЦФ методом ДПФ, нерекурсивные ЦФ, рекурсивные ЦФ;

**ИПК-1.2.** Использует типовые методики моделирования объектов и процессов.

**Показатели оценивания индикатора достижения компетенций:****Знать:**

З1.1. Математический аппарат для описания цифровых сигналов и систем.

З1.2. Преимущества цифровых сигналов и их роль в проектировании приборов, устройств и узлов телекоммуникационных и информационно-измерительных систем.

**Уметь:**

У1.1. Математически описывать цифровые сигналы и системы их обработки.

У1.2. Проектировать (проводить синтез и рассчитывать параметры) цифровых фильтров различного типа.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП 1.1. Проектирования блоков и систем цифровой обработки сигналов в телекоммуникационных и информационно-измерительных системах.

**3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций**

Проведение лекционных занятий, лабораторных и практических занятий, самостоятельная работа под руководством преподавателя, выполнение курсовой работы.

**4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы.**

**Таблица 1 - Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы**

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
Общая трудоемкость дисциплины	4	144
Аудиторные занятия (всего)		36
В том числе:		
Лекции		12
Практические занятия (ПЗ)		12
Лабораторные работы (ЛР)		12
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		72+36 (экз.)

В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрен
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Другие виды самостоятельной работы:		72
- изучение теоретической части дисциплины;		36
- подготовка к защите практических работ		14
-выполнение инд. задания		20
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		не предусмотрен
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		36
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		20
В том числе:		
Практические занятия (ПЗ)		10
Лабораторные работы (ЛР)		10
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен

## 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	Сигналы и их преобразования при цифровой обработке	24	2	2	2	12+6
2	Квантование сигналов. Шумы квантования. Цифровое кодирование сигнала	24	2	2	2	12+6
3	Математические описания и характеристики дискретных систем	24	2	2	2	12+6
4	Характеристики и структуры цифровых фильтров	24	2	2	2	12+6
5	Синтез рекурсивных фильтров по заданной частотной характеристике	24	2	2	2	12+6
6	Синтез нерекурсивных фильтров по заданной частотной характеристике	24	2	2	2	12+6
	Всего на дисциплину	<b>144</b>	12	12	12	72+36 (экз.)

## **5.2. Содержание дисциплины**

### **МОДУЛЬ 1 «Сигналы и их преобразования при цифровой обработке»:**

Общая структура системы цифровой обработки аналоговых сигналов. Математические модели дискретных сигналов. Спектр дискретного сигнала. Связь между спектрами дискретного и аналогового сигналов.

Дискретизация сигналов с финитным спектром при частоте дискретизации, отвечающей теореме отсчетов. Дискретизация сигналов с финитным спектром при частоте дискретизации, не отвечающей теореме отсчетов. Дискретизация аналоговых сигналов с неограниченным по частоте спектром. Явление наложения сигналов.

### **МОДУЛЬ 2 «Квантование сигналов. Шумы квантования. Цифровое кодирование сигнала»:**

Квантование сигналов по уровню. Способы квантования. Погрешность квантования. Шум квантования и методы его оценки. Расчет шума квантования АЦП на выходе цифрового фильтра.

Цифровое кодирование сигнала. Целочисленное кодирование цифрового сигнала. Дробное кодирование цифрового сигнала. Погрешность квантования цифрового сигнала.

Условия выбора разрядности АЦП.

### **МОДУЛЬ 3 «Математические описания и характеристики дискретных систем»:**

Методы математического описания линейных дискретных систем во временной области и алгоритмы цифровой фильтрации на их основе. Разностные уравнения линейных дискретных систем. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Дискретная временная свертка. Цифровые фильтры БИХ- и КИХ- типа.

Методы математического описания сигналов дискретных систем на комплексной плоскости (в частотной области). Z- преобразование дискретных сигналов. Свойства Z- преобразования дискретных сигналов.

Тестовые последовательности дискретных систем. Передаточная функция и частотная характеристика дискретных систем.

### **МОДУЛЬ 4 «Характеристики и структуры цифровых фильтров»:**

Передаточные функции рекурсивных фильтров. Передаточные функции, получаемые на основе разностных уравнений. Нули и полюсы передаточной функции. Частотные характеристики рекурсивных фильтров.

Формы реализации рекурсивных фильтров. Каскадная форма реализации рекурсивных фильтров. Прямая форма реализации биквадратного звена. Каноническая форма реализации биквадратного звена.

Прямая форма реализации, передаточная функция и частотная характеристика нерекурсивного фильтра.

## **МОДУЛЬ 5 «Синтез рекурсивных фильтров по заданной частотной характеристике»:**

Понятие синтеза цифровых фильтров. Методы синтеза цифровых фильтров. Виды цифровых фильтров со ступенчато-образной АЧХ. Примеры АЧХ. Исходные данные для синтеза цифровых фильтров по заданной частотной характеристике.

Синтез рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу. Метод билинейного преобразования. Простое билинейное преобразование. Обобщенное билинейное преобразование. Задачи синтеза аналогового ФНЧ - прототипа. Переход от аналогового ФНЧ - прототипа к цифровому фильтру заданного типа.

Методика синтеза рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу.

## **МОДУЛЬ 6 «Синтез нерекурсивных фильтров по заданной частотной характеристике»:**

Синтез нерекурсивных фильтров методом весовых функций. Графическая иллюстрация метода. Требования к весовым функциям. Параметры весовых функций. Описание весовых функций.

Методика синтеза нерекурсивных фильтров методом весовых функций.

Синтез нерекурсивных фильтров методом частотной выборки.

### **5.3. Лабораторные работы**

Таблица 3 - Тематика, форма лабораторных работ (ЛР) и их трудоемкость

<b>Порядковый номер модуля. Цели практических занятий</b>	<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Трудоемкость в часах</b>
<b>Модуль 1</b> <b>Цель:</b> знакомство с моделями дискретных сигналов. Приобретение навыков расчетов спектров дискретных сигналов	Расчет спектров дискретных сигналов	2
<b>Модуль 2</b> <b>Цель:</b> знакомство с кодированием сигналов. Приобретение навыков расчетов шумов квантования сигналов	Расчет шумов квантования АЦП	2
<b>Модуль 3</b> <b>Цель:</b> знакомство с методами математического описания сигналов дискретных систем. Приобретение навыков расчетов Z-преобразования дискретных сигналов	Расчет Z-преобразования входного и выходного сигналов цифрового фильтра	2
<b>Модуль 4</b> <b>Цель:</b> знакомство с характеристиками и структурой цифровых фильтров. Приобретение навыков расчетов передаточных функций цифровых фильтров	Расчет нулей и полюсов передаточной функции цифрового фильтра	2
<b>Модуль 5</b> <b>Цель:</b> знакомство с методами синтеза рекурсивных фильтров. Приобретение навыков проведения синтеза	Синтез цифрового фильтра по аналоговому прототипу	2

цифрового фильтра по аналоговому прототипу		
<b>Модуль 6</b> <b>Цель:</b> знакомство с методами синтеза нерекурсивных фильтров. Приобретение навыков проведения синтеза цифрового фильтра методом весовых функций	Синтез цифрового фильтра методом весовых функций	2

#### 5.4. Практические занятия.

Таблица 3 - Практические занятия и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических занятий	Наименование практических занятий	Трудоемкость в часах
<b>Модуль 1</b> <b>Цель:</b> знакомство с моделями дискретных сигналов. Приобретение навыков расчетов спектров дискретных сигналов	Расчет спектров дискретных сигналов	2
<b>Модуль 2</b> <b>Цель:</b> знакомство с кодированием сигналов. Приобретение навыков расчетов шумов квантования сигналов	Расчет шумов квантования АЦП	2
<b>Модуль 3</b> <b>Цель:</b> знакомство с методами математического описания сигналов дискретных систем. Приобретение навыков расчетов Z-преобразования дискретных сигналов	Расчет Z-преобразования входного и выходного сигналов цифрового фильтра	2
<b>Модуль 4</b> <b>Цель:</b> знакомство с характеристиками и структурой цифровых фильтров. Приобретение навыков расчетов передаточных функций цифровых фильтров	Расчет нулей и полюсов передаточной функции цифрового фильтра	2
<b>Модуль 5</b> <b>Цель:</b> знакомство с методами синтеза рекурсивных фильтров. Приобретение навыков проведения синтеза цифрового фильтра по аналоговому прототипу	Синтез цифрового фильтра по аналоговому прототипу	2
<b>Модуль 6</b> <b>Цель:</b> знакомство с методами синтеза нерекурсивных фильтров. Приобретение навыков проведения синтеза цифрового фильтра методом весовых функций	Синтез цифрового фильтра методом весовых функций	2

### 6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль 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 тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к лабораторным работам и практическим занятиям, к текущему контролю успеваемости, подготовке к экзамену.

В рамках дисциплины проводятся практические занятия, которые предназначены для закрепления лекционного материала. На данных занятиях проводится текущий контроль успеваемости обучающихся посредством тестирования или устным опросом.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### **7.1. Основная литература**

1. 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)

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. 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)

4. 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**

1. 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)

2. 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)

3. 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)

4. Елисеев, С.Н. Многоскоростная и многоканальная цифровая обработка сигналов (приложения в телекоммуникациях) : учебное пособие / С.Н. Елисеев; Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики. - Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2018. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - URL: <https://e.lanbook.com/book/182194> . - (ID=145838-0)

5. 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)

6. 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. Курилова, А.В. Хранение, передача и публикация цифровой информации [Текст]: учебник для ссузов по спец. "Мастер по обработке цифровой информации" / Курилова, А.В., Оганесян, В.О. - Москва: Академия, 2015. - 155 с. - (114301-2) (004;К 93)

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. 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)

10. Гетманов, В.Г. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / В.Г. Гетманов; Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт». - 2-е изд. - Москва : Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт», 2010. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-7262-1304-0. - URL: <https://e.lanbook.com/book/75740> . - (ID=145834-0)

### 7.3.Методические материалы

1. 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)

2. 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)

3. 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)

4. 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 ; разработ.: 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)

5. Учебно-методический комплекс дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" "Цифровая обработка сигналов". Направление подготовки магистров 09.04.02 Информационные системы и технологии Направленность (профиль) программы – Информационные технологии радиотехнических систем и

комплексов : ФГОС 3++ / Каф. Радиотехнические информационные системы ;  
сост.: В.Н. Богатиков. - 2022. - (УМК). - Текст : электронный. - URL:  
<https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/155610>. - (ID=155610-0)

#### **7.4. Программное обеспечение по дисциплине**

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

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

#### **7.4. 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. ЭК ТвГТУ: <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/155610>.

#### **8. Материально-техническое обеспечение.**

При изучении дисциплины «Цифровая обработка сигналов» используются современные средства обучения: наглядные пособия, диаграммы, схемы.

Возможна демонстрация лекционного материала с помощью оверхед-проектора (кодоскопа) и мультипроектора.

## **9. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации**

### **9.1. Фонд оценочных средств 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» (количественный критерий):

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 – 10. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3.

Продолжительность экзамена – 60 минут.

Для итогового контрольного испытания студенту предоставляется:

5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене.

Для итогового контрольного испытания студенту предоставляется:

типовой образец экзаменационного билета, предъявляемый обучающемуся для ознакомления (образец приведен в Приложении 1);

перечень теоретических вопросов, содержащихся в экзаменационных билетах, без разбивки по билетам:

1. Общая структура системы цифровой обработки аналоговых сигналов.

2. Математические модели дискретных сигналов.

3. Спектр дискретного сигнала.

4. Связь между спектрами дискретного и аналогового сигналов.

5. Дискретизация сигналов с финитным спектром при частоте дискретизации, отвечающей теореме отсчетов.

6. Дискретизация сигналов с финитным спектром при частоте дискретизации, не отвечающей теореме отсчетов.

7. Дискретизация аналоговых сигналов с неограниченным по частоте

спектром.

8. Явление наложения сигналов.
9. Квантование сигналов по уровню.
10. Способы квантования.
11. Погрешность квантования.
12. Шум квантования и методы его оценки.
13. Расчет шума квантования АЦП на выходе цифрового фильтра.
14. Цифровое кодирование сигнала.
15. Целочисленное кодирование цифрового сигнала.
16. Дробное кодирование цифрового сигнала.
17. Погрешность квантования цифрового сигнала.
18. Разностные уравнения линейных дискретных систем.
19. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры.
20. Дискретная временная свертка.
21. Цифровые фильтры БИХ- и КИХ- типа.
22.  $Z$  – преобразование дискретных сигналов.
23. Свойства  $Z$  – преобразования дискретных сигналов.
24. Проведение синтеза нерекурсивных фильтров методом весовых функций с графической иллюстрацией.
25. Тестовые последовательности дискретных систем.
26. Передаточная функция и частотная характеристика дискретных систем.
27. Оценка шумов квантования с использованием детерминированного метода.
28. Составление передаточной функции и частотной характеристики нерекурсивного фильтра.
29. Представление исходных данных для синтеза цифровых фильтров по заданной частотной характеристике.
30. Проведение синтеза рекурсивных фильтров методом билинейного преобразования.
31. Выполнение простого билинейного преобразования и обобщенного билинейное преобразования.
32. Решение задачи синтеза аналогового ФНЧ – прототипа.
33. Проведение синтеза рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу.
34. Проведение синтеза нерекурсивных фильтров методом весовых функций с графической иллюстрацией,
35. Требования к параметрам весовых функций.
36. Описание весовой функции.

При ответе на вопросы экзамена допускается использование справочными данными, ГОСТами.

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. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме зачета** Учебным планом зачет по дисциплине не предусмотрен.

## **9.3. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы**

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

## **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

Студенты перед началом изучения дисциплины должны быть ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки, которые должны быть опубликованы и размещены на сайте вуза или кафедры.

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.

## Приложение

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

Направление подготовки магистров 09.04.02 Информационные системы и технологии

Направленность (профиль): Информационные технологии радиотехнических систем и комплексов

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

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

**Общая структура системы цифровой обработки аналоговых сигналов. Математические модели дискретных сигналов.**

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

**Оценка шумов квантования с использованием детерминированного метода.**

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

#### **Задача 1.**

**Алгоритм работы цифровой системы  $y(n) = x(n) + b_1 \cdot x(n-1)$ ,  $b_1=2$ .**

**Определить реакцию системы на прямоугольный сигнал вида**

$$x(n) = \begin{cases} 1, & n = 0, 1; \\ 0, & n > 1. \end{cases}$$

**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: д.т.н., профессор

В.Н. Богатиков

Заведующий кафедрой РИС, д.т.н., профессор

С. Ф. Боев