

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 22

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель образовательной программы  
доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

Ю.В. Бакшеева

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«20 » февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

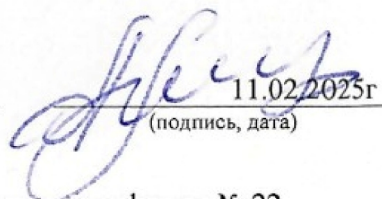
«Математическое моделирование радиотехнических устройств и систем»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.04.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Радиотехника
Наименование направленности	Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Проф. д.т.н., профессор  
(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

А.А.Монаков  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 22

«11» февраля 2025 г, протокол № 2

Заведующий кафедрой № 22

к.т.н.  
(уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

Ю.В. Бакшеева  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц.,к.т.н.,доц.  
(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

Н.В. Марковская  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Математическое моделирование радиотехнических устройств и систем» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 11.04.01 «Радиотехника» направленности «Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов». Дисциплина реализуется кафедрой «№22».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-1 «Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий»

УК-2 «Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла»

ОПК-1 «Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора»

ОПК-2 «Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы»

ОПК-3 «Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач»

ОПК-4 «Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач»

ПК-2 «Способен выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и совершенствования характеристик радиотехнических систем, комплексов и устройств с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ»

ПК-3 «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с созданием математических моделей радиотехнических систем и их звеньев, а также с реализацией математических моделей на компьютерах с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

## 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является подготовка специалистов к решению задач моделирования на ЭВМ радиотехнических устройств и систем различного назначения.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Универсальные компетенции	УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.3.1 знать методы критического анализа и системного подхода; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемных ситуаций УК-1.У.1 уметь искать нужные источники информации; анализировать, сохранять и передавать информацию с использованием цифровых средств; вырабатывать стратегию действий для решения проблемной ситуации УК-1.В.1 владеть навыками системного и критического мышления; методиками постановки цели, определения способов ее достижения
Универсальные компетенции	УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.3.1 знать этапы жизненного цикла проекта; виды ресурсов и ограничений для решения проектных задач; необходимые для осуществления проектной деятельности правовые нормы и принципы управления проектами
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.В.1 владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач в области радиотехники
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-2 Способен применять современные методы	ОПК-2.3.1 знать принципы и методы исследования современных радиотехнических систем ОПК-2.У.1 уметь применять

	исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы	математическое моделирование для исследования и оптимизации радиотехнических систем, комплексов и устройств
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-3 Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	ОПК-3.3.1 знать основы информационных и Интернет-технологий, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств, в том числе с использованием интеллектуальных технологий ОПК-3.У.1 уметь использовать современные информационные и компьютерные технологии, в том числе интеллектуальные, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности при решении инженерных задач ОПК-3.В.1 владеть методами построения моделей радиотехнических устройств и систем с использованием современных информационных технологий, в том числе интеллектуальных
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-4 Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач	ОПК-4.3.1 знать методы расчета, проектирования и модернизации радиотехнических устройств и систем с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств ОПК-4.У.1 уметь осуществлять выбор прикладных программных пакетов для решения соответствующих задач научной деятельности ОПК-4.В.1 владеть методами компьютерного моделирования и обработки информации с помощью специализированного программно-математического обеспечения для проведения исследований и решения инженерных задач
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и совершенствования характеристик	ПК-2.3.1 знать физические и математические модели и методы моделирования, в том числе с использованием интеллектуальных технологий, сигналов, процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиотехнических систем, комплексов и устройств

	радиотехнических систем, комплексов и устройств с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ	ПК-2.В.1 владеть математическим аппаратом для решения задач теоретической и прикладной радиотехники, методами исследования и моделирования объектов радиотехники
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	ПК-3.3.1 знать способы организации, проведения и анализа результатов экспериментальных исследований

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Теория и техника РТС
- Радиотехнические системы передачи информации
- Теория сигналов
- Основы теории радиосистем и комплексов управления
- Особенности приема и обработки сигналов в РТС различного назначения
- Пространственно-временная обработка сигналов
- Многофункциональные РЛС
- Спутниковые радионавигационные системы
- Основы вторичной радиолокации
- Перспективные методы обработки информации в РТС
- Адаптивные радиотехнические системы

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- Проектирование сложных технических систем
- Методы обработки информации в современных РТС
- Методы и техника распознавания радиолокационных целей
- Траекторная обработка радиолокационной информации
- Системы связи с подвижными объектами
- РЛС бокового обзора
- Радиосистемы мониторинга окружающей среды
- Учебная практика научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)
- Производственная преддипломная практика
- Производственная практика научно-исследовательская работа

### 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№1
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	4/ 144	4/ 144
<b>Из них часов практической подготовки</b>	4	4
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	45	45
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	65	65
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

### 4. Содержание дисциплины

#### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
<b>Семестр 1</b>					
Раздел 1. Общие принципы математического моделирования радиоэлектронных систем. Тема 1.1. Методы моделирования Тема 1.2. Радиотехнические системы и их особенности	2				10
Раздел 2. Цифровое моделирование детерминированных и случайных радиосигналов. Тема 2.1 – Цифровое моделирование детерминированных радиосигналов и сигналов со случайными параметрами Тема 2.2 – Цифровое моделирование случайных радиосигналов	3		3		11
Раздел 3. Моделирование линейных радиоэлектронных устройств. Тема 3.1 – Моделирование БИХ фильтров Тема 3.2 – Моделирование КИХ фильтров	3		3		11

Раздел 4. Моделирование нелинейных радиоэлектронных устройств. Тема 4.1 - Моделирование нелинейных безынерционных радиотехнических устройств Тема 4.2 - Моделирование нелинейных инерционных радиотехнических устройств	3		3		11
Раздел 5. Статистические методы обработки результатов моделирования. Тема 5.1 - Оценка плотностей вероятности и функций распределения вероятностей Тема 5.2 - Оценка моментов распределения случайных величин и случайных процессов	3		3		11
Раздел 6. Примеры моделирования радиоэлектронных устройств и систем в системе MATLAB. Тема 6.1 – Модель системы автоматической регулировки усиления Тема 6.2 – Модель системы фазовой автоматической подстройки частоты Тема 6.3 – Модель моноимпульсного следящего пеленгатора Тема 6.4 – Модель замкнутой системы наведения снаряда на движущуюся цель	3		5		11
Итого в семестре:	17		17		65
Итого	17	0	17	0	65

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
<b>1</b>	Общие принципы математического моделирования радиоэлектронных систем. <i>Тема 1.1 - Методы моделирования</i> Понятия «математическая модель» и «математическое моделирование». Методы моделирования. Значение цифрового моделирования при анализе и синтезе радиосистем. <i>Тема 1.2 – Радиотехнические системы и их особенности</i> Классификация радиосистем. Обобщенная структурная схема радиотехнической системы.
<b>2</b>	Цифровое моделирование детерминированных и случайных радиосигналов. <i>Тема 2.1 – Цифровое моделирование детерминированных радиосигналов и сигналов со</i>



	<p><i>случайными параметрами</i></p> <p>Методы несущей и комплексной огибающей при моделировании непрерывных детерминированных и случайных радиосигналов. Моделирование сигналов со случайными параметрами. Способы генерации одномерных случайных величин с заданными законами распределения вероятностей (метод обратной функции, Неймана, Бусленко). Генераторы нормально распределенных случайных чисел. Способы генерации многомерных случайных величин с заданными законами распределения вероятностей (метод условных вероятностей, метод Неймана). Генерация нормальных случайных векторов.</p> <p><i>Тема 2.2 – Цифровое моделирование случайных радиосигналов</i></p> <p>Моделирование случайных нормальных процессов с заданными спектральными характеристиками (метод ДПФ и формирующего фильтра). Моделирование негауссовских случайных процессов.</p>
3	<p>Моделирование линейных радиоэлектронных устройств.</p> <p><i>Тема 3.1 – Моделирование БИХ фильтров</i></p> <p>Основные свойства линейных цифровых фильтров. Методы синтеза БИХ фильтров по аналоговому прототипу (метод инвариантности импульсной характеристики, метод билинейного преобразования, метод согласованного Z-преобразования).</p> <p><i>Тема 3.2 – Моделирование КИХ фильтров</i></p> <p>Синтез КИХ фильтров, использование весовых окон. Метод частотной выборки. Автоматические методы синтеза линейных систем.</p>
4	<p>Моделирование нелинейных радиоэлектронных устройств.</p> <p><i>Тема 4.1 - Моделирование нелинейных безынерционных радиотехнических устройств</i></p> <p>Моделирование безынерционных нелинейных устройств. Моделирование замкнутых следящих систем, содержащих нелинейные безынерционные звенья.</p> <p><i>Тема 4.2 - Моделирование нелинейных инерционных радиотехнических устройств</i></p> <p>Моделирование нелинейных систем, заданных системами дифференциальных уравнений (методы Эйлера и Рунге-Кутты).</p>
5	<p>Статистические методы обработки результатов моделирования.</p> <p><i>Тема 5.1 - Оценка плотностей вероятности и</i></p>

	<p><i>функций распределения вероятностей</i></p> <p>Оценка плотностей вероятности и функций распределения вероятностей, эмпирическое распределение. Критерии согласия (Пирсона, Колмогорова, Мизеса).</p> <p><i>Тема 5.2 - Оценка моментов распределения случайных величин и случайных процессов</i></p> <p>Оценка моментов распределения случайной величины. Оценка корреляционных функций и спектральных плотностей случайных процессов (методы коррелограмм и периодограмм).</p>
6	<p>Примеры моделирования радиоэлектронных устройств и систем в системе MATLAB.</p> <p><i>Тема 6.1 – Модель системы автоматической регулировки усиления</i></p> <p>Структурные схемы систем АРУ. Основные параметры и характеристики систем АРУ. Расчет системы АРУ в статическом режиме. Математическая модель системы АРУ.</p> <p><i>Тема 6.2 – Модель системы фазовой автоматической подстройки частоты</i></p> <p>Структурные схемы систем ФАПЧ. Основные параметры и характеристики систем ФАПЧ. Расчет системы ФАПЧ в статическом режиме. Математическая модель системы ФАПЧ.</p> <p><i>Тема 6.3 – Модель моноимпульсного следящего пеленгатора</i></p> <p>Структурные схемы систем автоматического сопровождения по углу. Основные параметры и характеристики систем. Расчет основных параметров систем автоматического сопровождения по углу в статическом и динамическом режимах. Математическая модель моноимпульсного суммарно-разностного пеленгатора.</p> <p><i>Тема 6.4 – Модель замкнутой системы наведения снаряда на движущуюся цель</i></p> <p>Структурная схема системы самонаведения. Основные параметры систем самонаведения. Методы самонаведения и их характеристики. Расчет основных параметров систем самонаведения. Математическая модель контура самонаведения снаряда на цель.</p>

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 1				
1	Методы генерации случайных величин с произвольным законом распределения	3	3	2.1
2	Моделирование гауссовских случайных процессов с заданными спектральными свойствами: метод дискретного преобразования Фурье	3	3	2.2
3	Моделирование гауссовских случайных процессов с заданными спектральными свойствами: метод формирующего фильтра	3	3	2.2
4	Моделирование системы автоматической регулировки усиления	3	3	6.1
5	Моделирование системы фазовой автоматической подстройки частоты	5	5	6.2
Всего		17	17	

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 1, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	65	65
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю		

успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)		
Всего:	65	65

5. Перечень учебно-методического обеспечения  
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.  
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.396.9 М 77	Математическое моделирование радиотехнических систем : учебное пособие / А. А. Монаков. - СПб. : Лань, 2016. - 146 с. : рис. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-8114-2188-6	10
621.396.9(ГУАП) М 77	Монаков, Андрей Алексеевич, Основы математического моделирования радиотехнических систем : учебное пособие / А. А. Монаков ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2005. - 100 с. : рис. - Библиогр.: с. 96 - 97 (24 назв.).	63
621.391 О-75	Основы цифровой обработки сигналов и математическое моделирование РЭС [Текст] : методические указания к выполнению лабораторных работ / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост.: А. А. Монаков, А. М. Миролубов. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2011. - 126 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 124 - 125 (18 назв.). - Б. ц.	83
004.8 С 60	Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB / А. И.	20

	Солонина, С. М. Арбузов. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 816 с.	
621.391.26(075) С32	Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. СПб.: Питер, 2003. 608 с.	130
621.372.037.732(075) Б19	Бакалов, В. П. Цифровое моделирование случайных процессов / В. П. Бакалов. М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002. 88 с.	7
6Ф2.01.391.4 Р12	Рабинер, Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Гоулд; пер. с англ. под ред. Ю. И. Александрова. М.: Мир, 1978. 848 с.	3
621.391 О-62	Оппенгейм, А. В. Цифровая обработка сигналов / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер; Пер. с англ. под ред. С. Я. Шаца. М.: Связь, 1979. 416 с.	12
621.372 А72	Антонью, А. Цифровые фильтры: анализ и проектирование / А. Антонью; Пер. с англ. В. А. Лексаченко, В. Г. Челпанова; Под ред. С. А. Понырко. М.: Радио и связь, 1983. 320 с.	1
004.4 Б95	Быков, В. В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике / В. В. Быков. М.: Сов. радио, 1971. 328 с.	25
004 О-75	Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, С. М. Арбузов, Е. Б. Соловьева, И. И. Гук. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 608 с.	40
004 М 77	Монаков, А. А. Основы цифровой обработки сигналов: дискретные сигналы и цифровые фильтры / А. А. Монаков. СПб.: ГУАП, 2008. 112 с.	72
519.1/.2 М28	Марпл-мл., С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С. Л. Марпл-мл.; Пер. с англ. О. И. Хабарова, Г. А. Сидоровой под ред. И. С. Рыжака. М.: Мир, 1990. 584 с.	8
621.391 Т46	Тихонов, В. И. Оптимальный прием сигналов / В. И. Тихонов. М.: Радио и связь, 1983. 320 с.	4

621.37 Т46	<i>Тихонов, В. И.</i> Статистический анализ и синтез радиотехнических систем: Учеб. пособие для вузов / В. И. Тихонов, В. Н. Харисов. М.: Радио и связь, 1991. 608 с.	56
519.21 Б20	<i>Балакришнан, А.</i> Теория фильтрации Калмана / А. Балакришнан; Пер. с англ. С. М. Зуева под ред. А. А. Новикова. М.: Мир, 1988. 168 с.	4
	<i>Кривицкий, Б. Х.</i> Системы автоматической регулировки усиления / Б. Х. Кривицкий, Е. Н. Салтыков. М.: Радио и связь, 1982.	0
621.396.62 Р15	Радиоприемные устройства: Учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов / Ю. Т. Давыдов, Ю. С. Данич, А. П. Жуковский и др.; Под ред. А. П. Жуковского. М.: Высшая школа, 1989. 342 с.	33
621.396 П80	<i>Прокис, Дж.</i> Цифровая связь / Дж. Прокис; Пер. с англ. Д. Д. Кловского, Б. И. Николаева; Под ред. Д. Д. Кловского. М.: Радио и связь, 2000. 800 с.	10
621.396.9 Л47	<i>Леонов, А. И.</i> Моноимпульсная радиолокация: 2-е изд., перераб. и доп. / А. И. Леонов, К. И. Фомичев. М.: Радио и связь, 1984. 312 с.	9

#### 7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=537">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=537</a>	Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения/ Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. – 5-е стер. – СПб.: Лань, 2010 – 400 с.
<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=689">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=689</a>	Математические модели естественных наук/ В.И. Юдович – СПб.: Лань, 2011. –

	336с.
<a href="http://e.lanbook.com/view/book/540/">http://e.lanbook.com/view/book/540/</a>	Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения. Лань, 2010.
<a href="http://e.lanbook.com/view/book/269/">http://e.lanbook.com/view/book/269/</a>	Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив/ С.В. Микони. - Лань, 2009.

## 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	
2	Специализированная лаборатория «Лаборатория математического моделирования РЭС»	

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средствдля проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1.	Моделирование непрерывных детерминированных радиосигналов: метод несущей	УК-1.3.1
2.	Моделирование непрерывных детерминированных радиосигналов: метод комплексной огибающей	УК-1.У.1
3.	Моделирование случайных величин с равномерным законом распределения вероятности	УК-1.В.1



4.	Моделирование случайных величин методом обратной функции	УК-2.3.1
5.	Моделирование случайных величин методом Неймана	ОПК-1.В.1
6.	Моделирование случайных величин методом Бусленко	ОПК-2.3.1
7.	Моделирование дискретных случайных величин	ОПК-2.У.1
8.	Моделирование случайных величин с нормальным законом распределения вероятности	ОПК-3.3.1
9.	Моделирование случайных векторов с произвольным законом распределения вероятности	ОПК-3.У.1
10.	Моделирование нормальных случайных векторов	ОПК-3.В.1
11.	Моделирование стационарных нормальных процессов с использованием алгоритма БПФ	ОПК-4.3.1
12.	Моделирование стационарных нормальных процессов методом формирующего фильтра	ОПК-4.У.1
13.	Моделирование стационарных негауссовских процессов	ОПК-4.В.1
14.	Синтез БИХ фильтров методом инвариантности импульсной характеристики	ПК-2.3.1
15.	Синтез БИХ фильтров методом билинейного преобразования	ПК-2.В.1
16.	Синтез БИХ фильтров методом конечных разностей	ПК-3.3.1
17.	Расчет КИХ фильтров с использованием весовых окон	ОПК-3.У.1
18.	Моделирование нелинейных безинерционных и замкнутых инерционных звеньев	ОПК-3.У.1
19.	Моделирование нелинейных звеньев, заданных дифференциальными уравнениями	ОПК-3.У.1
20.	Оценка закона распределения вероятности случайной величины	ОПК-3.У.1
21.	Критерии согласия Пирсона, Колмогорова и Крамера-Мизеса	ОПК-3.У.1
22.	Оценка моментов одномерного распределения случайной величины	ОПК-3.У.1
23.	Оценка корреляционной функции стационарного случайного процесса	ОПК-3.У.1
24.	Методы оценки СПМ	ОПК-3.У.1
25.	Математическая модель системы автоматической регулировки усиления приемника	УК-1.В.1
26.	Математическая модель следящего моноимпульсного пеленгатора	УК-1.В.1
27.	Математическая модель системы наведения управляемого снаряда	УК-1.В.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения
-------	--

	курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора				
	<p>1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора;</p> <p>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</p> <p><b>Укажите, какой сигнал называется детерминированным?</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Сигнал с полностью известными параметрами.</li><li>2. Сигнал, параметры которого не изменяются во времени.</li><li>3. Сигнал на выходе передатчика.</li><li>4. Сигнал на выходе приемника.</li></ol> <p><b>Ответ:</b> 1.</p> <p>2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора;</p> <p>Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</p> <p><b>Линейная система полностью описывается:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Дифференциальным уравнением</li><li>2. Импульсной характеристикой</li><li>3. Частотной характеристикой</li><li>4. Центральной частотой и шириной полосы пропускания</li></ol> <p><b>Ответ:</b> 1, 2 и 3. Линейная система полностью описывается своим дифференциальным уравнением. Импульсная и частотная характеристики связаны однозначно преобразованием Фурье и могут быть получены из дифференциального уравнения системы.</p> <p>3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия</p> <p>Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце</p> <p><b>Установите соответствие между характеристиками линейных звеньев и их определениями.</b></p> <table><tr><td>А - Амплитудно-частотная характеристика</td><td>1 - Зависимость разности фаз выходного и входного сигналов от частоты гармонического сигнала, действующего на входе.</td></tr><tr><td>Б - Фазово-частотная характеристика</td><td>2 – Выходной сигнал на выходе системы при подаче на вход короткого импульсного сигнала, деленный на площадь входного</td></tr></table>	А - Амплитудно-частотная характеристика	1 - Зависимость разности фаз выходного и входного сигналов от частоты гармонического сигнала, действующего на входе.	Б - Фазово-частотная характеристика	2 – Выходной сигнал на выходе системы при подаче на вход короткого импульсного сигнала, деленный на площадь входного	ОПК-1
А - Амплитудно-частотная характеристика	1 - Зависимость разности фаз выходного и входного сигналов от частоты гармонического сигнала, действующего на входе.					
Б - Фазово-частотная характеристика	2 – Выходной сигнал на выходе системы при подаче на вход короткого импульсного сигнала, деленный на площадь входного					

	сигнала.	
В - Импульсная характеристика	3 - Зависимость отношения амплитуд сигналов от частоты гармонического сигнала, действующего на входе.	
Г – Переходная характеристика	4 - Выходной сигнал на выходе системы при подаче на вход скачка напряжения (тока), деленный на амплитуду входного сигнала.	

**Ответ:** А-3, Б-1, В-2, Г-4

4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности;

Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо

**Установите последовательность сигналов, в которой каждое следующее является результатом интегрирования предыдущего.**  
 А –Единичный скачок (функция Хэвисайда)  
 Б – Линейно возрастающий сигнал  
 В – Дельта-функция  
 Г – Параболический сигнал

**Ответ:** ВАБГ

5 тип) Задание открытого типа с развернутым ответом.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В ходе эксперимента, целью которого было определение импульсной характеристики линейной системы, было установлено, что реакция системы на входной импульсный сигнал  $x(t) = A \exp[-\alpha t], t \geq 0$  может быть с высокой точностью аппроксимирована функцией

$$y(t) = \frac{A}{\alpha\tau - 1} \left( \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right] - \exp[-\alpha t] \right),$$

где  $A, \alpha, \tau$  - положительные постоянные. Определите, импульсную характеристику и тип системы.

**Ответ:** апериодическое звено первого порядка с импульсной характеристикой  $h(t) = \tau^{-1} \exp[-t/\tau], t \geq 0$ .

$$S = \int_0^{\infty} s(t) dt = A \int_0^{\infty} \exp[-\alpha t] dt = \frac{A}{\alpha}$$

$$\frac{y(t)}{S} = \frac{A}{\alpha\tau - 1} \left( \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right] - \exp[-\alpha t] \right) \frac{\alpha}{A} = \frac{1}{\tau - 1/\alpha} \left( \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right] - \exp[-\alpha t] \right),$$

$$h(t) = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \frac{y(t)}{S} = \frac{1}{\tau} \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right]$$

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;

- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

#### Задание и требования к проведению лабораторных работ

Лабораторные работы выполняются в соответствии с индивидуальным заданием. Таблицы заданий приведены в методическом пособии (см. п. 6).

#### Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о выполнении лабораторной работе должен содержать титульный лист в соответствии с бланком, опубликованном на электронном ресурсе [http://guap.ru/guap/standart/titl\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml), цель работы, индивидуальное задание, теоретические выкладки, необходимые для решения задания, рисунки (скриншоты) с полученными в ходе работы графиками, листинги программного кода, анализ полученных результатов и выводы по работе.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32-2001 издания 2008 года.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой