
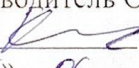


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА  
Кафедра «Радиотехнические системы»

СОГЛАСОВАНО

Декан ФРТ  
  
Холопов И.С.  
«25» 06 2020 г.

Руководитель ОПОП  
  
Кириллов С.Н.  
«25» 06 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по РОП и МД  
  
Корячко А.В.  
2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.01.03 «Радиоавтоматика»**

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 РТС

  
Гришаев Ю.Н.

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры « 2 » 09 20 20г., протокол № 1

Заведующий кафедрой РТС

  
Кошелев В.И., д.т.н., проф.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с **планируемыми результатами освоения образовательной программы специалитета.**

Рабочая программа по дисциплине «Радиоавтоматика» является составной частью основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки специалистов 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы (уровень специалитета), утвержденным приказом Минобрнауки России от 11.08.2016 г. №1031.

*Цель* изучения дисциплины: формирование знаний, умений, навыков анализа и синтеза систем радиоавтоматики.

*Задачи* изучения дисциплины: познакомить студентов с принципами построения систем радиоавтоматики, изучить основные методы анализа и синтеза непрерывных и дискретных систем автоматического регулирования, сформировать навыки моделирования систем радиоавтоматики в среде VisSim.

Код компетенции	Содержание компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-5	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знать построение систем радиоавтоматики (амплитудных, частотных, фазовых): непрерывных, импульсных и цифровых, методов их исследования. Уметь определить устойчивость систем радиоавтоматики и качество регулирования (ошибки).
ПК-8	Способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	Знать математические модели систем радиоавтоматики Уметь составить математическую модель конкретной системы радиоавтоматики Владеть моделированием систем радиоавтоматики в среде VisSim.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать методы анализа установившегося режима, устойчивости и качества регулирования непрерывных и дискретных систем (ОПК-5);
- уметь пользоваться аппаратом логарифмических частотных характеристик для анализа устойчивости и оценки качества регулирования линейных непрерывных систем (ОПК-5);
- владеть методами моделирования систем радиоавтоматики в среде VisSim (ПК-8).

**2 Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Радиоавтоматика» входит в базовую часть профессионального цикла подготовки специалиста. Дисциплина изучается на третьем курсе в пятом семестре.

Данная дисциплина базируется на знаниях, умениях, навыках, полученных студентами в ходе изучения дисциплин: «Математика», «Основы теории цепей», «Радиотехнические цепи и сигналы». Знания и навыки, приобретенные студентами в результате изучения дисциплины, полезны для последующих дисциплин: «Устройства генерирования и формирования сигналов», «Устройства приема и обработки сигналов», «Телевизионные системы и устрой-

ства», «Основы теории радиолокационных систем и комплексов», «Основы теории радиосистем и комплексов управления» и для курсового проектирования.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

Дисциплина изучается в пятом семестре.

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	<b>108</b>
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	<b>48</b>
Лекции	16
Практические занятия	16
Лабораторные занятия	16
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	<b>22</b>
Экзамен и консультации	40
Консультации в семестре	4
Самостоятельные занятия	16
Вид промежуточной аттестации	экзамен

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

#### 4.1 Содержание дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
Системы радиоавтоматики и их модели	<p>Управление и регулирование. Система автоматического регулирования и ее основные элементы: измерительный, управляющий, исполнительный и объект регулирования. Разомкнутые и замкнутые системы.</p> <p>Системы радиоавтоматики и их классификация в соответствии с математическим описанием радиосигнала. Системы радиоавтоматики для узкополосного радиосигнала: амплитудные, фазовые, частотные и комбинированные. Примеры систем радиоавтоматики: автоматической регулировки усиления, частотной автоподстройки частоты и фазовой автоподстройки частоты. Математические модели систем радиоавтоматики: статическая, линейная и нелинейная.</p>
Статическая модель и анализ установившегося режима системы АПЧ гетеродина	<p>Статическая модель системы частотной автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ). Построение статической характеристики системы по графическому решению алгебраической системы уравнений, описывающих статическую модель. Числовые показатели статического режима: коэффициент автоподстройки, полоса захвата и полоса удержания.</p>

<p>Линейная модель систем авторегулирования</p>	<p>Линейная модель и ее использование для анализа САР. Линейная модель системы АПЧГ. Передаточные функции систем с обратной связью: передаточные функции замкнутой системы, разомкнутой системы, ошибки и по возмущению. Связь между ними.</p>
<p>Устойчивость и качество регулирования линейных непрерывных САР</p>	<p>Понятие устойчивости. Устойчивое, неустойчивое и нейтрально устойчивое состояния. Решение однородного дифференциального уравнения как прямой метод анализа устойчивости. Требование к корням характеристического уравнения для устойчивой непрерывной системы Критерии устойчивости. Частотные критерии устойчивости: Михайлова и Найквиста. Запасы устойчивости. Использование аппарата типовых линейных звеньев для построения логарифмических частотных характеристик: амплитудной (ЛАХ) и фазовой (ЛФХ) линейных систем. Определение устойчивости замкнутой системы по логарифмическим характеристикам разомкнутой. Влияние фильтра нижних частот на устойчивость системы АПЧГ. Алгебраические критерии устойчивости: необходимое условие устойчивости, критерий Рауса-Гурвица. Устойчивость системы АПЧГ.</p> <p>Качество регулирования. Общая модель для оценки качества. Показатели качества при типовых входных воздействиях: скачкообразном, гармоническом, полиномиальном и стационарном случайном процессе. Переходная и частотная характеристики как показатели качества. Ошибки при полиномиальном воздействии. Ошибки: статическая, скоростная и по ускорению в статических и астатических системах. Ошибки при случайных задающем и возмущающем воздействиях: динамическая и по возмущению. Понятие об оптимальных значениях параметров системы, обеспечивающих минимум дисперсии суммарной ошибки. Оценка качества регулирования САР по ЛАХ и ЛФХ разомкнутой системы.</p>
<p>Коррекция линейных непрерывных САР</p>	<p>Типовые ЛАХ разомкнутой системы для статических и астатических САР. Коррекция систем: последовательная, параллельная и корректирующая обратная связь. Последовательная коррекция астатической системы первого порядка. Особенности коррекции статических и астатических систем.</p>
<p>Анализ нелинейных систем радиоавтоматики</p>	<p>Виды нелинейностей и их влияние на работу САР. Система ФАПЧ как нелинейная система. Нелинейная модель системы и ее использование для анализа САР. Нелинейная модель системы ФАПЧ. Методы анализа нелинейных систем. Фазовый портрет идеализированной системы ФАПЧ. Определение устойчивости по фазовому портрету. Статические характеристики системы ФАПЧ и их построение по фазовому портрету. Временной масштаб на фазовых траекториях. Переходные процессы в идеализированной системе ФАПЧ в режимах удержания и биений.</p> <p>Метод гармонической линеаризации. Анализ периодического режима в релейной системе частотной автоподстройки частоты методом гармонической линеаризации. Метод статистиче-</p>

	ской линеаризации. Расчет ошибок слежения методом статистической линеаризации.
Импульсные, цифровые и дискретные САР	<p>Понятие о дискретных системах. Импульсные и цифровые системы. Решетчатые функции, разности и разностные уравнения. Дискретное преобразование Лапласа в форме D-преобразования и Z-преобразования. Дискретные передаточные функции и частотные характеристики. Связь обычной и дискретной частотных характеристик непрерывной системы.</p> <p>Решение разностного уравнения как прямой метод анализа устойчивости. Требование к корням характеристического уравнения для устойчивой дискретной системы. Критерий устойчивости Гурвица. Переходная характеристика дискретной системы, методы расчета. Связь вида переходной характеристики с положением корней характеристического уравнения. Ошибки в дискретной системе. Динамическая ошибка при полиномиальном задающем воздействии. Ошибка по возмущению при случайном воздействии. Условие близости процессов в непрерывной и дискретной системах.</p> <p>Дискретная модель импульсной САР с АИМ второго рода. Приведенная непрерывная часть и ее характеристики. Дискретная передаточная функция замкнутой системы. Влияние квантования по уровню на процессы в системе авторегулирования. Шумы квантования. Дискретная модель полностью цифровой системы. Дискретная модель цифро-аналоговой системы. Системы слежения за задержкой импульсного сигнала. Дискретная САР с двумя интеграторами. Устойчивость системы. Переходная характеристика дискретной САР с двумя интеграторами.</p>
Оптимальные САР	Постановка задачи синтеза оптимальной системы, обеспечивающей наилучшее качество регулирования при случайных воздействиях. Оптимальная фильтрация Винера-Колмогорова. Оптимальная фильтрация Калмана.

#### 4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Раздел	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			всего	лекции	практические занятия	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Системы радиоавтоматики и их модели	4	2	2			2
2	Статическая модель и анализ установившегося режима системы АПЧ гетеродина	9	4		2	2	5
3	Линейная модель систем	4	2	2			2

	авторегулирования						
4	Устойчивость и качество регулирования линейных непрерывных САР	39	16	6	4	6	23
5	Коррекция линейных непрерывных САР	4	2		2		2
6	Анализ нелинейных систем радиоавтоматики	17	8	2	4	2	9
7	Импульсные, цифровые и дискретные САР	26	12	4	4	4	14
8	Оптимальные САР	5	2			2	3
		<b>108</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>60</b>

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

1. Гришаев Ю.Н. Радиоавтоматика: Компьютерный лабораторный практикум. Рязань, 2013 – 60 с..
2. Гришаев Ю.Н. Синтез частотных характеристик линейных систем автоматического регулирования: Методические указания. – Рязань, 2000 – 12 с.
3. Материалы в электронной форме:
  - 3.1 Презентация РАДИОАВТОМАТИКА (16 лекций) в среде Microsoft Office Power Point 2003.
  - 3.2 Лекции по радиоавтоматике (Комментарии к презентации)

### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Радиоавтоматика»**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся представлен в Приложении к программе «Оценочные материалы».

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

- а) Основная литература:
  1. Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика: Учебник для вузов. 2-е изд. – М.: Радиотехника, 2005.
  2. Гришаев Ю.Н. Радиоавтоматика: Компьютерный лабораторный практикум. Рязань, 2013.
  3. Гришаев Ю.Н. Синтез частотных характеристик линейных систем автоматического регулирования: Методические указания. – Рязань, 2000.
- б) Дополнительная литература
  1. Первачев С.В. Радиоавтоматика: Учебное пособие. – М.: Радио и связь, 1982.
  2. Радиоавтоматика: Учебное пособие / Под ред. В.А.Бесекерского. – М.: Высшая школа, 1985.

### **8. Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для изучения дисциплины**

1. [www.ahtp.rusoil.net/htm](http://www.ahtp.rusoil.net/htm) - Клиначев Н.В. Теория систем автоматического регулирования (с использованием пакета VisSim).

Обучающимся предоставлена возможность индивидуального доступа к следующим электронно-библиотечным системам.

1. Электронно-библиотечная система «Лань», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля. – URL: <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «IPRbooks», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля, из сети интернет по паролю. – URL: <https://iprbookshop.ru/>.

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

Эффективное освоение дисциплины предполагает постоянную работу с лекционным материалом и рекомендованной литературой. Целесообразно перед каждой лекцией просмотреть конспект предыдущей лекции с целью вспомнить изученный материал и быть готовым к восприятию нового. После лекции нужно проработать конспект, поправить неясные места, при необходимости дополнить. Полное понимание лекционного материала – залог успешного освоения дисциплины. При появлении трудностей не откладывать работу по их преодолению и обратиться за помощью к лектору.

Примерно половина материала изучается самостоятельно во время практических занятий. При самостоятельном изучении необходимо составить конспект на основании презентации. Добивайтесь полного понимания изложенного в презентации, обязательно пользуйтесь комментарием к презентации. Если не удастся достигнуть понимания самостоятельно, обращайтесь за помощью к преподавателю.

Изучение лекций необходимо при подготовке к лабораторным работам, выполнению необходимых расчетов к ним и оформлению отчетов. Учебный график по дисциплине составлен так, что параллельно происходит изучение одного и того же материала на лекциях и в лабораторных работах. Материал, изучаемый на лабораторном занятии, может следовать за лекционным, а может и опережать его. В первом случае сначала нужно проработать лекцию, чтобы иметь более широкое представление, а потом изучить методические указания к лабораторной работе. Во втором случае основным источником информации являются методические указания к лабораторной работе. В разделе "Основные сведения" кратко изложено все, что необходимо знать для выполнения лабораторной работы. Этот раздел нужно внимательно проработать. Это будет способствовать в дальнейшем и лучшему восприятию лекции.

После завершения лекционного материала по линейным системам следует в течение одной – двух недель выполнить индивидуальное задание по синтезу частотных характеристик линейных систем автоматического регулирования по заданным показателям качества с целью закрепления навыков использования аппарата логарифмических частотных характеристик при исследовании линейных САУ. При выполнении индивидуального задания используются методические указания (Основная литература[4]).

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

В преподавании дисциплины используются:

в лекционном курсе – презентация в среде PowerPoint 2003 Microsoft Office;  
в лабораторном практикуме – имитационное моделирование в среде VisSim.

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образова-**



**тельного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий используются лекционные аудитории РГРТУ, оборудованные компьютерным проектором: ауд. 324, 358 в главном учебном корпусе, ауд. 413, 525 в лабораторном корпусе.

Для практических занятий и лабораторных работ используются компьютерные классы 501 – 503 в лабораторном корпусе с установленным ППП VisSim.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 11.05.01 “Радиоэлектронные системы и комплексы” (квалификация «специалист»).

Программу составил:

к.т.н., доцент каф РТС \_\_\_\_\_ Ю.Н.Гришаев