

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по учебной работе  
\_\_\_\_\_ Э.Ю. Майкова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»  
**«Радиотехнические цепи и сигналы»**

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 3

Тверь 202\_

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

Разработчик программы:  
доцент кафедры РИС

Ю.В. Ищишин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РИС  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ г., протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой РИС

В.К. Кемайкин

Согласовано:  
Начальник учебно-методического  
отдела УМУ

Д.А. Барчуков

Начальник отдела  
комплектования  
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

## 1. Цели и задачи дисциплины

**Целью** изучения дисциплины «Радиотехнические цепи и сигналы» является получение студентами базовой теоретической подготовки, позволяющей проводить анализ процессов передачи, приема и обработки сигналов, происходящих в радиотехнических системах, что необходимо для дальнейшего изучения специальных дисциплин.

**Задачами дисциплины** являются:

изучение общих принципов описания радиотехнических сигналов и цепей;  
формирование целостного представления о физических и математических моделях, применяемых для исследования сигналов и цепей, в их единстве и взаимосвязи;

освоение методов расчета параметров сигналов и цепей.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса требуются знания, умения и навыки, полученные в процессе изучения дисциплин «Физика» и «Математика» в средней общеобразовательной школе, учреждениях начального профессионального образования или среднего специального образования.

Приобретенные знания в рамках данной дисциплины помимо их самостоятельного значения являются основой для изучения курсов «Радиоавтоматика», «Схемотехника аналоговых электронных устройств», «Устройства генерирования и формирования сигналов», «Цифровая обработка сигналов» и других дисциплин, профессиональная подготовка по которым предполагает проведение анализа процессов передачи, приема и обработки сигналов, происходящих в радиотехнических системах.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

### 3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

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

ИОПК-1.1. Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.

**Знать:**

31.1 Естественно-научную сущность проблем передачи и обработки сигналов в области радиотехники.

31.2. Физико-математический аппарат, привлекаемый для решения задач передачи и обработки радиотехнических сигналов

**Уметь:**

У1.1 Выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих при передаче и обработке радиосигналов.

У1.2. Применять для решения проблем передачи и обработки радиотехнических сигналов соответствующий физико-математический аппарат.

У1.3. Применять методики расчета и проектирования узлов и устройств радиотехнических систем.

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

**ОПК-2.** *Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения.*

### **Индикаторы компетенции, закреплённые за дисциплиной в ОХОП:**

ИОПК-2.1. Осуществляет поиск и предоставление актуальной информации о состоянии предметной области.

### **Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

#### **Знать:**

32.1. Алгоритмы расчета и проектирования узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием.

32.2. Методики проектирования радиотехнических устройств и систем с использованием средств автоматизации проектирования.

#### **Уметь:**

У2.1. Применять средства автоматизации проектирования узлов и устройств радиотехнических систем.

У2.2 Проводить расчеты и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием.

У2.3. Использовать средства автоматизации проектирования для расчета и проектирования узлов и устройств радиотехнических систем.

## **3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций**

Проведение лекционных, практических, лабораторных занятий. 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
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>6</b>	<b>216</b>
<i>Аудиторные занятия (всего)</i>		<i>105</i>
В том числе:		
Лекции		30
Практические занятия (ПЗ)		45
Лабораторные работы (ЛР)		30
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>		<b>75+36(экз)</b>
В том числе:		
Курсовая работа		16
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены

Другие виды самостоятельной работы: - проработка лекционного материала - подготовка к практическим занятиям - подготовка отчетов лабораторных работ		2 2 9
<b>Промежуточная аттестация (зачет)</b>		<b>10</b>
<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>		<b>36</b>
<b>Текущий контроль успеваемости</b>		<b>36</b>
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		<b>0</b>

## 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. работы	Сам. работа
3 семестр						
1	Введение	8	2	-	-	3+3(экз)
2	Математическое описание аналоговых сигналов	70	8	12	15	15+20(экз)
3	Математическое описание дискретных сигналов	30	5	3	-	9+13(экз)
	<i>Всего часов за 3 семестр</i>	<i>108</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>27+36(экз)</i>
4 семестр						
4	Основы цифровой фильтрации	10	4	2	-	4
5	Математическое описание радиосигналов с различными видами модуляции	21	2	6	5	8
6	Математическое описание нелинейных цепей и методы их анализа	25	7	8	-	10
7	Корреляционный анализ и оптимальная фильтрация	28	2	4	10	12
8	Дискретная обработка аналоговых сигналов	12	-	4	-	8
9	Цифровая фильтрация	12	-	6	-	6
	<i>Всего часов за 4 семестр</i>	<i>108</i>	<i>15</i>	<i>30</i>	<i>15</i>	<i>48</i>
	Всего на дисциплину	216	30	45	30	75+36(экз)

### 5.2. Содержание дисциплины

#### МОДУЛЬ 1 «Введение»

Введение. Классификация сигналов и описание систем передачи информации: Классификация сигналов и основные определения. Физические характеристики

сигналов. Обобщенная структурная схема системы передачи информации. Основные задачи и назначение курса «Радиотехнические цепи и сигналы».

## **МОДУЛЬ 2 «Математическое описание аналоговых сигналов»**

Спектральный анализ детерминированных сигналов с помощью обобщенных рядов Фурье: Модели сигналов и способы их математического описания. Обобщенный ряд Фурье. Погрешность обобщенного представления. Неравенство Бесселя. Равенство Парсеваля. Понятие спектра. Комплексный ряд Фурье и его применение для гармонического анализа.

Применение рядов Фурье и преобразований Фурье для спектрального анализа сигналов: Периодические и непериодические сигналы и их спектры. Спектры некоторых непериодических сигналов и их свойства. Границы применимости и их расширение с помощью дельта-функций. Спектральная плотность периодического сигнала.

Применение преобразований Фурье и Лапласа для описания трансформаций сигналов (Теоремы о спектрах): Обобщение преобразований Фурье-преобразования Лапласа. Изучение функциональной связи между изменениями сигналов во временной области и соответствующими им преобразованиями спектров в частотной области.

Методы анализа прохождения сигналов через линейные электрические цепи: Метод дифференциальных уравнений. Спектральный метод анализа. Операторный метод анализа. Временные методы анализа. Взаимосвязь различных методов анализа. Условия неискаженной передачи сигналов.

## **МОДУЛЬ 3 «Математическое описание дискретных сигналов»**

Математическое описание сигналов с ограниченным спектром. Теорема Котельникова: Представление сообщений выборками. Дискретизация сигналов с ограниченным спектром. Теорема Котельникова. Временное и спектральное представления дискретизированных сигналов. Связь со спектральным анализом. Аналоговые, дискретные, цифровые сигналы и связь между ними.

Дискретные преобразования Фурье (ДПФ) и их свойства: Прямое и обратное дискретные преобразования Фурье (ДПФ). Восстановление аналогового сигнала по коэффициентам ДПФ. Свойства ДПФ. Быстрые преобразования Фурье (БПФ).

Дискретные преобразования Лапласа (ДПЛ) и Z-преобразования: Дискретное преобразование Лапласа (ДПЛ). Прямое и обратное Z-преобразования. Свойства Z-преобразований. Алгоритмы дискретной свертки.

## **МОДУЛЬ 4 «Основы цифровой фильтрации»**

Введение в цифровую фильтрацию: Аналоговые, дискретные и цифровые фильтры. Дифференциальные разностные уравнения. Передаточные функции. Применение Z-преобразований к анализу фильтров.

Рекурсивные и трансверсальные цифровые фильтры. Амплитудно-частотные (АЧХ) и фазочастотные (ФЧХ) характеристики и их свойства. Расчет импульсных характеристик.

Методы синтеза цифровых фильтров (ЦФ): Синтез ЦФ методом обобщенного билинейного Z-преобразования. Синтез ЦФ методом инвариантности импульсной характеристики (ИИХ).

## **МОДУЛЬ 5 «Математическое описание радиосигналов с различными видами модуляции»**

Радиосигналы с амплитудной и амплитудноимпульсной модуляциями: Основные свойства и особенности анализа радиосигналов. Спектральное, временное и векторное представления амплитудно-модулированных радиосигналов при тональной и сложной модуляции. Амплитудно-импульсно-модулированные сигналы и их спектры.

Радиосигналы с угловой и квадратурной модуляциями. Широкополосные (шумоподобные) сигналы. Особенности анализа радиосигналов с угловой модуляцией. Спектры сигналов при тональной и сложной модуляции. Спектры сигналов со смешанной амплитудной и угловой модуляциями. Квадратурная модуляция.

Анализ прохождения радиосигналов через избирательные цепи. Низкочастотный эквивалент избирательной цепи и его характеристики: Понятие низкочастотного эквивалента избирательной цепи. Его частотные и временные характеристики. Приближенный операторный метод. Метод огибающей. Линейные искажения амплитудно-модулированных сигналов и сигналов с угловой модуляцией при прохождении через избирательные цепи.

Квадратурное представление узкополосных сигналов. Аналитический сигнал и его описание с помощью преобразований Гильберта. Представление радиосигналов в виде узкополосного процесса. Огибающая, частота и фаза узкополосного сигнала. Квадратурное представление узкополосных сигналов. Применение преобразований Гильберта для оценки огибающей, частоты и фазы сигнала. Аналитический сигнал и его свойства.

## **МОДУЛЬ 6 «Математическое описание нелинейных цепей и методы их анализа»**

Основные методы расчета спектра тока на выходе нелинейной электрической цепи: Принципиальные отличия между линейными и нелинейными цепями. Аппроксимация вольтамперных характеристик. Применение полиномиальной и кусочнолинейной аппроксимаций, а также метода отсчетных точек для спектрального анализа колебаний в нелинейных цепях.

Нелинейные резонансные усилители и преобразователи частоты: Нелинейное усиление и области его применения. Резонансные усилители и умножители частоты. Временное и спектральное представления напряжений и токов в нелинейном резонансном усилителе.

Модуляторы амплитудные, угловые и квадратурные. Амплитудная и угловая модуляции. Способы осуществления. Их достоинства и недостатки. Временное и спектральное представления напряжений и токов. Принципы реализации квадратурной модуляции. Векторные диаграммы.

Детектирование сигналов с амплитудной, угловой и квадратурной модуляциями. Детектирование амплитудно-модулированных колебаний в нелинейных цепях. Линейный, квадратичный и синхронный детекторы. Детектирование колебаний с угловой и квадратурной модуляциями.

Автогенераторы гармонических колебаний: Определение автоколебательной системы. Обобщенная схема автогенератора. Механизм возникновения и установления колебаний в автогенераторе. Дифференциальное уравнение автогенератора, условие самовозбуждения. Стационарный режим автогенератора,

баланс фаз и баланс амплитуд. Мягкий и жесткий режимы самовозбуждений. Схемы автогенераторов. RC-генераторы синусоидальных колебаний.

### **МОДУЛЬ 7 «Корреляционный анализ и оптимальная фильтрация»**

Корреляционный анализ детерминированных сигналов: Автокорреляционная и взаимно-корреляционная функции сигналов. Преобразование Фурье для корреляционных функций. Энергетический спектр. Корреляционные функции типовых радиотехнических сигналов.

Оптимальная линейная фильтрация: Принципы оптимальной линейной фильтрации сигнала на фоне помех. Передаточная функция и импульсная характеристика согласованного фильтра.

### **МОДУЛЬ 8 «Дискретная обработка аналоговых сигналов»**

Дискретные преобразования Фурье (ДПФ) и их свойства. Прямое и обратное дискретные преобразования Фурье (ДПФ). Восстановление аналогового сигнала по коэффициентам ДПФ. Свойства ДПФ. Быстрые преобразования Фурье (БПФ).

Дискретные преобразования Лапласа (ДПЛ) и z- преобразования. Дискретное преобразование Лапласа (ДПЛ). Прямое и обратное Z - преобразования. Свойства Z - преобразований. Алгоритмы дискретной свертки.

### **МОДУЛЬ 9 «Цифровая фильтрация»**

Рекурсивные и трансверсальные цифровые фильтры. Амплитудно-частотные (АЧХ) и фазочастотные (ФЧХ) характеристики и их свойства. Расчет импульсных характеристик.

Методы синтеза цифровых фильтров (ЦФ): Синтез ЦФ методом обобщенного билинейного Z-преобразования. Синтез ЦФ методом инвариантности импульсной характеристики (ИИХ).

## **5.3. Лабораторные работы**

Таблица 3. Лабораторные работы и их трудоемкость

<b>Порядковый номер модуля. Цели лабораторных работ</b>	<b>Наименование лабораторных работ</b>	<b>Трудоемкость в часах</b>
<b>3 семестр</b>		
Модуль 2. Цель: получить первичные навыки в проведении анализа сигналов	Практика аппаратурного анализа сигналов во временной и частотной областях	4
Модуль 2. Цель: получить первичные навыки в исследовании спектров сигналов	Исследование спектров управляющих сигналов	7
Модуль 2. Цель: получить первичные навыки в проведении анализа прохождения сигналов	Прохождение управляющих сигналов через линейные цепи	4
<b>4 семестр</b>		
Модуль 5. Цель: получить первичные навыки в проведении анализа амплитудно-модулированных сигналов	Анализ свойств и характеристик амплитудно-модулированных сигналов	5
Модуль 7. Цель: получить первичные навыки в исследовании типовых функциональных элементов РТЦ	Исследование нелинейного усилителя и умножителя частоты	5
Модуль 7. Цель: получить первичные навыки в исследовании процессов преобразования сигналов в РТЦ	Исследование процесса детектирования амплитудно-модулированных колебаний	5

## 5.4. Практические занятия

Таблица 4. Тематика, форма практических занятий (ПЗ) и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических занятий	Примерная тематика занятий	Трудоемкость в часах
<b>3 семестр</b>		
Модуль 2. Цель: закрепить и углубить знания в рассматриваемых вопросах по радиотехническим цепям и сигналам	Практика применения операторного и временного методов для расчета прохождения сигналов через линейные электрические цепи	2
	Определение временных и спектральных характеристик периодических сигналов	2
	Определение спектральных характеристик непериодических сигналов	2
	Практическое применение теорем о спектрах	2
	Прохождение сигналов через линейные цепи	2
	Частотные и временные характеристики линейных цепей	2
Модуль 3. Цель: закрепить и углубить знания в рассматриваемых вопросах по радиотехническим цепям и сигналам	Дискретизация аналогового сигнала и расчет спектральной плотности дискретной последовательности	3
<b>4 семестр</b>		
Модуль 4. Цель: закрепить и углубить знания в рассматриваемых вопросах по радиотехническим цепям и сигналам	Определение частотных и временных характеристик трансверсальных и рекурсивных цифровых фильтров	2
Модуль 5. Цель: закрепить и углубить знания в рассматриваемых вопросах по радиотехническим цепям и сигналам	Расчет параметров радиосигналов с различными видами модуляции	2
	Расчет прохождения радиосигнала через избирательную цепь	2
	Расчет низкочастотного эквивалента избирательной цепи и его характеристик	2
Модуль 6. Цель: закрепить и углубить знания в рассматриваемых вопросах по радиотехническим цепям и сигналам	Аппроксимация характеристик нелинейных элементов	2
	Расчет спектра тока на выходе нелинейной цепи	2
	Расчет параметров нелинейного усилителя и умножителя частоты	2
	Расчет параметров амплитудного модулятора и детектора амплитудно-модулированных колебаний	2
Модуль 7. Цель: закрепить и углубить знания в рассматриваемых вопросах по радиотехническим цепям и сигналам	Определение автокорреляционных и взаимно-корреляционных функций	2
	Расчет согласованных фильтров	2

<b>Порядковый номер модуля. Цели практических занятий</b>	<b>Примерная тематика занятий</b>	<b>Трудоемкость в часах</b>
Модуль 8. Цель: закрепить и углубить знания в рассматриваемых вопросах по радиотехническим цепям и сигналам	Практика применения ДПФ для спектрального анализа	2
	Расчет спектральных характеристик дискретных сигналов	2
Модуль 9. Цель: закрепить и углубить знания в рассматриваемых вопросах по радиотехническим цепям и сигналам	Синтез цифровых фильтров методом инвариантности импульсной характеристики	2
	Синтез цифровых фильтров методом билинейного z-преобразования	2
	Синтез цифровых фильтров Баттерворта и Чебышева	2

## **6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль их успеваемости**

### **6.1. Цели самостоятельной работы**

Формирование способностей в части выполнения поиска актуальной информации о состоянии рассматриваемой предметной области, ее критического анализа и обобщения в интересах решения поставленной задачи; применения системного подхода, использования знаний физики и математики при решении поставленной задачи.

### **6.2. Организация и содержание самостоятельной работы**

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, в выполнении курсовой работы и подготовке к экзамену и зачету.

После вводных лекций, в которых обозначается содержание дисциплины, ее проблематика и практическая значимость, студентам выдаются задания на лабораторные работы. В рамках дисциплины выполняется 6 лабораторных работ, которые защищаются устным опросом. Выполнение всех лабораторных работ обязательно. В случае невыполнения лабораторной работы по уважительной причине студент должен выполнить ее в часы, отведенные на консультирование с преподавателем.

В рамках дисциплины выполняется 22 практических работы, которые защищаются устным опросом. Выполнение всех практических работ обязательно. В случае невыполнения практической работы по уважительной причине студент должен выполнить ее в часы, отведенные на консультирование с преподавателем.

В четвертом семестре выдается задание на курсовую работу. Курсовая работа выполняется в соответствии с методическими указаниями по выполнению курсовой работы, разработанными на кафедре.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература по дисциплине

1. Каратаева, Н. А. Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие / Н. А. Каратаева. — Москва : ТУСУР, [б. г.]. — Часть 1 : Теория сигналов и линейные цепи — 2012. — 260 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110416> (дата обращения: 10.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=155465-0)
2. Каратаева, Н.А. Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие. Часть 2 : Дискретная обработка сигналов и цифровая фильтрация / Н.А. Каратаева; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Москва : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - URL: <https://e.lanbook.com/book/110412> . - (ID=145837-0)
3. Нефедов, В.И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов по инженерно-техническим направлениям / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-02408-1. - URL: <https://urait.ru/book/radiotekhnicheskie-цепи-i-signalny-490091> . - (ID=135995-0)

### 7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Каганов, В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс : учебное пособие для вузов по направлению «Радиосвязь» / В.И. Каганов. - 4-е изд. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2020. - 497 с. - (Высшее образование. Магистратура). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-16-012996-9 : 1722 р. 11 к. - (ID=136284-5)
2. Белов, Л.А. Радиоэлектроника. Формирование стабильных частот и сигналов : учебник для вузов / Л.А. Белов. - 3-е изд. ; доп. и перераб. - Москва : Юрайт, 2023. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 03.04.2023. - ISBN 978-5-534-14694-3. - URL: <https://urait.ru/book/radioelektronika-formirovanie-stabilnyh-chastot-i-signalov-515389> . - (ID=154263-0)
3. Богомоллов, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебно-методическое пособие / С. И. Богомоллов. — Москва : ТУСУР, 2012. — 25 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10876> (дата обращения: 10.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=155466-0)
4. Краковский, В. А. Радиотехнические цепи и сигналы (РЦиС). Курс лекций : учебное пособие / В. А. Краковский, Д. С. Брагин. — Москва : ТУСУР, 2018 — Часть 1 — 2018. — 132 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/313883> (дата обращения: 10.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=155467-0)

5. Козлов, В. А. Радиотехнические цепи и сигналы : учебно-методическое пособие / В. А. Козлов, Д. В. Шахтурин. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2020. — 112 с. — ISBN 978-5-7579-2444-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/264875> (дата обращения: 10.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=155468-0)

### 7.3. Методические материалы

1. Учебно-методический комплекс дисциплины обязательной части Блока 1 "Радиотехнические цепи и сигналы". Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиотехнические системы и комплексы. Направленность (профиль) – Радиолокационные системы и комплексы : ФГОС 3++ / Каф. Радиотехнические и информационные системы ; сост. Ю.В. Ищишин. - Тверь, 2022. - (УМК). - Текст : электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/155464> . - (ID=155464-0)

### 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/155464>

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

Для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, самостоятельной работы обучающихся, текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 20, оборудованная доской, и стандартной учебной мебелью. Для обеспечения наглядности лекционных и практических занятий аудитория оснащена проекционным оборудованием, в наличии имеются презентационные мультимедийные курсы, разработанные преподавателями кафедры РИС и внешними разработчиками.

Для проведения лабораторных работ имеется специализированная лаборатория со следующим оборудованием:

- комплект стандартной учебной мебели;
- доска магнитно-маркерная;
- рабочее место преподавателя;
- лабораторный стенд «Основы радиотехники»;
- 14 ПЭВМ на базе процессоров Intel Core i5 с программным обеспечением:

## **9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

### **9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена**

1. 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 – 15. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (2 вопроса категории «знать» и 1 вопрос категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 60 минут.

2. Шкала оценивания – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки:

для вопросов категории «знать»:

выше базового – 2 балла;

базовый – 1 балл;

ниже базового – 0 баллов;

для вопросов категории «уметь»:

наличие умения – 2 балла;

отсутствие умения – 0 баллов;

для 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 или 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен, включающий решение задач с использованием ЭВМ.

5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене (вопросы).

1. Классификация сигналов и основные определения.
2. Физические характеристики сигналов.
3. Обобщенная структурная схема системы передачи информации.
4. Спектральный анализ детерминированных сигналов с помощью обобщенных рядов Фурье.
5. Модели сигналов и способы их математического описания.
6. Обобщенный ряд Фурье.
7. Погрешность обобщенного представления.
8. Неравенство Бесселя. Равенство Парсеваля. Понятие спектра.
9. Комплексный ряд Фурье и его применение для гармонического анализа.
10. Применение рядов и преобразований Фурье для спектрального анализа периодических сигналов. Спектральная плотность периодического сигнала.
11. Спектры типовых периодических и непериодических сигналов. Их свойства.
12. Применение преобразований Фурье и Лапласа для описания трансформаций сигналов (теорема о спектрах).
13. Функциональные связи между изменениями сигналов во временной области и соответствующие им преобразования спектров в частотной области.
14. Методы анализа прохождения сигналов через линейные электрические цепи. Метод дифференциальных уравнений.
15. Методы анализа прохождения сигналов через линейные электрические цепи. Спектральный метод анализа.
16. Методы анализа прохождения сигналов через линейные электрические цепи. Операторный метод анализа.
17. Методы анализа прохождения сигналов через линейные электрические цепи. Временные методы анализа.
18. Методы анализа прохождения сигналов через линейные электрические цепи. Взаимосвязь различных методов анализа.
19. Методы анализа прохождения сигналов через линейные электрические цепи. Условия неискаженной передачи сигналов.
20. Теорема Котельникова. Представление сообщений выборками.
21. Теорема Котельникова. Дискретизация сигналов с ограниченным спектром.
22. Теорема Котельникова. Временное и спектральное представления дискретизированных сигналов. Связь со спектральным анализом.
23. Аналоговые, дискретные, цифровые сигналы и связь между ними.
24. Свойства дискретных преобразований Фурье. Прямое и обратное дискретные преобразования Фурье.

25. Свойства дискретных преобразований Фурье. Быстрые преобразования Фурье .
26. Восстановление аналогового сигнала по коэффициентам дискретного преобразования Фурье.
27. Дискретное преобразование Лапласа (ДПЛ).
28. Прямое и обратное Z-преобразования.
29. Свойства Z- преобразований.
30. Алгоритмы дискретной свертки.

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса и программным обеспечением, необходимым для решения поставленных задач, 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 и решенных задач 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**

1. Вид промежуточной аттестации в форме зачета устанавливается преподавателем:

по результатам текущего контроля знаний и умений обучающегося без дополнительного контрольного испытания;

по результатам выполнения дополнительного контрольного испытания при наличии у студентов задолженностей по текущему контролю.

2. При промежуточной аттестации без выполнения дополнительного контрольного испытания «зачтено» выставляется обучающемуся при условии выполнения им всех контрольных мероприятий: посещение лекций в объеме не менее 80% контактной работы с преподавателем, выполнения и защиты лабораторных работ.

При промежуточной аттестации с выполнением заданий дополнительного контрольного испытания студенту выдается билет с вопросами и задачами. Число заданий для дополнительного контрольного испытания – 15. Число вопросов – 3 (2 вопроса для категории «знать» и 1 вопрос для категории «уметь»). Форма выполнения – письменная. Продолжительность выполнения – 60 минут.

3. Шкала оценивания – «зачтено», «не зачтено».

4. Критерии оценки:

для вопросов категории «знать» бинарный критерий:

ниже базового уровня – 0 баллов;

базовый уровень – 1 балл;

для вопросов категории «уметь» бинарный критерий:

отсутствие умения – 0 баллов;

наличие умения – 1 балл.

для итоговой оценки за зачет:

«зачтено» – при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» – при сумме баллов 0 или 1.

5. Для подготовки к дополнительному контрольному испытанию студенту в обязательном порядке предоставляются:

база заданий, предназначенных для предъявления на дополнительном итоговом контрольном испытании (типовой образец задания приведен в Приложении);

методические материалы, определяющие процедуру проведения дополнительного контрольного испытания и проставления зачёта.

6. База заданий, предъявляемая обучающимся на зачете (вопросы).

1. Понятие цифровой фильтрации. Аналоговые, дискретные и цифровые фильтры. Применение  $Z$ -преобразований к анализу фильтров.
2. Понятие цифровой фильтрации. Дифференциальные разностные уравнения. Передаточные функции.
3. Рекурсивные и трансверсальные цифровые фильтры.
4. Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики и их свойства. Расчет импульсных характеристик.
5. Методы синтеза цифровых фильтров (ЦФ). Синтез ЦФ методом обобщенного билинейного  $Z$ -преобразования.
6. Методы синтеза цифровых фильтров (ЦФ). Синтез ЦФ методом инвариантности импульсной характеристики.
7. Радиосигналы с амплитудной и амплитудно-импульсной модуляциями: Основные свойства и особенности анализа радиосигналов.
8. Спектральное, временное и векторное представления амплитудно-модулированных радиосигналов при тональной и сложной модуляции. Амплитудно-импульсно-модулированные сигналы и их спектры.
9. Радиосигналы с угловой и квадратурной модуляциями. Широкополосные (шумоподобные) сигналы. Особенности анализа радиосигналов с угловой модуляцией.
10. Спектры сигналов при тональной и сложной модуляции. Спектры сигналов со смешанной амплитудной и угловой модуляциями. Квадратурная модуляция.
11. Анализ прохождения радиосигналов через избирательные цепи. Низкочастотный эквивалент избирательной цепи и его характеристики: Понятие низкочастотного эквивалента избирательной цепи. Его частотные и временные характеристики.
12. Приближенный операторный метод. Метод огибающей. Линейные искажения амплитудно-модулированных сигналов и сигналов с угловой модуляцией при прохождении через избирательные цепи.
13. Квадратурное представление узкополосных сигналов. Аналитический сигнал и его описание с помощью преобразований Гильберта.

14. Представление радиосигналов в виде узкополосного процесса. Огибающая, частота и фаза узкополосного сигнала. Квадратурное представление узкополосных сигналов.
15. Применение преобразований Гильберта для оценки огибающей, частоты и фазы сигнала. Аналитический сигнал и его свойства.
16. Основные методы расчета спектра тока на выходе нелинейной электрической цепи: Принципиальные отличия между линейными и нелинейными цепями
17. Аппроксимация вольтамперных характеристик. Применение полиномиальной и кусочно-линейной аппроксимаций, а также метода отсчетных точек для спектрального анализа колебаний в нелинейных цепях.
18. Нелинейные резонансные усилители и преобразователи частоты: Нелинейное усиление и области его применения.
19. Резонансные усилители и умножители частоты. Временное и спектральное представления напряжений и токов в нелинейном резонансном усилителе.
20. Модуляторы амплитудные, угловые и квадратурные. Амплитудная и угловая модуляции. Способы осуществления. Их достоинства и недостатки.
21. Временное и спектральное представления напряжений и токов. Принципы реализации квадратурной модуляции. Векторные диаграммы.
22. Детектирование сигналов с амплитудной, угловой и квадратурной модуляциями. Детектирование амплитудно-модулированных колебаний в нелинейных цепях.
23. Линейный, квадратичный и синхронный детекторы. Детектирование колебаний с угловой и квадратурной модуляциями.
24. Определение автоколебательной системы. Механизм возникновения и установления колебаний в автогенераторе. Дифференциальное уравнение автогенератора, условие самовозбуждения.
25. Стационарный режим автогенератора, баланс фаз и баланс амплитуд. Мягкий и жесткий режимы самовозбуждений. Схемы автогенераторов. RC-генераторы синусоидальных колебаний.
26. Автокорреляционная и взаимно-корреляционная функции сигналов. Преобразование Фурье для корреляционных функций.
27. Энергетический спектр. Корреляционные функции типовых радиотехнических сигналов.
28. Понятие оптимальной линейной фильтрации. Принципы оптимальной линейной фильтрации сигнала на фоне помех.
29. Понятие оптимальной линейной фильтрации. Передаточная функция и импульсная характеристика согласованного фильтра.
30. Дискретные преобразования Фурье и их свойства.
31. Прямое и обратное дискретные преобразования Фурье.
32. Восстановление аналогового сигнала по коэффициентам дискретного преобразования Фурье.

33. Свойства дискретного преобразования Фурье. Быстрые преобразования Фурье.
34. Дискретное преобразование Лапласа. Прямое и обратное Z-преобразования.
35. Свойства Z-преобразований. Алгоритмы дискретной свертки.
36. Рекурсивные и трансверсальные цифровые фильтры. Их свойства.
37. Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики цифровых фильтров.
38. Расчет импульсных характеристик цифровых фильтров.
39. Методы синтеза цифровых фильтров. Синтез цифровых фильтров методом обобщенного билинейного Z-преобразования.
40. Методы синтеза цифровых фильтров. Синтез цифровых фильтров методом инвариантности импульсной характеристики.

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса и программным обеспечением, необходимым для решения поставленных задач, не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов вопросы задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках задания, выданного студенту.

### **9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсовой работы**

Тема курсовой работы: «Дискретная обработка сигналов и цифровая фильтрация».

1. Шкала оценивания курсовой работы (проекта) – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».
2. Критерии итоговой оценки за курсовую работу.
  - «отлично» – при сумме баллов за разделы работы от 22 до 24;
  - «хорошо» – при сумме баллов за разделы работы от 17 до 21;
  - «удовлетворительно» – при сумме баллов за разделы работы от 12 до 16;
  - «неудовлетворительно» – при сумме баллов за разделы работы менее 12, а также при любой другой сумме, если раздел «Специальная часть» оценен в 0 баллов.

Таблица 5. Система оценки разделов курсовой работы

№ раздела	Наименование раздела	Баллы по шкале уровня
	Термины и определения	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
	Введение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
1	Общая часть (обзор литературы по выбранной	Выше базового – 6

	теме курсовой работы)	Базовый – 3 Ниже базового – 0
2	Специальная часть	Выше базового – 10 Базовый – 6 Ниже базового – 0
	Заключение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
	Список использованных источников	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0

4. В процессе выполнения курсовой работы руководитель осуществляет систематическое консультирование.

5. Дополнительные процедурные сведения:

– студенты выбирают тему для курсовой работы самостоятельно из предложенного списка и согласовывают свой выбор с преподавателем в течение двух первых недель обучения;

– проверку и оценку курсовой работы осуществляет руководитель, который доводит до сведения обучающего достоинства и недостатки курсовой работы и ее оценку; оценка проставляется в зачетную книжку обучающегося и ведомость для курсовой работы;

– защита курсовой работы перед комиссией, назначенной заведующим кафедрой, проводится в форме устного доклада и презентации на 5-7 минут с последующим ответом на поставленные вопросы (защита проводится, если обучающийся не согласен с оценкой руководителя);

– курсовые работы не подлежат обязательному внешнему рецензированию;

– курсовые работы хранятся на кафедре в течение трех лет.

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

Перед началом непосредственного изучения дисциплины студенты должны быть ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки.

Обучаемые обеспечиваются доступом к электронным изданиям и к учебно-методическому комплексу по дисциплине (включая методические указания к выполнению практических, лабораторных, курсовых работ, а также всех видов самостоятельной работы).

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

## **11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины**

Протоколами заседаний кафедры ежегодно обновляется содержание рабочих программ дисциплин, по форме, утвержденной «Положением о рабочих программах дисциплин».

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 «Радиотехнические цепи и сигналы»

Семестр 3

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

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

Классификация сигналов и основные определения

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

Представить график сигнала, состоящего из трёх сигнальных составляющих;

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

Представить связь между прямым и обратным дискретным преобразованием  
Фурье.

**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 или 1 или 2 балла.

Составитель: проф. кафедры РИС \_\_\_\_\_ Ю.В. Ищишин

Заведующий кафедрой РИС \_\_\_\_\_ С.Ф. Боев

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 «Радиотехнические цепи и сигналы»

Семестр 4

### ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ № 1

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

Приближенный операторный метод.

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

Алгоритм расчета импульсных характеристик цифровых фильтров.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 1 балл:

Объясните, что будет если обрезать боковые лепестки и попытаться восстановить сигнал с использованием ДПФ?

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: проф. кафедры РИС \_\_\_\_\_ Ю.В. Ищишин

Заведующий кафедрой РИС \_\_\_\_\_ С.Ф. Боев