МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Микроволновая техника и антенны**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)**
Курс: **2**
Семестр: **3, 4**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	3 семестр	4 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	36	часов
Практические занятия	18	18	36	часов
Лабораторные занятия	12	12	24	часов
Самостоятельная работа	24	60	84	часов
Подготовка и сдача экзамена		36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	72	144	216	часов
	2	4	6	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	3
Экзамен	4

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 73680

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. 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; понимание принципов работы основных функциональных узлов радиоаппаратуры. В результате изучения настоящей дисциплины у студентов должны сформироваться знания, умения и навыки, позволяющие проводить самостоятельный анализ процессов передачи, приема и обработки сигналов, происходящих в системах связи. Приобретенные студентами знания и навыки необходимы как для грамотной эксплуатации существующей аппаратуры, так и для разработки и проектирования перспективной. Студенты также должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие подготовку для усвоения последующих дисципли.

1.2. Задачи дисциплины

1. Освоение студентами современных методов анализа детерминированных и случайных сигналов, методов анализа радиотехнических цепей: аналоговых, дискретных и цифровых. Изучение дисциплины «Радиотехнические цепи и сигналы» способствует формированию у студентов общекультурных и профессиональных компетенций соответствующих ОПОП.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills - SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.04.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		

Согласована на портале № 73680

ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики	Знает математические модели аналоговых и цифровых сигналов, используемых в телекоммуникационных системах, понимает основные преобразования в математических моделях и физических процессах, выполняемых при формировании и обработке сигналов
	ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области	Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области формирования и обработки сигналов, используемых в телекоммуникационных системах, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области
	ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач	Владеет практическими навыками решения задач, связанными с расчетом основных характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей
Профессиональные компетенции		
-	-	-

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		3 семестр	4 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	96	48	48
Лекционные занятия	36	18	18
Практические занятия	36	18	18
Лабораторные занятия	24	12	12
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	84	24	60
Подготовка к зачету	7	7	
Подготовка к тестированию	9	5	4
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	24	12	12
Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	4		4
Выполнение индивидуального задания	20		20
Написание отчета по индивидуальному заданию	20		20
Подготовка и сдача экзамена	36		36
Общая трудоемкость (в часах)	216	72	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	6	2	4

Согласована на портале № 73680

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Введение	2	-	-	2	4	ОПК-1
2 Математическое описание аналоговых сигналов	10	12	12	18	52	ОПК-1
3 Математическое описание дискретных сигналов	6	6	-	4	16	ОПК-1
Итого за семестр	18	18	12	24	72	
4 семестр						
4 Основы цифровой фильтрации	6	6	-	45	57	ОПК-1
5 Математическое описание радиосигналов с различными видами модуляции	2	4	4	5	15	ОПК-1
6 Математическое описание нелинейных цепей и методы их анализа	10	8	8	10	36	ОПК-1
Итого за семестр	18	18	12	60	108	
Итого	36	36	24	84	180	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
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 РТЦиС	2	ОПК-1
	Итого	2	

Согласована на портале № 73680

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. Понятие спектра. Комплексный ряд Фурье и его применение для гармонического анализа.	2	ОПК-1
	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.	4	ОПК-1
	Применение преобразований Фурье и Лапласа для описания трансформаций сигналов (Теоремы о спектрах): Обобщение преобразований Фурье и преобразования Лапласа. Изучение функциональной связи между изменениями сигналов во временной области и соответствующими им преобразованиями спектров в частотной области.	2	ОПК-1
	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.	2	ОПК-1
	Итого	10	

Согласована на портале № 73680

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.	2	ОПК-1
	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).	2	ОПК-1
	Дискретные преобразования Лапласа (ДПЛ) и z-преобразования: Дискретное преобразование Лапласа (ДПЛ). Прямое и обратное Z - преобразования. Свойства Z – преобразований. Алгоритмы дискретной свертки.	2	ОПК-1
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
4 семестр			
4 Основы цифровой фильтрации	Введение в цифровую фильтрацию: Аналоговые, дискретные и цифровые фильтры. Дифференциальные разностные уравнения. Передаточные функции. Применение Z-преобразований к анализу фильтров.	2	ОПК-1
	Трансверсальные и рекурсивные цифровые фильтры: Рекурсивные и трансверсальные цифровые фильтры. Амплитудно–частотные (АЧХ) и фазочастотные (ФЧХ) характеристики и их свойства. Расчет импульсных характеристик.	2	ОПК-1
	Методы синтеза цифровых фильтров (ЦФ): Синтез ЦФ методом обобщенного билинейного Z-преобразования. Синтез ЦФ методом инвариантности импульсной характеристики (ИИХ).	2	ОПК-1
	Итого	6	

Согласована на портале № 73680

5 Математическое описание радиосигналов с различными видами модуляции	Радиосигналы с амплитудной и амплитудно-импульсной 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. Спектры сигналов при тональной и сложной модуляции. Квадратурная модуляция.	2	ОПК-1
	Итого	2	

Согласована на портале № 73680

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 полиноминальной и кусочно-линейной аппроксимаций, а также метода отсчет-ных точек для спектрального анализа колебаний в нелинейных цепях	2	ОПК-1
	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	2	ОПК-1
	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	2	ОПК-1
	Детектирование сигналов с амплитудной, угловой и квадратурной модуляциями: Детектирование амплитудно-модулированных коле-баний в нелинейных цепях. Линейный, квадратичный и синхронный детекторы. Детектирование колебаний с угловой и квадратурной модуляциями	2	ОПК-1
	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.	2	ОПК-1
	Итого	10	
Итого за семестр		18	
Итого		36	

5.3. Практические занятия (семинары)

Согласована на портале № 73680

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
2 Математическое описание аналоговых сигналов	Определение временных и спектральных характеристик периодических сигналов	2	ОПК-1
	Определение спектральных характеристик непериодических сигналов	2	ОПК-1
	Практическое применение теорем о спектрах	2	ОПК-1
	Практика применения операторного и временного методов для расчета прохождения сигналов через линейные электрические цепи	2	ОПК-1
	Прохождение сигналов через линейные цепи	2	ОПК-1
	Частотные и временные характеристики линейных цепей	2	ОПК-1
	Итого	12	
3 Математическое описание дискретных сигналов	Дискретизация аналогового сигнала и расчет спектральной плотности дискретной последовательности	2	ОПК-1
	Практика применения ДПФ для спектрального анализа	4	ОПК-1
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
4 семестр			
4 Основы цифровой фильтрации	Определение частотных и временных характеристик трансверсальных и рекурсивных цифровых фильтров	2	ОПК-1
	Синтез цифровых фильтров методом инвариантности импульсной характеристики	2	ОПК-1
	Синтез цифровых фильтров методом билинейного z-преобразования	2	ОПК-1
	Итого	6	
5 Математическое описание радиосигналов с различными видами модуляции	Расчет параметров радиосигналов с различными видами модуляции	2	ОПК-1
	Расчет низкочастотного эквивалента избирательной цепи и его характеристик	2	ОПК-1
	Итого	4	

Согласована на портале № 73680

6 Математическое описание нелинейных цепей и методы их анализа	Аппроксимация характеристик нелинейных элементов	2	ОПК-1
	Расчет спектра тока на выходе нелинейной цепи	2	ОПК-1
	Расчет параметров нелинейного усилителя и умножителя частоты	2	ОПК-1
	Расчет параметров амплитудного модулятора и детектора АМ-колебаний	2	ОПК-1
	Итого	8	
Итого за семестр		18	
Итого		36	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
2 Математическое описание аналоговых сигналов	Практика аппаратурного анализа сигналов во временной и частотной областях	4	ОПК-1
	Исследование спектров управляющих сигналов	4	ОПК-1
	Прохождение управляющих сигналов через линейные цепи	4	ОПК-1
	Итого	12	
Итого за семестр		12	
4 семестр			
5 Математическое описание радиосигналов с различными видами модуляции	Амплитудно-модулированные сигналы	4	ОПК-1
	Итого	4	
6 Математическое описание нелинейных цепей и методы их анализа	Исследование нелинейного усилителя и умножителя частоты	4	ОПК-1
	Исследование детектирования амплитудно-модулированных колебаний	4	ОПК-1
	Итого	8	
Итого за семестр		12	
Итого		24	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Согласована на портале № 73680

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Введение	Подготовка к зачету	1	ОПК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1	Тестирование
	Итого	2		
2 Математическое описание аналоговых сигналов	Подготовка к зачету	4	ОПК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	12	ОПК-1	Лабораторная работа
	Итого	18		
3 Математическое описание дискретных сигналов	Подготовка к зачету	2	ОПК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1	Тестирование
	Итого	4		
Итого за семестр		24		
4 семестр				
4 Основы цифровой фильтрации	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	4	ОПК-1	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Выполнение индивидуального задания	20	ОПК-1	Индивидуальное задание
	Написание отчета по индивидуальному заданию	20	ОПК-1	Отчет по индивидуальному заданию
	Итого	45		
5 Математическое описание радиосигналов с различными видами модуляции	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ОПК-1	Лабораторная работа
	Итого	5		
6 Математическое описание нелинейных цепей и методы их анализа	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	ОПК-1	Лабораторная работа
	Итого	10		
Итого за семестр		60		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен

Согласована на портале № 73680

Итого	120	

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	+	Зачёт, Защита отчета по индивидуальному заданию, Индивидуальное задание, Лабораторная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Зачёт	5	15	10	30
Лабораторная работа	0	20	20	40
Тестирование	10	10	10	30
Итого максимум за период	15	45	40	100
Нарастающим итогом	15	60	100	100
4 семестр				
Защита отчета по индивидуальному заданию	0	0	15	15
Индивидуальное задание	0	5	5	10
Отчет по индивидуальному заданию	0	0	10	10
Лабораторная работа	0	10	10	20
Тестирование	5	5	5	15
Экзамен				30
Итого максимум за период	5	20	45	100
Нарастающим итогом	5	25	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4

Согласована на портале № 73680

От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Радиотехнические цепи и сигналы: Курс лекций / В. А. Краковский, Д. С. Брагин - 2018. 132 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7162.

2. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть 1 Теория сигналов и линейные цепи: Учебное пособие / Н. А. Каратаева - 2012. 261 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2798.

3. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть 2 Дискретная обработка сигналов и цифровая фильтрация: Учебное пособие / Н. А. Каратаева - 2012. 257 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2799.

7.2. Дополнительная литература

1. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов / С. И. Баскаков. - 4-е изд. перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2003. - 462, [2] с. : ил. - ISBN 5-06-003843-2 (наличие в библиотеке ТУСУР - 62 экз.).

2. Спектры и анализ: Учебное пособие / С. А. Татаринов, В. Н. Татаринов - 2012. 323 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1490.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть 1 Теория сигналов и линейные цепи: Учебно-методическое пособие / Н. А. Каратаева, П. С. Киселев - 2012. 34 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2790.

2. Радиотехнические цепи и сигналы. Ч. 2 Нелинейная радиотехника: Учебное методическое пособие / В. Л. Каминский, Л. И. Тельпуховская - 2012. 27 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2791.

3. Радиотехнические цепи и сигналы: Методические указания по организации самостоятельной работы / С. И. Богомолов - 2012. 25 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1638.

4. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть 1: Лабораторный практикум по курсу «Радиотехнические цепи и сигналы». Теория сигналов. / Н. А. Каратаева, С. И. Богомолов - 2013. 36 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3417.

Согласована на портале № 73680

5. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть 2: Лабораторный практикум по курсу «Радиотехнические цепи и сигналы». Нелинейные цепи. / С. И. Богомолов, В. Л. Каминский - 2013. 29 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3418.

6. Радиотехнические цепи и сигналы. Дискретная обработка сигналов и цифровая фильтрация: Методические указания по выполнению курсовой работы / Н. А. Каратаева - 2012. 70 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2792.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 306 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория "Радиотехнические цепи и сигналы": учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 314а ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Согласована на портале № 73680

- Конвертор AC-DC MC5BB ИРБИС - 8 шт.;
- USB Осциллограф-генератор PCSGU250 - 8 шт.;
- Осциллограф Keysight - 8 шт.;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows 8.1 и ниже;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Velleman PcLab2000LT;
- WinDjView;

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Согласована на портале № 73680

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение	ОПК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Математическое описание аналоговых сигналов	ОПК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Математическое описание дискретных сигналов	ОПК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Основы цифровой фильтрации	ОПК-1	Защита отчета по индивидуальному заданию	Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Отчет по индивидуальному заданию	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Математическое описание радиосигналов с различными видами модуляции	ОПК-1	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Математическое описание нелинейных цепей и методы их анализа	ОПК-1	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Согласована на портале № 73680

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

Согласована на портале № 73680

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какой вид имеет спектральная диаграмма периодического сигнала?
   а) Непрерывный
   б) Экспоненциальный
   в) Дискретный
   г) Гармонический
2. Как отразится на спектре периодического сигнала изменение начала отсчета времени?
   а) Изменится спектр амплитуд
   б) Изменится спектр фаз
   в) Изменятся спектры амплитуд и фаз
3. На какой частоте расположена первая составляющая спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов длительностью 100 мкс, скважностью 5?
   а) 10 кГц
   б) 2 кГц
   в) 5 кГц
   г) 2 МГц
4. При прохождении периодического сигнала через линейную цепь НЕ изменяются?
   а) Амплитуды гармоник
   б) Фазы гармоник
   в) Частоты гармоник
   г) Форма сигнала
5. При амплитудной модуляции изменяется?
   а) Частота несущего колебания
   б) Фаза несущего колебания
   в) Амплитуда несущего колебания
   г) Форма сигнала
6. Ширина спектра амплитудно-модулированного сигнала равна?
   а) Частоте несущего колебания
   б) Частоте модулирующего колебания
   в) Удвоенному значению частоты несущего колебания
   г) Удвоенному значению частоты модулирующего колебания
7. Спектр дискретизированного сигнала можно рассчитать?
   а) С помощью коэффициентов ряда Фурье
   б) С помощью интеграла Фурье
   в) С помощью дискретного преобразования Фурье
8. Как изменяется спектральная плотность непериодического сигнала при уменьшении его длительности?
   а) Не изменяется
   б) Увеличивается модуль спектральной плотности
   в) Уменьшается модуль спектральной плотности и увеличивается ширина спектра
9. Какой вид апроксимации необходимо использовать для расчета спектра тока НЭ при больших амплитудах воздействующего сигнала?
   а) Полиноминальную
   б) Экспоненциальную
   в) Кусочно-линейную
10. Какую форму имеет ток НЭ при больших амплитудах воздействия и кусочно-линейной апроксимации?
    а) Прямоугольные импульсы
    б) Синусоидальные колебания
    в) Экспонента
    г) Косинусоидальные импульсы
11. На НЭ с квадратичной вольтамперной характеристикой i=a0+a1+a2U2 воздействует сигнал
    U(t)=UM1cosω1t+ UM2cosω2t. Спектр тока будет иметь частоты:
    а) ω1 и ω2
    б) 2ω1 и 2ω2

Согласована на портале № 73680

в) ω1; ω2; 2ω1;2ω2; ω1+ ω2; ω1- ω2

12. Модуляционная характеристика это зависимость
    а) IM1=f(U0)
    б) IM1=f(UM)
    в) IM1=f(ω)
13. Какие гармоники при угле отсечки тока НЭ равном 900 обращаются в ноль?
    а) Четные
    б) Постоянная составляющая
    в) Нечетные (кроме первой)
14. Детекторная характеристика это зависимость
    а) I0=f(ω)
    б) I0=f(UM)
    в) I0=f(U0)
15. Спектральная характеристика сигнала рассчитывается с помощью
    а) Интеграл свертки
    б) Преобразования Лапласа
    в) Прямого преобразования Фурье
    г) Закона Кирхгофа
16. Импульсная характеристика цепи это отклик на воздействие
    а) Гармонического сигнала
    б) Прямоугольного импульса
    в) Экспоненты
    г) Дельта функции
17. Переходная характеристика цепи это отклик на воздействие
    а) Треугольного импульса
    б) Единичного скачка
    в) Косинусоидального сигнала
18. Отсчеты сигнала на выходе трансверсального цифрового фильтра зависят от
    а) только от отсчетов выходного сигнала
    б) от отсчетов входного и выходного сигналов
    в) только от отсчетов входного сигнала
19. Отсчеты сигнала на выходе рекурсивного цифрового фильтра зависят от
    а) только от отсчетов входного сигнала
    б) от отсчетов входного и выходного сигналов
    в) только от отсчетов выходного сигнала
20. Фильтр Чебышева это
    а) ФВЧ
    б) ФНЧ
    в) полосовой фильтр

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Модели сигналов и их свойства. Динамическое представление сигналов. Энергетические характеристики сигналов
2. Разложение периодического сигнала по гармоникам. Спектральные характеристики периодического сигнала
3. Гармонический анализ непериодических сигналов. Спектральные характеристики непериодических сигналов
4. Теоремы о спектрах (сложение сигналов, изменение масштаба, сдвиг сигналов во времени, дифференцирование, интегрирование, произведение сигналов)
5. Свертывание двух сигналов. Корреляционные функции двух сигналов
6. Преобразование Лапласа. Обратное преобразование Лапласа
7. Свойства преобразования Лапласа (сложение сигналов, изменение масштаба, сдвиг сигналов во времени, дифференцирование, интегрирование, произведение сигналов)
8. Математические модели линейной электрической цепи. Передаточная, импульсная, переходная характеристика цепи.
9. Прохождение периодических сигналов через цепи (метод комплексных амплитуд)

Согласована на портале № 73680

Прохождение непериодических сигналов через цепи (операторный метод)
10. Операторный метод определения установившейся реакции цепи на включение периодического сигнала
11. Временные методы анализа (интегралы Дюамеля)
12. АМ колебания. Тональная модуляция гармонической несущей
13. Энергетические характеристики АМ колебаний. Балансная амплитудная модуляция
14. Угловая модуляция. Тональная угловая модуляция
15. Спектр сигналов угловой модуляции при малых индексах модуляции
16. Спектр сигналов угловой модуляции при произвольных индексах модуляции
17. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Обобщенная структурная схема системы цифровой обработки сигналов
18. Спектр дискретного сигнала. Влияние формы дискретизирующих импульсов на характеристики дискретного сигнала
19. Разложение сигналов в ряд Котельникова. Доказательство. Основные выводы
20. Прямое и обратное ДПФ. Связь ДПФ и спектра дискретного сигнала
21. Свойства ДПФ
22. Прямое и обратное Z-преобразования. Свойства Z-преобразований
23. Цифровые фильтры. Основные структуры. Характеристики цифровых фильтров
24. Системная функция цифрового фильтра. Устойчивость дискретных систем
25. Синтез цифровых фильтров (метод билинейного Z-преобразования, метод инвариантной импульсной характеристики)
26. Методы расчета отклика на выходе цифровых фильтров
27. Воздействие слабого гармонического сигнала на безинерционный нелинейный элемент
28. Воздействие сильного гармонического сигнала на безинерционный нелинейный элемент
29. Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты гармонических сигналов

9.1.3. Перечень вопросов для зачета

1. Теоремы о спектрах.
2. Расчет коэффициентов комплексного ряда Фурье.
3. Нахождение частотного коэффицента передачи.
4. Расчет спектральной плотности произвольного непериодического сигнала.
5. Нахождение АМ-сигнала, построение временных и частотных диаграмм.
6. Нахождение сигнала на выходе детектора АМ-сигналов, построение временных и частотных диаграмм.
7. Построение блок-схемы цифрового фильтра по заданной системной функции.
8. Нахождение сигнала на выходе цифрового фильтра методами дискретной свертки и Z-преобразования.

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Практика аппаратурного анализа сигналов во временной и частотной областях
2. Исследование спектров управляющих сигналов
3. Прохождение управляющих сигналов через линейные цепи
4. Амплитудно-модулированные сигналы
5. Исследование нелинейного усилителя и умножителя частоты
6. Исследование детектирования амплитудно-модулированных колебаний

9.1.5. Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий

1. Рассчитать спектр произвольного непериодического сигнала.
2. Найти частотный коэффициент передачи произвольного четырехполюсника. Построить АЧХ, ФЧХ.
3. По известной системной функции найти частотный коэффициент передачи цифрового фильтра, построить блок-схему.
4. Найти коэффициенты дискретного преобразования Фурье, используя произвольные отчеты входного сигнала.
5. Найти сигнал на выходе цифрового фильтра методом дискретной свертки.

Согласована на портале № 73680

6. Найти сигнал на выходе цифрового фильтра методом Z-преобразования.

9.1.6. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Дискретизировать заданный сигнал и восстановить аналоговый сигнал, используя ряд Котельникова.
2. Рассчитать спектр дискретной последовательности.
3. Найти Z-преобразования дискретной последовательности.
4. Определить дискретное преобразование Фурье (ДПФ) дискретной последовательности.
5. Восстановить аналоговый сигнал, используя ряд Фурье.
6. Для заданной аналоговой линейной электрической цепи определить передаточную функцию, переходную и импульсную характеристики.
7. Осуществить синтез цифровой цепи методом билинейного Z-преобразования.
8. Произвести синтез цифрового фильтра (ЦФ) с помощью метода инвариантности импульсной характеристики.
9. Произвести синтез ЦФ методом инвариантности частотной характеристики.
10. Найти отклик ЦФ в виде выходной дискретной последовательности на полученную ранее входную дискретную последовательность.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения

Согласована на портале № 73680

С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 73680

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР
протокол № 4 от « 9 » 2 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. ТОР	Е.В. Рогожников	Согласовано, b84f9d06-d731-4645-a26c-4b95ce5bb9b9
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. СВЧиКР	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Заведующий кафедрой, каф. ТОР	Е.В. Рогожников	Согласовано, 89e0aaec-be8a-4f7b-bd1a-f43585db8135

РАЗРАБОТАНО:

Старший преподаватель, каф. ТОР	Д.С. Брагин	Разработано, 7089a338-1c26-46ac-932e-dff575c7cff9

Согласована на портале № 73680