

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.А. Небольсин

«30» августа 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)  
**«Радиотехнические цепи и сигналы»**

Специальность 11.05.01 Радиозлектронные системы и комплексы  
Специализация Радиозлектронные системы передачи информации  
Квалификация выпускника Инженер  
Нормативный период обучения 5,5 лет  
Форма обучения Очная  
Год начала подготовки 2017 г.

Автор программы

 /Останков А.В./

Заведующий кафедрой

 /Мамбеев Б.А./

Руководитель ОПОП

 /Балашов Ю.С./

Воронеж 2017

## 1. Цели освоения дисциплины

1.1	Целью изучения дисциплины является формирование системы фундаментальных понятий, идей и методов в области радиотехнических цепей и сигналов, объединяющей физические представления с математическими моделями основных классов сигналов и устройств для их обработки.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	дать представление о современных методах математического описания сигналов, цепей и их характеристик в сочетании с пониманием соответствующих физических процессов и явлений;
1.2.2	научить применять математические методы для анализа линейных и нелинейных радиотехнических цепей;
1.2.3	освоить стандартные методики измерения типовых параметров и характеристик сигналов и радиотехнических цепей.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы высшего образования (ОП ВО)

Цикл (раздел) ОП: Б1	Код дисциплины в УП: Б1.Б.18
<b>2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося</b>	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по дисциплинам "Математика", "Основы теории цепей", "Электроника", а также овладеть следующими компетенциями:	
ОК-1, ОПК-5	Математика
ОПК-6	Электроника
ОПК-7	Основы теории цепей
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее</b>	
Статистическая радиотехника	
Цифровая обработка сигналов	
Электропреобразовательные устройства	
Устройства генерирования и формирования сигналов	
Устройства приёма и преобразования сигналов	
Основы телевидения и видеотехники	

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

<b>ОПК-7</b>	Способность владеть методами решения задач анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей
<p>Планируемые результаты обучения по дисциплине:</p> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— основные виды детерминированных сигналов в радиотехнике, методы их описания и основные характеристики;</li> <li>— основные характеристики линейных и нелинейных радиотехнических цепей;</li> <li>— принципы преобразований сигналов в радиотехнических цепях.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— выполнять расчёт основных характеристик и параметров детерминированных радиотехнических сигналов;</li> <li>— выполнять аналитический расчёт основных параметров радиотехнических цепей на основе схем замещения;</li> <li>— определять функциональную пригодность типовых радиотехнических цепей для осуществления заданных преобразований сигналов.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— базовыми методами анализа детерминированных сигналов и радиотехнических цепей;</li> <li>— стандартными методиками измерения типовых параметров и характеристик сигналов и радиотехнических цепей.</li> </ul>	

#### В результате освоения дисциплины обучающийся должен

<b>3.1</b>	<b>Знать</b>
3.1.1	основные виды детерминированных сигналов в радиотехнике, методы их описания и основные характеристики;
3.1.2	основные характеристики линейных и нелинейных радиотехнических цепей;
3.1.3	принципы преобразований сигналов в радиотехнических цепях.
<b>3.2</b>	<b>Уметь</b>
3.2.1	выполнять расчёт основных характеристик и параметров детерминированных радиотехнических сигналов;
3.2.2	выполнять аналитический расчёт основных параметров радиотехнических цепей на основе схем замещения;
3.2.3	определять функциональную пригодность типовых радиотехнических цепей для осуществления заданных преобразований сигналов.
<b>3.3</b>	<b>Владеть</b>
3.3.1	базовыми методами анализа детерминированных сигналов и радиотехнических цепей;
3.3.2	стандартными методиками измерения типовых параметров и характеристик сигналов и радиотехнических цепей.

Из настоящей рабочей программы исключены вопросы статистического, корреляционного, спектрального описания и обработки радиотехническими цепями *случайных сигналов*, поскольку они составляют содержание отдельной дисциплины **Б1.Б.19 «Статистическая радиотехника»**.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Номера недель учебного года	Вид учебной нагрузки и ее трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоя- тельная работа	Всего часов
<b>5 семестр</b>				<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>108</b>	<b>180</b>
1	Основные характеристики детерминированных сигналов	5	1-4	8	4	4	24	40
2	Модулированные сигналы	5	5-8	8	4	4	24	40
3	Активные линейные радиотехниче- ские цепи	5	9-12	8	4	4	24	40
4	Активные нелинейные радиотехни- ческие цепи	5	13-18	12	6	6	36	60
<b>6 семестр</b>				<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>108</b>	<b>180</b>
5	Активные цепи с обратной связью. Генерирование гармонических колебаний	6	23-26	8	4	8	30	50
6	Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях	6	27-30	8	6	4	28	46
7	Дискретная фильтрация сигналов	6	31-35	10	4	6	30	50
8	Элементы теории синтеза линейных радиотехнических цепей	6	36-40	10	4	—	20	34
<b>Итого</b>				<b>72</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>216</b>	<b>360</b>

## 4.1 Лекции

№ п/п	Тема и содержание лекции	Объем, часов
<b>5 семестр</b>		<b>36</b>
<b>1. Основные характеристики детерминированных сигналов</b>		<b>8</b>
1	<p>Общая характеристика сигналов, используемых в радиотехнике, их классификация и основные модели. Периодические сигналы и их представление рядами Фурье. Ряд Фурье в гармонической и комплексной формах. Комплексный и гармонический спектры амплитуд и фаз периодических сигналов. Свойства частотных спектров периодических сигналов. Синтез периодического сигнала по его частотному спектру. Эффект Гиббса.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Виды сигналов и соответствующие им цепи. Ряд Фурье в тригонометрической форме.</p>	2
2	<p>Гармонический спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов произвольной скважности. Спектр амплитуд меандра. Энергетические характеристики периодических сигналов. Распределение мощности в спектре, практическая ширина спектра сигнала, критерии оценки практической ширины спектра. Связь длительности сигнала с шириной его спектра.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Гармонические спектры простейших периодических сигналов.</p>	2
3	<p>Интегральное представление непериодического сигнала. Прямое и обратное преобразования Фурье. Комплексная спектральная плотность сигнала и её свойства. Спектральная плотность амплитуд прямоугольного и дельта - импульса. Сущность спектрального метода анализа линейных цепей. Основные теоремы о спектрах сигналов: теоремы подобия, о сумме, запаздывания, инверсии аргумента, изменения масштаба времени, дифференцирования и интегрирования, смещения спектра, о свёртке.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Расчёт спектра сигнала нетиповой формы на основе теорем о спектрах.</p>	2
4	<p>Связь преобразований Фурье и Лапласа. Применение изображения сигнала по Лапласу для расчёта его комплексной спектральной плотности. Энергетические характеристики непериодических сигналов. Равенство Парсеваля. Особенности спектра непериодического сигнала с неограниченной энергией. Авто- и взаимнокорреляционные функции сигналов и их связь с энергетическими и спектральными характеристиками.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Частотные спектры и автокорреляционные функции типовых импульсных сигналов.</p>	2

<b>2. Модулированные сигналы</b>		<b>8</b>
5	<p>Сущность и виды модуляции радиотехнических сигналов. Условие узкополосности модулированных сигналов. Радиосигналы с амплитудной модуляцией и их свойства. Коэффициент амплитудной модуляции (глубина модуляции). Спектральный анализ амплитудно-модулированных колебаний при тональной модуляции и модуляции произвольным периодическим и непериодическим сигналами.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Векторное описание амплитудно-модулированного колебания.</p>	2
6	<p>Сигналы с угловой модуляцией. Мгновенная частота и набег фазы колебания. Частотная и фазовая модуляции. Девиация частоты и индекс модуляции. Связь между частотной и фазовой модуляциями. Спектр колебания с угловой тональной модуляцией. Практическая ширина спектра сигнала с угловой модуляцией и её зависимость от параметров модулирующего сигнала.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Векторное описание сигналов с угловой модуляцией. Спектр однотонового сигнала с угловой модуляцией при малых значениях индекса модуляции.</p>	2
7	<p>Спектральный анализ амплитудно-, частотно- и фазомодулированных сигналов при модуляции периодической последовательностью прямоугольных и пилообразных импульсов. Понятие базы на примере сигнала с линейной частотной модуляцией.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Простые и сложные сигналы. База сигналов с многопозиционной фазовой модуляцией.</p>	2
8	<p>Сравнение амплитудно-модулированных сигналов и сигналов с угловой модуляцией по энергетическим характеристикам и практической ширине спектра. Колебания с балансной и однополосной модуляциями. Автокорреляционные функции модулированных сигналов.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Корреляционная функция сигнала с линейной частотной модуляцией.</p>	2
<b>3. Активные линейные радиотехнические цепи</b>		<b>8</b>
9	<p>Импульсная и комплексная частотная характеристики линейной цепи. Временной и спектральный методы анализа прохождения сигналов через линейные цепи, связь между ними. Понятие идеального усилителя. Условия усиления сигналов без привнесения искажений. Линейные искажения сигналов и их виды. Идеальный фильтр нижних частот, идеальный полосовой фильтр, их частотные и временные характеристики.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Ограничения, накладываемые на частотный коэффициент передачи физически реализуемой цепи.</p>	2

10	<p>Условия линейного режима работы и линейные схемы замещения активного элемента. Линейное апериодическое усиление колебаний. Основные показатели и характеристики апериодического усилителя на нижних и верхних частотах. Особенности усиления импульсных сигналов апериодическим усилителем. Дифференцирующий и интегрирующий усилители.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Понятие фазового и группового времени задержки сигнала в цепи. Каскадное соединение идентичных апериодических усилителей.</p>	2
11	<p>Линейное частотно-избирательное усиление сигналов. Схема замещения, коэффициент усиления, частотные характеристики, полоса пропускания линейного резонансного усилителя. Влияние параметров активного элемента и характеристик резонансной нагрузки на показатели усилителя. Усиление амплитудно-модулированного сигнала. Анализ прохождения сигнала через усилитель спектральным методом. Линейные искажения усиливаемых сигналов и условие их минимизации.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Анализ прохождения широкополосного сигнала через частотно-избирательный усилитель.</p>	2
12	<p>Линейное резонансное усиление колебаний с угловой тональной модуляцией. Анализ прохождения сигнала через резонансный усилитель методом "мгновенной частоты". Условия применимости метода "мгновенной частоты". Паразитная амплитудная модуляция. Условие усиления сигнала с допустимым уровнем линейных искажений.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Прохождение частотно- и фазоманипулированного колебаний через частотно-избирательные цепи.</p>	2
<b>4. Активные нелинейные радиотехнические цепи</b>		<b>12</b>
13	<p>Нелинейное сопротивление, его вольтамперная характеристика и дифференциальные параметры. Графический метод анализа отклика безынерционного нелинейного сопротивления на гармоническое воздействие. Спектр отклика, постоянная составляющая, кратные частоты. Принципы выпрямления, нелинейного усиления и умножения частоты. Интерполяция и аппроксимация характеристики сопротивления для расчёта спектра отклика.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Аппроксимация характеристики нелинейного сопротивления трансцендентными функциями.</p>	2
14	<p>Расчёт спектрального состава тока при возбуждении безынерционного нелинейного сопротивления гармоническим сигналом в режиме малого сигнала (при полиномиальной интерполяции характеристики). Метод трёх ординат. Принцип нелинейного усиления колебаний. Нелинейные искажения в усилителе с апериодической нагрузкой.</p>	2

	<i>Самостоятельное изучение.</i> Методика описания вольт-амперной характеристики нелинейного сопротивления полиномом.	
15	Расчёт спектрального состава тока при возбуждении безынерционного нелинейного сопротивления гармоническим сигналом в режиме большого сигнала (при кусочно-линейной – полигональной – аппроксимации характеристики). Угол отсечки тока. Коэффициенты Берга и их практическое использование. <i>Самостоятельное изучение.</i> Методика описания характеристики нелинейного сопротивления кусочно-линейной функцией.	2
16	Нелинейное резонансное усиление гармонических колебаний. Недонапряжённый, критический и перенапряжённый режимы работы нелинейного резонансного усилителя. Колебательная характеристика усилителя и средняя по первой гармонике крутизна активного элемента и их расчёт при полиномиальной интерполяции и полигональной аппроксимации проходной характеристики. <i>Самостоятельное изучение.</i> Проницаемость активного элемента.	2
17	Квазилинейный метод анализа нелинейного усилителя с частотно-избирательной нагрузкой в недонапряжённом режиме работы. Оптимизация режима работы усилителя для обеспечения максимальной амплитуды выходного напряжения. Энергетические характеристики нелинейного резонансного усилителя. Зависимость КПД усилителя и его коэффициента усиления от угла отсечки тока. Оптимальный режим работы усилителя мощности. <i>Самостоятельное изучение.</i> Энергетические преимущества нелинейного режима работы усилителя перед линейным режимом.	2
18	Нелинейное резонансное усиление амплитудно-модулированных колебаний и сигналов с угловой модуляцией. Минимизация нелинейных искажений в нелинейном усилителе амплитудно-модулированных сигналов. Умножение частоты в нелинейном резонансном усилителе и оптимизация его режима работы. Амплитудное ограничение колебаний.	2
<b>6 семестр</b>		<b>36</b>
<b>5. Активные цепи с обратной связью. Генерирование гармонических колебаний</b>		<b>8</b>
19	Сущность и виды обратной связи в активных цепях. Комплексная частотная характеристика линейной цепи, охваченной обратной связью. Положительная и отрицательная обратная связь. Влияние обратной связи на частотную характеристику и нестабильность коэффициента усиления активной линейной цепи. Коррекция частотной характеристики усилителя. Регенеративный усилитель. <i>Самостоятельное изучение.</i> Применение отрицательной обратной связи для уменьшения искажений сигнала в активной цепи.	2

20	<p>Понятие устойчивости линейных активных цепей с обратной связью. Общее условие устойчивости линейной цепи с обратной связью. Критерии устойчивости. Алгебраический критерий устойчивости (Рауса-Гурвица). Достаточное условие устойчивости активных цепей первого и второго порядков. Частотные критерии Михайлова и Найквиста. Анализ устойчивости линейной цепи с обратной связью на основе АЧХ и ФЧХ разомкнутой цепи.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Запасы устойчивости активной цепи с обратной связью.</p>	2
21	<p>Общие условия возбуждения автоколебаний в системах с обратной связью: фазовое и амплитудное. Структура автогенератора и ее влияние на форму генерируемых им колебаний. Условия самовозбуждения <i>LC</i>-автогенератора с трансформаторной обратной связью. Стационарный режим работы автогенератора. Мягкий и жесткий режимы самовозбуждения и нарастания колебаний в <i>LC</i>-автогенераторе.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Методы анализа автогенераторов.</p>	2
22	<p>Автогенераторы с автотрансформаторной и ёмкостной обратной связью. Трёхточечные схемы автогенератора, принцип их построения, условия возбуждения. Принцип работы, структурная схема и условия возбуждения <i>RC</i>-автогенератора гармонических колебаний. Ограничение амплитуды автоколебаний в <i>RC</i>-автогенераторе. Стабильность частоты автогенератора.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Явление захвата частоты при воздействии внешнего источника на автогенератор.</p>	2
<b>6. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях</b>		<b>8</b>
23	<p>Воздействие бигармонического сигнала на нелинейное сопротивление. Взаимодействие слабого и сильного сигналов в нелинейном элементе. Явление интермодуляции. Получение амплитудно-модулированных колебаний. Амплитудная модуляция смещением в режиме малого и большого сигналов. Понятие модуляционной характеристики, условие неискаженной амплитудной модуляции.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Получение сигналов с однополосной амплитудной модуляцией.</p>	2
24	<p>Принципы получения сигналов с угловой модуляцией. Генерация автоколебаний с частотной модуляцией на основе изменения резонансной частоты колебательной цепи путем электронного управления реактивностью. Управляющая характеристика автогенератора и условие ее линейности. Косвенная частотная модуляция с помощью фазового модулятора. Особенности построения фазового модулятора. Получение сигналов с угловой модуляцией путем преобразования амплитудно-модулированного колебания.</p>	2

	<i>Самостоятельное изучение.</i> Формирование сигналов с угловой модуляцией с помощью квадратурного модулятора.	
25	Выпрямление высокочастотных колебаний в нелинейной цепи с фильтрацией постоянного тока. Детектирование амплитудно-модулированных сигналов. Линейный и квадратичный режимы работы диодного амплитудного детектора. Требования к параметрам фильтра в схеме детектора. Коэффициент передачи, детекторная характеристика и входное сопротивление диодного амплитудного детектора. <i>Самостоятельное изучение.</i> Принцип работы и коэффициент передачи коллекторного детектора.	2
26	Преобразование частоты. Синхронное детектирование амплитудно-модулированных колебаний. Принципы детектирования колебаний с угловой модуляцией. Одноконтурное частотное детектирование. Частотное детектирование на расстроенных контурах. Балансный фазовый детектор. Детекторные характеристики и условия их линейности. <i>Самостоятельное изучение.</i> Двухконтурное частотное детектирование на связанных контурах. Синхронное детектирование фазомодулированных колебаний.	2
<b>7. Дискретная фильтрация сигналов</b>		<b>10</b>
27	Дискретизированные сигналы и их математические модели. Комплексный спектр дискретизированного сигнала, его особенности. Представление сигналов посредством суммы элементарных колебаний. Обобщенный ряд Фурье. Спектр сигнала в заданной системе базисных функций. Представление сигналов с ограниченным спектром в базисе Котельникова. <i>Самостоятельное изучение.</i> Обзор базисных функций для обобщенного ряда Фурье.	2
28	Теорема Уиттекера - Котельникова - Шеннона (теорема отсчётов) применительно к дискретизации видеосигналов. Практическое применение теоремы отсчётов и возникающие при этом погрешности. Особенности дискретизации и восстановления по отсчётам узкополосных радиосигналов. <i>Самостоятельное изучение.</i> Теорема Котельникова в частотной области.	2
29	Дискретные сигналы (последовательности). Соотношение между спектрами дискретного и исходного непрерывного сигналов. Дискретное преобразование Фурье, его свойства и практическое значение. Сущность быстрого преобразования Фурье. <i>Самостоятельное изучение.</i> Алгоритмы быстрого преобразования Фурье, в том числе в современных пакетах математического моделирования.	2

30	<p>Сущность дискретной фильтрации сигналов. Импульсная и комплексная частотная характеристики дискретного фильтра. Расчёт отклика дискретного фильтра на воздействие дискретного сигнала. Дискретная свёртка. Нерекурсивная и рекурсивная реализации дискретных фильтров.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Вопросы устойчивости рекурсивных дискретных фильтров.</p>	2
31	<p>Цифровые сигналы. Принцип цифровой фильтрации сигналов. Передаточная функция и импульсная характеристика цифрового фильтра. Прямое и обратное <math>Z</math>-преобразование и его свойства. Системная функция цифрового фильтра, её связь с импульсной характеристикой и комплексным коэффициентом передачи. Анализ устойчивости рекурсивных фильтров. Применение <math>Z</math>-преобразования для анализа цифровых фильтров.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Последовательная, параллельная, канонические структурные схемы цифровых фильтров.</p>	2
<b>8. Элементы теории синтеза линейных радиотехнических цепей</b>		<b>10</b>
32	<p>Постановка задачи синтеза аналогового фильтра по заданной амплитудно-частотной характеристике. Принцип физической реализуемости линейной цепи. Методика синтеза аналогового линейного четырехполюсника по заданному модулю передаточной функции. Синтез фильтров нижних частот Баттерворта. Полюсы передаточной функции фильтра Баттерворта и их нормирование.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Представление цепи последовательным соединением элементарных четырехполюсников.</p>	2
33	<p>Синтез фильтров нижних частот Чебышёва. Полюсы передаточной функции фильтра Чебышёва и их нормирование. Методика синтеза фильтра нижних частот с заданной аппроксимацией амплитудно-частотной характеристики. Синтез фильтров верхних частот и полосовых фильтров на основе фильтров нижних частот.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Понятие о фильтрах Бесселя, Гаусса, Лежандра и Золотарёва - Кауэра.</p>	2
34	<p>Способы схемотехнической реализации аналоговых фильтров. Реализация фильтров в виде лестничных <math>LC</math>-структур, в виде каскадного включения типовых <math>RLC</math>-звеньев первого и второго порядков, в виде <math>ARC</math>-фильтра с каскадной структурой.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Синтез фильтров с использованием современных программ схемотехнического моделирования.</p>	2
35	<p>Методы синтеза цифровых фильтров. Синтез нерекурсивных цифровых фильтров методом частотной выборки. Устранение эффекта Гиббса при синтезе фильтра с частотной характеристикой, имеющей разрывы первого рода. Синтез нерекурсивных цифро-</p>	2

	вых фильтров методом временного окна. Влияние параметров временного окна на частотную характеристику фильтра. <i>Самостоятельное изучение.</i> Примеры синтеза нерекурсивных цифровых фильтров.	
36	Синтез рекурсивных цифровых фильтров методом инвариантной импульсной характеристики (стандартного $Z$ -преобразования). Синтез рекурсивных цифровых фильтров методом инвариантной частотной характеристики (билинейного $Z$ -преобразования). Сравнение методов по эффективности. <i>Самостоятельное изучение.</i> Синтез цифрового варианта аналоговой $RC$ -цепи.	2
<b>Итого часов</b>		<b>36</b>

#### 4.2 Практические занятия

Неделя	Тема и содержание практического занятия	Объем, часов	В т.ч. в интеракт. форме	Виды контроля
<b>5 семестр</b>		<b>18</b>		
<b>1. Основные характеристики детерминированных сигналов</b>				
2	Спектральный анализ и энергетические характеристики периодических видеосигналов	2		контр. работа
4	Спектральный анализ и синтез непериодических видеосигналов. Теоремы о спектрах	2		контр. работа
<b>2. Модулированные сигналы</b>				
6	Характеристики амплитудно-модулированных сигналов	2		контр. работа
8	Характеристики сигналов с угловой модуляцией	2		контр. работа
<b>3. Активные линейные радиотехнические цепи</b>				
10	Прохождение видеосигналов через линейные апериодические цепи	2		контр. работа
12	Прохождение радиосигналов через линейные цепи. Резонансное усиление	2		контр. работа
<b>4. Активные нелинейные радиотехнические цепи</b>				
14	Нелинейные цепи при гармоническом воздействии малой амплитуды. Нелинейное резонансное усиление	2		контр. работа
16	Нелинейные цепи в режиме большого сигнала. Отсечка тока. Энергетические характеристики	2		контр. работа
18	Отчётно-итоговое занятие 5-го семестра	2		

<b>6 семестр</b>		<b>18</b>		
<b>5. Активные цепи с обратной связью. Генерирование гармонических колебаний</b>				
23	Линейные активные цепи с обратной связью. Критерии устойчивости	2		контр. работа
25	Генерирование гармонических колебаний. <i>LC</i> - и <i>RC</i> -автогенераторы	2		колло- квиум
<b>6. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях</b>				
27	Амплитудная и угловая модуляция	2		контр. работа
29	Детектирование амплитудно-модулированных сигналов и сигналов с угловой модуляцией	2		контр. работа
31	Отчётно-итоговое занятие по разделу 6	2		колло- квиум
<b>7. Дискретная фильтрация сигналов</b>				
33	Применение теоремы отсчётов для дискретизации сигналов	2		контр. работа
35	Принцип дискретной фильтрации. Характеристики дискретных фильтров	2		контр. работа
<b>8. Элементы теории синтеза линейных радиотехнических цепей</b>				
37	Синтез аналоговых линейных фильтров	2		контр. работа
39	Синтез цифровых фильтров	2		контр. работа
<b>Итого часов</b>		<b>36</b>		

#### 4.3 Лабораторные работы

Неделя	Наименование лабораторной работы	Объем, часов	В т.ч. в интеракт. форме	Виды контроля
<b>5 семестр</b>		<b>18</b>		
<b>1. Основные характеристики детерминированных сигналов</b>				
3	Временные и спектральные характеристики сигналов при их типовых преобразованиях	4		отчёт
<b>2. Модулированные сигналы</b>				
7	Временные и спектральные характеристики модулированных сигналов	4		отчёт

<b>3. Активные линейные радиотехнические цепи</b>				
11	Временные и частотные характеристики фильтров нижних частот	4		отчёт
<b>4. Активные нелинейные радиотехнические цепи</b>				
15	Нелинейное резонансное усиление и умножение частоты	6		отчёт
<b>6 семестр</b>		<b>18</b>		
<b>5. Активные цепи с обратной связью. Генерирование гармонических колебаний</b>				
24	Обратная связь в линейных активных цепях	4		отчёт
28	Генерирование гармонических колебаний	4		отчёт
<b>6. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях</b>				
32	Амплитудная модуляция смещением	4		отчёт
<b>7. Дискретная фильтрация сигналов</b>				
36	Восстановление непрерывных сигналов по дискретным отсчётам	6		отчёт
<b>Итого часов</b>		<b>36</b>		

#### 4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
<b>5 семестр</b>			<b>108</b>
1	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	4
2	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	3
3	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к лабораторной работе	допуск, защита	5
4	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	3
5	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	4
6	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	3
7	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к лабораторной работе	допуск, защита	5
8	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	3
9	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	4
10	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	3

11	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к лабораторной работе	допуск, защита	5
12	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	3
13	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	4
14	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	3
15	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к лабораторной работе	допуск, защита	5
16	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	3
17	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	4
18	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	3
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	5
<b>6 семестр</b>			<b>108</b>
23	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	2
	Анализ задания к курсовой работе	самоконтроль	2
24	Подготовка к лабораторной работе	допуск, защита	4
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2
25	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Подготовка к практическому занятию	коллоквиум	3
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2
26	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Выполнение курсовой работы	черновик 1-го этапа	2
27	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	2
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2
28	Подготовка к лабораторной работе	допуск, защита	4
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2
29	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	2
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2
30	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Выполнение курсовой работы	черновик 2-го этапа	2
31	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Подготовка к практическому занятию	коллоквиум	3
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2

32	Подготовка к лабораторной работе	допуск, защита	4
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2
33	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	2
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2
34	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Выполнение курсовой работы	черновик 3-го этапа	2
35	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	2
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2
36	Подготовка к лабораторной работе	допуск, защита	4
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2
37	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	2
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2
38	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Выполнение курсовой работы	черновик 4-го этапа	2
39	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Подготовка к практическому занятию	контрольная работа	2
	Выполнение курсовой работы	самоконтроль	2
40	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2
	Защита курсовой работы	–	2

### **Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Необходимым условием освоения компетенций, формируемых при изучении дисциплины, является строгое соблюдение графика учебного процесса.

Целесообразно заранее ознакомиться с тематикой лекций и до их начала проработать по учебникам соответствующий теоретический материал. Прослушав текущую лекцию, следует в этот же день просмотреть материал лекции по конспекту, самостоятельно проработать наиболее сложные и непонятные моменты. Помощниками в этом могут стать учебные пособия, указанные в списке рекомендуемой дополнительной литературы под номерами 7.1.2.3 и 7.1.2.9. Основное назначение пособий – стать связующим звеном между конспектом лекций и учебной литературой, имеющейся в библиотеке вуза. Пособия содержат пояснения и комментарии физической направленности, призванные облегчить понимание математических выкладок и уяснить сущность их приложения к задачам радиотехники. Весь материал пособий представлен в форме отдельных вопросов, для которых даны ссылки на учебную литературу. Наиболее трудные и недостаточно освещенные в литературе вопросы изложены в пособиях полно-

стью. Каждый вопрос сопровождается контрольными вопросами и задачами, разделенными по группам сложности.

К практическим занятиям следует готовиться. Самостоятельная работа должна включать подготовку к контрольной работе по теме уже состоявшегося занятия и проработку теоретических вопросов по теме будущего занятия. Подготовка к контрольной работе предполагает разбор решенных на аудиторном занятии задач, а также задач, решения которых изложены в рекомендованных учебных пособиях и методических материалах. Затем следует приступать к решению задач из категории "для самостоятельной работы". Поскольку таких задач, как правило, две-три, но они многовариантны, разумно ограничиться решением нескольких наиболее разнотипных вариантов каждой задачи.

При выполнении лабораторных работ необходимо обеспечить заданную расписанием ритмичность. Отставание по лабораторному практикуму недопустимо. При пропуске занятия необходимо ликвидировать отставание в дополнительное время. К каждому занятию следует готовиться: проработать теоретический материал, выполнить домашнее расчетное задание, оформить "заготовку" отчета. В процессе выполнения работы необходимо сразу же формировать окончательный отчет, внося экспериментальные результаты и выводы в "заготовку". Стандартным явлением должна стать защита работы сразу после её выполнения. При подготовке к лабораторному занятию рекомендуется провести схемотехническое моделирование подлежащих исследованию явлений, принципов, цепей и сигналов. Студентам, заинтересованным в получении высококачественной подготовки, имеет смысл получить у преподавателя индивидуальные домашние задания и исследовательские работы.

В начале 6-го семестра каждому студенту выдается индивидуальное задание по курсовой работе. Курсовая работа выполняется самостоятельно под контролем преподавателя. Весь объем курсовой работы разбит на этапы, каждый из которых следует выполнить в течение определенного срока. Для предъявления результатов выполнения этапов устанавливаются конкретные даты (или номера недель). Временной график выполнения этапов работы представлен в техническом задании к курсовой. В процессе выполнения работы студенту рекомендуется представлять промежуточные результаты работы преподавателю для проверки их правильности и полноты. По окончании работы над курсовой работой студент обязан представить отчет о проделанной работе, оформленный в виде расчетно-пояснительной записки. Оформленная в соответствии с СТП ВГТУ пояснительная записка по курсовой работе сдается преподавателю на проверку. В случае если замечания по пояснительной записке оказываются несущественными, защита проводится в форме беседы со студентом по существу полученных им результатов с выставлением соответствующей оценки. Если же работа требует серьезной доработки, в частности, содержит ошибочные результаты, то записка возвращается студенту на доработку. Оценка в этом случае соответственно снижается.

## 4.5 Курсовая работа

Курсовая работа выполняется по одной из перечисленных ниже тем.

№ п/п	Тема курсовой работы	Цель курсовой работы
1	Исследование усиления узкополосных сигналов	Приобрести навыки анализа резонансного усилителя модулированных сигналов в линейном и нелинейном режимах работы. Установить влияние неидеальности характеристик усилителя на форму усиливаемого сигнала.
2	Исследование дискретизации сигналов с заданной погрешностью восстановления	Детально исследовать особенности практического использования теоремы Котельникова применительно к дискретизации и последующему восстановлению заданного видео- или радиосигнала конечной длительности.

Выполнение курсовой работы предусматривает детальное изучение необходимых теоретических разделов, разработку (синтез) соответствующих техническому заданию радиотехнических блоков или устройств и оценку их работоспособности (качественных показателей), проводимую, как правило, с помощью математического (или частично — имитационного) моделирования.

Работа выполняется по индивидуальным вариантам технического задания и включает в себя элементы научного исследования.

Применяется поэтапный контроль результатов работы.

На курсовое проектирование отводится 36 часов самостоятельной работы.

По результатам выполнения работы оформляется расчетно-пояснительная записка. Защита работы проводится в форме собеседования.

## 5. Образовательные технологии

В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:	
5.1	Информационные лекции
5.2	Практические занятия: 1) консультация, тьюторство (ИФ) — индивидуальное общение преподавателя со студентом, руководство его деятельностью с целью передачи опыта, углубления теоретических и фактических знаний, приобретенных студентом на лекциях и в результате самостоятельной работы; 2) проведение письменных контрольных работ; 3) проведение коллоквиумом с применением электронных тестов (ИФ).
5.3	Лабораторные работы: 1) работа в команде (ИФ) — совместное обсуждение теоретических вопросов, домашних заданий, объема и содержания экспериментальных исследований;

	<p>2) проблемное обучение (ИФ) — стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной технической задачи;</p> <p>3) выполнение лабораторных работ, в том числе с использованием имитационного моделирования на персональных компьютерах;</p> <p>4) защита выполненных работ.</p>
5.4	<p>Самостоятельная работа:</p> <p>1) изучение теоретического материала;</p> <p>2) подготовка к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;</p> <p>3) поэтапное выполнение курсовой работы.</p>

### **Активные / интерактивные формы обучения на лабораторных занятиях**

Тема занятия	Вид занятия	Консультация, тьюторство	Диалог с ПК	Работа в команде	Проблемное обучение
Временные и спектральные характеристики сигналов при их типовых преобразованиях	лабораторное	+	+	+	
Временные и спектральные характеристики модулированных сигналов	лабораторное	+	+	+	
Обратная связь в линейных активных цепях	лабораторное	+	+	+	+
Восстановление непрерывных сигналов по дискретным отсчётам	лабораторное	+		+	+
Отчётно-итоговое занятие по теме "Преобразования сигналов в нелинейных цепях"	практическое	+	+		
Генерирование гармонических колебаний. LC- и RC-автогенераторы	практическое	+	+		

### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

6.1	Индивидуализированные задания для практических и лабораторных работ, защита результатов выполнения лабораторных работ.
6.2	Вопросы к зачёту, билеты к экзамену, задачи. Фонд оценочных средств представлен в учебно-методическом комплексе дисциплины.

Раздел дисциплины	Объект контроля	Форма контроля	Метод контроля	Срок выполнения
5 семестр				
Основные характеристики детерминированных сигналов	Спектральные и энергетические характеристики видеосигналов	контр. работа	письменный	2 и 4 недели
		защита лаб. раб.	устный	3 неделя
Модулированные сигналы	Спектральные и временные характеристики радиосигналов	контр. работа	письменный	6 и 8 недели
		защита лаб. раб.	устный	7 неделя
Активные линейные радиотехнические цепи	Прохождение радиосигналов через линейные цепи	контр. работа	письменный	10 12 недели
		защита лаб. раб.	устный	11 неделя
Активные нелинейные радиотехнические цепи	Нелинейные цепи при гармоническом воздействии малой и большой амплитуды	контр. работа	письменный	14,16,18 недели
		защита лаб. раб.	устный	15 неделя
6 семестр				
Активные цепи с обратной связью. Генерирование гармонических колебаний	Критерии устойчивости. Условия самовозбуждения и характеристики автогенераторов	контр. работа	письменный	23 неделя
		коллоквиум	компьютерный	25 неделя
		защита лаб. раб.	устный	24 и 28 недели
Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях	Модуляция и демодуляция сигналов	контр. работа	письменный	27 и 29 недели
		коллоквиум	компьютерный	31 неделя
		защита лаб. раб.	устный	32 неделя
Дискретная фильтрация сигналов	Теорема отсчётов. Принципы дискретной фильтрации	контр. работа	письменный	33 и 35 недели
		защита лаб. раб.	устный	36 неделя
Элементы теории синтеза линейных радиотехн. цепей	Синтез аналоговых и цифровых фильтров	контр. работа	письменный	37 и 39 неделя

Полная спецификация оценочных средств, процедур и контролируемых результатов в привязке к формируемым компетенциям, показателей и критериев оценивания приводится в Фонде оценочных средств по дисциплине, являющемся приложением к рабочей программе.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

<b>7.1 Рекомендуемая литература</b>				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год и вид издания	Обеспеченность
<b>7.1.1 Основная литература</b>				
7.1.1.1	Иванов М.Т., Сергиенко А.Б. Ушаков В.Н.	Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов. Стандарт третьего поколения / Под ред. В.Н. Ушакова. – СПб. : Питер, 2014. – 336с.	2014, печатное	0,26
7.1.2.2	Гоноровский И.С.	Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. пособие для вузов (рекомендовано Мин. обр. и науки РФ в качестве учеб. пособия для студентов вузов). – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Дрофа, 2006. – 719с.	2006, печатное	0,67
<b>7.1.2 Дополнительная литература</b>				
7.1.2.1	Баскаков С.И.	Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. пособие. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2003. – 462с.	2003, печатное	0,03
7.1.2.2	Останков А.В.	Радиотехнические цепи и сигналы. Сборник задач с примерами решений: учеб. пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – Воронеж: ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2017. – Ч. 1. – 172с.	2017, печатное	0,40
7.1.2.3	Токарев А.Б., Останков А.В.	Характеристики радиотехнических сигналов: учеб. пособие. – Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет". 2007. – 149с.	2007, печатное	0,48
7.1.2.4	Останков А.В., Токарев А.Б.	Дискретизация сигналов с заданной погрешностью восстановления: учеб. пособие. – Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2008. – 129с.	2008, печатное	0,55
7.1.2.5	Останков А.В.	Радиотехнические сигналы и линейные цепи для их обработки: Исследование на основе имитационного моделирования: учеб. пособие. – Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2008. – 161с.	2008, печатное	0,51

7.1.2.6	Останков А.В.	Нелинейные радиотехнические цепи: Исследование на основе имитационного моделирования: учеб. пособие. – Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2009. – 158с.	2009, печатное	0,51
7.1.2.7	Токарев А.Б.	Сборник заданий для тестирования остаточных знаний студентов по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы": учеб. пособие. – Воронеж: ВГТУ, 2003.	2003, электронное	1,00
7.1.2.8	Останков А.В.	Усиление узкополосных сигналов: учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2012.	2012, электронное	1,00
7.1.2.9	Токарев А.Б.	Нелинейные радиотехнические цепи и цепи с переменными параметрами: учеб. пособие. – Воронеж: ВГТУ, 1999. – 100с.	2009, печатное	0,93
<b>7.1.3 Методические разработки</b>				
7.1.3.1	Останков А.В.	№121-2007. Методические указания к проведению виртуальных экспериментальных исследований в рамках курсовой работы "Дискретизация сигналов с заданной погрешностью восстановления"	2007, печатное	0,47
7.1.3.2	Останков А.В.	№203-2009. Цифровые фильтры: методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Радиотехнические цепи и сигналы"	2009, печатное	0,32
7.1.3.3	Останков А.В.	№284-2012. Методические указания по подготовке к электронным коллоквиумам № 1 - 3 по дисциплине "Радиотехнические цепи и сигналы"	2012, электронное	1,00
7.1.3.4	Останков А.В., Дубыкин В.П.	№145-2015. Методические указания к лабораторным работам № 1 - 2 по дисциплине "Радиотехнические цепи и сигналы"	2015, печатное	0,42
7.1.3.5	Останков А.В., Дубыкин В.П.	№354-2015. Методические указания к лабораторным работам № 3 - 4 по дисциплине "Радиотехнические цепи и сигналы"	2015, печатное	0,42
7.1.3.6	Останков А.В., Дубыкин В.П.	№268-2009. Методические указания к лабораторным работам № 7 и 8 по дисциплине "Радиотехнические цепи и сигналы"	2009, печатное	0,48

7.1.3.7	Останков А.В.	№53-2016. Преобразование сигналов в нелинейных радиотехнических цепях: методические указания к лабораторным работам № 5 - 7 по дисциплине "Радиотехнические цепи и сигналы"	2016, печатн.	0,32
7.1.3.8	Останков А.В.	№102-2016. Активные цепи с обратной связью. Генерирование гармонических колебаний: методические указания к лабораторным работам № 8 - 9 по дисциплине "Радиотехнические цепи и сигналы"	2016, печатн.	0,30

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория «Радиотехнические цепи и сигналы» кафедры радиотехники с необходимым лабораторным оборудованием и персональными компьютерами.

Экспериментальной базой изучения дисциплины служит лабораторный комплекс, объединяющий несколько рабочих мест, оборудованных лабораторными стендами, осциллографом, низкочастотным генератором гармонических сигналов и высокочастотным генератором-частотомером. Лабораторные стенды комплектуются сменными панелями, содержащими различные блоки преобразования сигналов: блок нелинейного усиления и умножения частоты, блок амплитудного модулятора и детектора, блок параметрического усиления колебаний и т. д.

Выполнение части лабораторных работ производится методом имитационного моделирования на персональных компьютерах. Используются персональные компьютеры, имеющиеся в необходимом количестве в лаборатории.

### Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	<p>Актуализирован раздел 8 в части учебно-методического обеспечения дисциплины;</p> <p>в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем;</p> <p>Актуализирован раздел 9 в части материально-технической базы необходимой для проведения образовательного процесса.</p>	30.08.2018	
2	<p>Актуализирован раздел 8 в части учебно-методического обеспечения дисциплины;</p> <p>в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем;</p> <p>Актуализирован раздел 9 в части материально-технической базы необходимой для проведения образовательного процесса.</p>	30.08.2019	
3	<p>Актуализирован раздел 8 в части учебно-методического обеспечения дисциплины;</p> <p>в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем;</p> <p>Актуализирован раздел 9 в части материально-технической базы необходимой для проведения образовательного процесса.</p>	30.08.2020	