

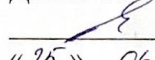
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА

Кафедра «Телекоммуникаций и основ радиотехники»

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФРТ

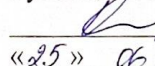
  
Холопов И.С.  
«25» 06 2020 г.



Проректор по РОП и МД

Корячко А.В.  
2020 г.

Руководитель ОПОП

  
Кириллов С.Н.  
«25» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**Б1.О.02.03 «Радиотехнические цепи и сигналы»**

Специальность

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

ОПОП специалитета

«Радиоэлектронные системы передачи информации»

Квалификация выпускника – инженер

Форма обучения – очная

Рязань 2020 г.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности)

11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»,  
утвержденного 09.02.2018 № 94

Разработчик доцент кафедры ТОР

\_\_\_\_\_ Авдеев В.В.

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «28» 06 2019 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой ТОР

\_\_\_\_\_ Витязев В.В., д.т.н., проф.

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ООП.**

Рабочая программа по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы» является составной частью всех ОПОП по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», разработанных в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» (уровень специалитета), утвержденным приказом Минобрнауки России от 11.08.2016 г. № 1031.

**1.1** Целями и задачами дисциплины «Радиотехнические цепи и сигналы» являются:

- базовая подготовка по радиотехнике, необходимая для успешного изучения дисциплин профессионального цикла;
- формирование системы фундаментальных понятий, идей и методов в области радиотехнических цепей и сигналов, объединяющих физические представления с математическими моделями основных классов сигналов и устройств для их обработки.

Задачи освоения дисциплины распределены между двумя ее модулями, изучаемыми в 4-м и 5-м семестрах соответственно.

**ЗАДАЧИ МОДУЛЯ 1 (4 семестр):** изучение основных характеристик детерминированных сигналов, теорем и соотношений, связанных с анализом линейных РТЦ и вопросов преобразования сигналов в нелинейных РТЦ..

**ЗАДАЧИ МОДУЛЯ 2 (5 семестр):** изучение процесса генерирования гармонических сигналов, основ теории случайных сигналов и их преобразования в радиотехнических цепях.

### **1.2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.**

Процесс изучения дисциплины направлен на развитие и формирование у обучающихся следующей общепрофессиональной компетенции:

<b>Коды компетенции</b>	<b>Содержание компетенций</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</b>
ОПК – 7	способность владеть	По модулю 1:

	<p>методами решения задач анализа и расчета характеристик радиотехнических цеп</p>	<p><u>Знать:</u> принцип построения автогенераторов гармонических сигналов; методы анализа цепей переменного тока во временной и частотной областях; основные виды детерминированных сигналов в радиотехнике и методы их преобразования; основные методы измерения характеристик РТЦ.</p> <p><u>Уметь:</u> решать задачи по основным разделам материала 1-го модуля.</p> <p><u>Владеть:</u> методами анализа РТЦ в стационарном и переходном режимах; моделями активных приборов, используемых в радиотехнике; спектральными методами анализа детерминированных сигналов.</p> <p>По модулю 2:</p> <p><u>Знать:</u> основные виды случайных сигналов в радиотехнике и методы их преобразования; основы теории дискретных сигналов и дискретной фильтрации; основы теории оптимальной линейной фильтрации сигнала на фоне помех.</p> <p><u>Уметь:</u> использовать основные приемы обработки экспериментальных данных; решать практические задачи прохождения случайных сигналов через</p>
--	--	--

		<p>радиотехнические цепи.  <u>Владеть:</u> методологией  использования аппаратуры для  измерения характеристик РТЦ;    спектральными и  корреляционными методами  анализа случайных сигналов.</p>
--	--	---

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП.

Дисциплина «Радиотехнические цепи и сигналы» относится к базовой части профессионального цикла дисциплин блока №1 для всех ОПОП по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

При изучении дисциплины активно применяются математические знания. В особенности это относится к спектральному анализу, который формирует основной язык радиотехники. Курс также опирается на такие общенаучные дисциплины, как физика и теория цепей.

Студенты, обучающиеся по этой дисциплине, также должны знать базовые понятия теории случайных процессов, основные особенности дискретных сигналов и дискретной фильтрации.

На этом курсе базируется изучение типовых радиотехнических устройств и систем.

Использование настоящей программы предполагает, что базовые вопросы излагаются на лекциях, а вопросы, имеющие прикладное значение, выносятся на практические занятия, на самостоятельное изучение и включаются в лабораторные работы.

## 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (ЗЕ) или 288 часов.

Семестр	4		5		Итого	
Неделя	16		16			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Лекции	32	32	16	16	48	48
Практические	16	26	16	16	32	23
Консультирование перед экзаменом			2	2	2	2
Лабораторные работы	16	16	16	16	32	32
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,65	0,65	0,9	0,9
Итого ауд.	64,25	64,25	48,65	48,65	112,9	112,9
Контактная работа			11,7	11,7	11,7	11,7
Сам. Работа	71	71	73,3	73,3	144,3	144,3
Часы на контроль	8,75	8,75	44,35	44,35	80,3	80,3
Итого	144	144	180	180	324	324

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

*4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)*

№ п/п	Разделы дисциплины	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем, часов				Самостоятельные работы обучающихся, часов
			Всего	ЛК	ПЗ	ЛР	
	1-й модуль	125	64	48	-	16	61
1.1	Введение	10	6	2	-	4	4
1.2	Детерминированные сигналы и их основные характеристики	44	24	20	-	4	20
1.3	Прохождение детерминированного сигнала через линейную РТЦ	42	22	18	-	4	20
1.4	Нелинейные РТЦ. Методы анализа. Применение.	29	12	8	-	4	17
	2-й модуль	109	48	16	16	16	61
2.1	Генерирование гармонических колебаний	20	10	2	7	4	10
2.2	Случайные сигналы.	41	20	6	6	8	21
2.3	Линейная фильтрация случайных сигналов	34	14	6	4	4	20
2.4	Прохождение случайного сигнала через нелинейную РТЦ	14	4	2	2	-	10
	Консультация и экзамены	54	-	-	-	-	54
	Итого:	288	112	64	16	32	148

**4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).**

## МОДУЛЬ 1

### Раздел 1.1 Введение.

Понятие радиотехники. Основная задача и область применения радиотехники. Структурная схема радиоканала связи.

### Раздел 1.2 Детерминированные сигналы и их основные характеристики.

Понятие колебания и сигнала. Классификация сигналов. Разложение сигнала по системе ортогональных функций. Гармонический анализ периодического сигнала (разложение в ряд Фурье по тригонометрическим функциям). Средняя мощность периодического сигнала. Представление периодического сигнала рядом Фурье в комплексной форме.

Спектральный анализ импульсного сигнала. Прямое и обратное преобразование Фурье. Свойства преобразования Фурье. Распределение энергии в спектре импульсного сигнала. Соотношение между длительностью сигнала и шириной его спектра. Примеры вычисления спектральных характеристик некоторых импульсов.

Понятие автокорреляционной функции (АКФ) импульсного сигнала. Связь АКФ и спектральной характеристики. Понятие взаимной корреляционной функции.

Понятие дискретного сигнала. Математическая модель. Спектральное представление. Связь спектральных характеристик дискретного и аналогового сигналов. Восстановление аналогового сигнала по его дискретным отсчетам. Теорема Котельникова.

Понятие радиосигнала. Особенности его огибающей и фазы.

Понятие амплитудной модуляции (АМ). Радиосигнал с гармонической АМ. Его спектральное, векторное и временное представление. Распределение мощности в спектре радиосигнала с гармонической АМ. Радиосигнал с модуляцией амплитуды несколькими гармоническими колебаниями. Радиосигнал с модуляцией амплитуды импульсным колебанием.

Понятие угловой модуляции. Частотная и фазовая модуляция (ЧМ, ФМ). Радиосигналы с гармонической ЧМ и гармонической ФМ. Спектр радиосигнала с гармонической угловой модуляцией. Применение преобразования Гильберта для однозначного определения огибающей, частоты и фазы радиосигнала. Примеры вычисления преобразования Гильберта. Комплексное представление радиосигнала. Понятие аналитического сигнала и его свойства.

### Раздел 1.3 Прохождение детерминированного сигнала через линейную радиотехническую цепь.

Понятие линейной радиотехнической цепи (РТЦ). Основные параметры и характеристики линейной РТЦ. Основные методы анализа прохождения детерминированного сигнала через линейную РТЦ и условия



неискаженного прохождения. Понятие усиления сигнала. Линейный усилитель, схемы замещения линейного усилителя.

Линейный резонансный усилитель и его основные характеристики. Прохождение радиосигнала с гармонической АМ через линейный резонансный усилитель (настроенный и расстроенный). Прохождение прямоугольного радиоимпульса через линейный резонансный усилитель. Прохождение радиосигнала с гармонической ЧМ через избирательный усилитель.

*Раздел 1.4 Нелинейные радиотехнические цепи. Методы анализа. Применение.*

Понятие нелинейной РТЦ. Нелинейные элементы и методы аппроксимации их характеристик. Преобразование спектра сигнала нелинейным резистивным элементом (аппроксимация ВАХ степенным полиномом). Преобразование спектра сигнала нелинейным резистивным элементом (кусочно-линейная аппроксимация ВАХ). Нелинейное резонансное усиление сигнала. Применение нелинейной РТЦ для умножения частоты сигнала (умножитель частоты). Применение нелинейной РТЦ для получения АМК. Амплитудный модулятор смещением. Применение нелинейной РТЦ для детектирования АМК. Диодный амплитудный детектор. Применение нелинейной РТЦ для детектирования ФМК (фазовый детектор). Применение нелинейной РТЦ для детектирования ЧМК (частотный детектор). Применение нелинейной РТЦ для преобразования частоты радиосигнала.

## **МОДУЛЬ 2.**

*Раздел 2.1 Генерирование гармонических колебаний.*

Понятие автогенерации колебаний. Обобщенная структурная схема LC-автогенератора с внешней обратной связью (ОС). Основные электрические схемы LC-автогенератора с внешней ОС. Условия возбуждения колебаний. Переход к стационарному режиму в LC-автогенераторе с внешней обратной связью. Амплитуда и частота колебаний в стационарном режиме. Мягкий и жесткий режимы работы LC-автогенератора с внешней ОС. LC-автогенератор с внутренней ОС (генератор на туннельном диоде). RC-автогенераторы.

*Раздел 2.2 Случайные сигналы.*

Понятие случайного сигнала (СС). Математическое описание с помощью законов распределения неслучайных числовых характеристик законов распределения. Стационарность и эргодичность СС. Понятие автокорреляционной функции (АКФ) случайного сигнала. Основные

свойства АКФ стационарного СС. Энергетический спектр стационарного СС. Соотношение между шириной энергетического спектра и интервалом корреляции СС. Вычисление энергетического спектра эргодического СС по амплитудному спектру его реализации.

Классификация СС. Нормальный (гауссовский) СС. Модель СС в виде белого шума. Узкополосный СС. Закон распределения его огибающей и фазы.

### Раздел 2.3 *Линейная фильтрация случайных сигналов.*

Постановка задач анализа прохождения СС через линейную РТЦ. Закон распределения СС на выходе линейной РТЦ. Математическое ожидание, энергетический спектр, АКФ и дисперсия СС на выходе линейной цепи. Понятие оптимальной линейной фильтрации полностью известного сигнала на фоне стационарной гауссовской помехи. Частотные характеристики оптимального фильтра (ОФ). Сигнал и помеха на выходе ОФ. Выигрыш в отношении сигнал/помеха при оптимальной фильтрации. Синтез линейного фильтра, согласованного с одиночным прямоугольным видеоимпульсом. Синтез линейного фильтра, согласованного с одиночным прямоугольным радиоимпульсом. Синтез линейного фильтра, согласованного с фазоманипулированным сигналом.

### Раздел 2.4 *Прохождение случайного сигнала через нелинейную радиотехническую цепь.*

Постановка задачи. Преобразование одномерного закона распределения СС нелинейным безинерционным элементом. Прохождение узкополосного нормального шума через амплитудный детектор. Отношение сигнал/шум на выходе амплитудного детектора.

## **4.3 Лабораторный практикум.**

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Объем в часах
1	Раздел 1	Изучение основных измерительных приборов	4
2	Раздел 1	Спектральный анализ периодического колебания	4
3	Раздел 1	Синтез сигналов на основе теоремы Котельникова	4
4	Разделы 2	Прохождение сигналов через резистивный усилитель	4
5	Раздел 2	Исследование резонансного усилителя	4
6	Раздел 2	Прохождение сигналов через	4

		резонансный усилитель	
7	Раздел 3	Преобразование гармонических сигналов в нелинейном усилителе	4
8	Раздел 3	Изучение процессов получения и детектирования амплитудно-модулированных колебаний в нелинейном усилителе	4

#### 4.4 Практические занятия (упражнения)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема занятия	Объем в часах
1.	2.1	Условия возбуждения LC- автогенератора.	2
2.	2.1	Стационарный режим работы LC- автогенератора (мягкий и жесткий режимы).	2
3.	2.2	Основные характеристики случайных сигналов (СС). Спектральный и корреляционный анализ СС.	6
4.	2.3	Прохождение СС через линейную РТЦ.	2
5.	2.3	Оптимальная линейная фильтрация сигнала.	2
6.	2.4	Преобразование одномерного закона распределения СС нелинейным элементом.	2

**4.5 Курсовая работа на тему «Спектральный анализ и линейная фильтрация детерминированных сигналов» выполняется в соответствии с методическими указаниями (см.п.5).**

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы М.: Радио и связь, 1986г.
2. Жуков В.П. и др. Задачник по курсу «Радиотехнические цепи и сигналы» - М.: Высшая школа, 1986 г.
3. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы М: Высшая школа, 1992г.
4. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть 1 [Электронный ресурс]: дистанционный учебный курс / Авдеев В.В., Соколов С.Л., Волченков В.А. //

Центр дистанционного обучения ФГБОУ ВПО «РГРТУ», 2014. – Режим доступа: <http://cdo.rsreu/course/view.php?id=830> – Загл. с экрана – Яз. Рус.

5. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть 2 [Электронный ресурс]: дистанционный учебный курс / Авдеев В.В., Соколов С.Л., Волченков В.А. // Центр дистанционного обучения ФГБОУ ВПО «РГРТУ», 2015. – Режим доступа: <http://cdo.rsreu/course/view.php?id=894> – Загл. с экрана – Яз. Рус.

6. Радиотехнические цепи и сигналы: Методические указания к лабораторным работам ч.1 / Рязан. гос. радиотехническая акад.; Под ред. Филимонова Б. И. Рязань. 2010 (инв. № 4362).

7. Радиотехнические цепи и сигналы: Методические указания к лабораторным работам ч.2 / Рязан. гос. радиотехническая акад.; Под ред. Филимонова Б. И. Рязань. 2010 (инв. № 4363).

8. Радиотехнические цепи и сигналы: Методические указания к курсовой работе, Рязан. гос. радиотехническая акад.; Под ред. Филимонова Б. И. Рязань. 2010 (инв. № 4358).

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы»**

Фонд оценочных средств приведен в Приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине Радиотехнические цепи и сигналы»).

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **7.1. Основная учебная литература**

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. — М.: Радио и связь, 1986.
2. Баскаков С.М. Радиотехнические цепи и сигналы. — М.: Высшая школа, 1992.
3. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть 1 [Электронный ресурс]: дистанционный учебный курс / Авдеев В.В., Соколов С.Л., Волченков В.А. // Центр дистанционного обучения ФГБОУ ВПО «РГРТУ», 2014. – Режим доступа: <http://cdo.rsreu/course/view.php?id=830> – Загл. с экрана – Яз. Рус.
4. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть 2 [Электронный ресурс]: дистанционный учебный курс / Авдеев В.В., Соколов С.Л., Волченков В.А. // Центр дистанционного обучения ФГБОУ ВПО

«РГРТУ», 2015. – Режим доступа:  
<http://cdo.rsreu/course/view.php?id=894> – Загл. с экрана – Яз. Рус.

## **7.2. Дополнительная учебная литература**

1. Радиотехнические цепи и сигналы: Методические указания к лабораторным работам. Ч 1/ РГРТУ; сост.: В.В. Авдеев, А.Ю. Линович, С.Л. Соколов, Б.И. Филимонов; под редакцией Б.И. Филимонова — Рязань, 2017.
2. Радиотехнические цепи и сигналы: Методические указания к лабораторным работам. Ч 2/ РГРТУ; сост.: В.В. Авдеев, А.Ю. Линович, С.Л. Соколов, Б.И. Филимонов.; под редакцией Б.И. Филимонова— Рязань, 2017.

## **8. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) РГРТУ.
2. Система дистанционного обучения РГРТУ.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

### **9.1 Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины**

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

- 1) изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10...15 минут;
- 2) изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10...15 минут;
- 3) изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1...3 часа в неделю.

### **9.2 Описание последовательности действий студента («сценарий изучения дисциплины»)**

Для понимания теоретического материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

- 1) после прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10-15 минут);

2) При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10...15 минут).

В течение недели выбрать время (1..3 часа) для работы с литературными научно-техническими источниками, в том числе, размещёнными в Интернет.

3) В течении недели выбрать время для подготовки к очередной лабораторной работе или практическому занятию (1 час) и время для расчета КР ( в 5-ом семестре, примерно 1 час в неделю).

### **9.3 Рекомендации по работе с литературой**

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и рекомендованные источники. Литературу по курсу рекомендуется изучать в библиотеке. Полезно использовать несколько учебников или учебных пособий по курсу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

**Для освоения дисциплины необходимы**

Лицензионное проприетарное учебное программное обеспечение:

1. Операционная система Windows XP (DreamSpark Membership ID 700565238)
2. Kaspersky Endpoint Security (Коммерческая лицензия на 1000 компьютеров №2304-180222-115814-600-1595 с 25.02.2018 по 05.03.2019)
3. Adobe Reader (PlatformClients\_PC\_WWEULA-ru\_RU-20110809-1357 – бессрочно)
4. LibreOffice (Mozilla Public Licence 2.0 – бессрочно)
5. SMath Studio (Бесплатное программное обеспечение – бессрочно)

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**Для освоения дисциплины необходимы**

- 1). Лекционная аудитория, оборудованная средствами отображения

презентаций и других лекционных материалов на экран а.423 оснащенная: 1 мультимедиа проектор, 1 экран, 1 компьютер, специализированная мебель, доска.

2). Лаборатория «Радиотехнические цепи и сигналы» (лаб.418), оснащенная: 11 компьютеров с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, 1 мультимедиа проектор, 1 экран, специализированная мебель, доска, стенды для проведения лабораторных работ.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

Программу составил  
к.т.н., доцент кафедры ТОР

В. В. Авдеев