

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)

«24» июня 2024 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Прикладная теория сигналов в радиофизике»

(Наименование дисциплины)

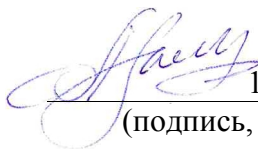
Код направления подготовки/ специальности	03.04.03
Наименование направления подготовки/ специальности	Радиофизика
Наименование направленности	Радиотехнические системы и комплексы
Форма обучения	очная
Год приема	2024

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Проф., д.т.н., проф.

(должность, уч. степень,
звание)



17.06.2024

(подпись, дата)

А. А. Монаков

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 22

17 июня 2024 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой № 22

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)



17.06.24

(подпись, дата)

Н.В. Поваренкин

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



17.06.24

(подпись, дата)

Н.В. Марковская

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Прикладная теория сигналов в радиофизике» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 03.04.03 «Радиофизика» направленности «Радиотехнические системы и комплексы». Дисциплина реализуется кафедрой «№22».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен проводить исследования в области анализа радиосигналов различного назначения»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современной теорией радиосигналов, системного подхода при изучении методов математического представления и описания детерминированных и случайных сигналов, а также свойств и характеристик систем обработки радиосигналов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося

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

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 получение обучающимися необходимых знаний, умений и навыков в области теории сигналов, анализа и синтеза систем, в которых происходит прием и обработка радиотехнические сигналы.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, 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
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен проводить исследования в области анализа радиосигналов различного назначения	ПК-1.3.1 знать основные типы радиосигналов, методы их описания и анализа ПК-1.У.1 уметь проводить анализ характеристик радиосигналов ПК-1.В.1 владеть навыками математического моделирования радиосигналов

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра
- Математика. Математический анализ
- Математика. Теория вероятностей и математическая статистика
- Радиолокационные системы и комплексы
- Цифровая обработка сигналов
- Физика
- Информационные технологии
- Методы оптимизации
- Методы траекторной обработки сигналов
- Адаптивные радиолокационные системы
- Сверхширокополосная радиолокация
- Прикладная теория информации
- Многопозиционные РЛС
- Теория оценок и фильтрации случайных процессов

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

- Производственная практика научно-исследовательская работа
- Многофункциональные радиолокационные системы
- Пространственно-временная обработка сигналов

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
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	93	93
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф. Зач.	Дифф. Зач.

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)
Семестр 1					
Раздел 1. Введение в теорию сигналов Тема 1.1. Общие сведения и понятия. Тема 1.2 - Информационная емкость сигналов.	2	1			9
Раздел 2. Пространство и метрология сигналов Тема 2.1 – Пространство сигналов. Тема 2.2 – Пространства функций. Тема 2.3 – Функции корреляции сигналов.	2	1			10
Раздел 3. Спектральное представление сигналов Тема 3.1 – Разложение сигналов по гармоническим функциям. Тема 3.2 – Спектры некоторых сигналов. Тема 3.3 – Энергетические спектры сигналов.	2	1			10
Раздел 4. Корреляция сигналов Тема 4.1 - Автокорреляционные и взаимокорреляционные функции сигналов. Тема 4.2 - Спектральные плотности корреляционных функций.	2	1			10

Раздел 5. Многомерные сигналы и системы Тема 5.1 - Двумерные и многомерные сигналы и системы. Тема 5.2 - Частотный анализ многомерных сигналов.	4	2			9
Раздел 6 - Модулированные сигналы Тема 6.1 – Частотно-модулированные сигналы. Тема 6.2 – Импульсно-модулированные сигналы. Тема 6.3 – Аналитические сигналы.	4	2			9
Раздел 7 - Основы вейвлетного преобразования сигналов Тема 7.1 – Истоки вейвлет-преобразования. Тема 7.2 – Свойства вейвлет-преобразования. Тема 7.3 – Дискретное вейвлет преобразование.	4	2			9
Раздел 8 – Случайные процессы Тема 8.1 – Математическое описание случайных величин, векторов и процессов Тема 8.2 – Моменты одномерного распределения вероятности, моменты многомерных распределений Тема 8.3 – Стационарные и эргодические процессы	4	2			9
Раздел 9 – Нормальные случайные процессы Тема 9.1 – Нормальные случайные величины, векторы и процессы Тема 9.2 – Корреляционная функция нормальных случайных процессов, корреляционная матрица и ее свойства Тема 9.3 - Спектральная плотность мощности стационарных нормальных процессов	4	2			9
Раздел 10 – Марковские случайные процессы Тема 10.1 – Типы марковских процессов. условие марковости, уравнение Смолуховского Тема 10.2 – Марковские цепи и дискретные марковские процессы Тема 10.3 – Диффузионные процессы, уравнения Колмогорова	6	3			9
Итого в семестре:	34	17			93
Итого	34	17	0	0	93

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
---------------	---

1	<p>Введение в теорию сигналов</p> <p>Тема 1.1 – Общие сведения и понятия.</p> <p>Понятие сигнала. Шумы и помехи. Размерность сигналов.</p> <p>Математическое описание сигналов. Спектральное представление сигналов. Математические модели сигналов. Виды моделей.</p> <p>Классификация сигналов. Типы сигналов.</p> <p>Тема 1.2 – Информационная емкость сигналов.</p> <p>Понятие информации. Количественная мера информации. Энтропия источника информации.</p>
2	<p>Пространство и метрология сигналов</p> <p>Тема 2.1 – Пространство сигналов.</p> <p>Множества сигналов. Линейное пространство сигналов. Норма сигналов. Метрика сигналов. Скалярное произведение сигналов. Корреляция сигналов. Координатный базис пространства. Мощность и энергия сигналов.</p> <p>Тема 2.2 – Пространства функций.</p> <p>Нормирование метрических параметров. Ортогональные сигналы. Ортонормированный базис пространства. Разложение сигнала в ряд. Ортонормированные системы функций. Разложение энергии сигнала.</p>
3	<p>Спектральное представление сигналов</p> <p>Тема 3.1 – Разложение сигналов по гармоническим функциям.</p> <p>Понятие собственных функций. Ряды Фурье. Тригонометрическая форма. Параметры эффекта Гиббса. Интеграл Фурье.</p> <p>Тригонометрическая форма. Основные свойства преобразований Фурье. Преобразование Лапласа. Обобщенный ряд Фурье.</p>
4	<p>Корреляция сигналов</p> <p>Тема 4.1 – Автокорреляционные и взаимокорреляционные функции сигналов.</p> <p>Понятие автокорреляционных функций (АКФ). АКФ сигналов, ограниченных во времени. АКФ периодических сигналов. АКФ дискретных сигналов.</p>
5	<p>Многомерные сигналы и системы</p> <p>Тема 5.1 - Двумерные и многомерные сигналы и системы.</p> <p>Двумерный единичный импульс. Двумерный линейный импульс. Двумерная единичная ступенька. Экспоненциальная последовательность. Разделимые последовательности. Конечные последовательности. Периодические последовательности. Двумерные системы. Базовые операции. Линейные системы. Инвариантность к сдвигу. Импульсный отклик. Двумерная свертка. Разделимые системы. Устойчивость систем.</p>
6	<p>Модулированные сигналы</p> <p>Тема 6.1 – Частотно-модулированные сигналы.</p> <p>Внутриимпульсная частотная модуляция. ЛЧМ-сигналы. Спектр прямоугольного ЛЧМ-сигнала.</p>
7	<p>Основы вейвлет преобразования сигналов</p>

	<p>Тема 7.1 – Истоки вейвлет-преобразования. Историческая справка. Преобразование Фурье. Оконное преобразование Фурье. Частотно-временное оконное преобразование. Принцип вейвлет-преобразования. Вейвлет-спектр. Непрерывное вейвлет-преобразование. Понятие масштаба ВП. Процедура преобразования. Обратное преобразование.</p> <p>Тема 7.2 – Свойства вейвлет-преобразования. Базисные функции вейвлет-преобразования. Определение вейвлета. Свойства вейвлета. Отображение преобразования. Вейвлет-функции. Свойства вейвлет-преобразования.</p> <p>Тема 7.3 –Кратномасштабный вейвлет анализ. Принцип кратномасштабного анализа. Дискретные ортогональные преобразования. Вейвлет Хаара. Свойства преобразования. Математические основы кратномасштабного анализа. Исходные условия. Масштабирующая функция. Базисный вейвлет. Разложение функций на вейвлет ряды. Вычисление вейвлет рядов. Быстрое вейвлет-преобразование. Принцип преобразования. Алгоритм Малла.</p>
8	<p>Раздел 8 – Случайные процессы Тема 8.1 – Математическое описание случайных величин, векторов и процессов Плотности вероятностей, интегральные функции распределений, характеристические функции распределений, их свойства и взаимно однозначная связь. Тема 8.2 – Моменты одномерного распределения вероятности, моменты многомерных распределений Начальные и центральные моменты, вычисление моментов с помощью характеристической функции, примеры определения моментов. Тема 8.3 – Стационарные и эргодические процессы Свойства стационарности в узком и широком смысле, спектральная плотность мощности, эргодические процессы, теоремы эргодичности</p>
9	<p>Раздел 9 – Нормальные случайные процессы Тема 9.1 – Нормальные случайные величины, векторы и процессы Одномерные и многомерные функции распределения вероятности, Тема 9.2 – Корреляционная функция нормальных случайных процессов, корреляционная матрица и ее свойства Корреляционная и ковариационная функции, корреляционная матрица и ее свойства, независимость и некоррелированность Тема 9.3 - Спектральная плотность мощности стационарных нормальных процессов Физический смысл спектральной плотности мощности, теорема Винера-Хинчина.</p>
10	<p>Раздел 10 – Марковские случайные процессы Тема 10.1 – Типы марковских процессов. условие марковости, уравнение Смолуховского Основное условие марковости случайного процесса, классификация марковских, уравнения Смолуховского для дискретного и непрерывного марковских процессов. Тема 10.2 – Марковские цепи и дискретные марковские процессы. Математическое описание марковских цепей и дискретных марковских процессов, матричные и дифференциальные уравнения для вероятностей</p>

	и плотностей перехода. Тема 10.3 – Диффузионные процессы, уравнения Колмогорова Белый шум, стохастическое дифференцирование и интегрирование, интегралы Ито и Статонovichа, диффузионный процесс как выходной сигнал нелинейной системы первого порядка, стохастические дифференциальные уравнения, коэффициента сноса и диффузии, уравнения Колмогорова в прямом и обратном времени, примеры анализа диффузионных процессов.
--	---

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
Семестр 1					
1	Преобразования типа сигналов. Графическое отображение сигналов. Тестовые сигналы. Системы преобразования сигналов. Общее понятие систем. Основные системные операции. Линейные системы. Основные свойства энтропии. Энтропия непрерывного источника информации. Информационная емкость сигналов.	Решение задач	1	1	1
2	Корреляционные функции сигналов. Взаимная корреляционная функция.	Решение задач	1	1	2
3	Единичные импульсы. Гребневая функция. Спектр прямоугольного импульса. Треугольные импульсы. Экспоненциальный импульс. Функции Лапласа и Гаусса. Гармонические колебания. Радиоимпульс. Мощность и энергия сигналов. Скалярное произведение сигналов. Взаимный энергетический спектр. Энергетический спектр сигнала.	Решение задач	1	1	3
4	Двухмерная корреляционная и взаимно-корреляционная функции. Функция неопределенности Вудворта и тело неопределенности.	Решение задач	1	1	4

	<p>Объем тела неопределенности. Разрешающая способность сигналов по времени задержки и частоте. Спектральная плотность АКФ. Интервал корреляции сигнала. Спектральная плотность ВКФ. Вычисление корреляционных функций при помощи БПФ.</p>				
5	<p>Частотный отклик двумерной системы. Импульсный отклик системы. Свойства двумерного преобразования Фурье. Многомерный Фурье-анализ. Периодические последовательности. Конечные последовательности. Многомерные последовательности.</p>	Решение задач	2	2	5
6	<p>НЛЧМ сигналы, уменьшение уровня боковых лепестков путем синтеза пары «сигнал – фильтр». ФМ сигналы, уменьшение уровня боковых лепестков путем синтеза пары «сигнал – фильтр». Преобразования Гильберта. Свойства преобразования Гильберта. Вычисление преобразования Гильберта. Понятие аналитического сигнала. Комплексное представление вещественных сигналов. Аналитический сигнал. Спектральная плотность аналитического сигнала. Примеры применения аналитических сигналов. Огибающая и мгновенная фаза сигналов. Мгновенная частота. Огибающие модулированных сигналов.</p>	Решение задач	2	2	6
7	<p>Дискретное вейвлет-преобразование. Частотно-временная локализация вейвлет-анализа. Образное представление</p>	Решение задач	2	2	7

	преобразования. Достоинства и недостатки вейвлетных преобразований. Практическое использование. Вейвлет-преобразование простых сигналов. Реконструкция сигналов. Пакетные вейвлеты. Фильтры дуальной декомпозиции и реконструкции сигналов. Идеальные фильтры. Реальные фильтры. Ортогональные и биортогональные вейвлеты. Коэффициенты вейвлета. Пример расчета. Вейвлет Добеши. Биортогональные вейвлеты.				
8	Вычисление плотностей распределения вероятности случайных величин при линейных и нелинейных преобразованиях, вычисление моментов распределения	Решение задач	2	2	8,9,10
9	Вычисление корреляционной функции и спектральной плотности мощности стационарных случайных процессов	Решение задач	2	2	8,9,10
10	Вычисление вероятностных характеристик марковских цепей и марковских процессов с дискретным множеством состояний, определение параметров пуассоновского случайного потока.	Решение задач	3	3	8,9,10
Всего			17	17	

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
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

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)	93	93
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:	93	93

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)
004.8 С 60	Солонина, А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB / А. И. Солонина, С. М. Арбузов. СПб.: БХВ - Петербург, 2008. 816 с.	20
517.443(075) Б68	Блаттер, К. Вейвлет - анализ. Основы теории / К. Блаттер. М.: Техносфера, 2004. 280 с.	5
004.383.3 О-75	Солонина, А. И. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций/ А. И. Солонина, Д. И. Улахович, С. М. Арбузов и	40

	др. СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2003.	
621.391.26(075) С32	Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. СПб.: Питер, 2003. 608 с.	130
621.372 Г65	Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. — М.: Дрофа, 2006. — 719 с.	23
621.372 Р15	Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. Руководство к решению задач. — М.: Высшая школа, 2000. - 203 с.	19
621.37 Т46	<i>Тихонов, В. И.</i> Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / В. И. Тихонов, В. Н. Харисов. М.: Радио и связь: Горячая линия - Телеком, 2004, 608 с.	56
621.37 Т46	<i>Тихонов, В. И.</i> Статистическая радиотехника / В. И. Тихонов М.: Радио и связь, 1982, 624 с.	23
621.396.9 М74	<i>Леонов, А. И.</i> Моделирование в радиолокации/ А. И. Леонов, В. Н. Васенев, Ю. И. Гайдуков и др.; под ред. А. И. Леонова. - М.: Сов. радио, 1979, 264 с.	8
621.391 О-62	Цифровая обработка сигналов / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер; Пер. с англ. под ред. С. Я. Шаца. М.: Связь, 1979. 416 с.	12
004.4 Б95	<i>Быков, В. В.</i> Цифровое моделирование в статистической радиотехнике / В. В. Быков. М.: Сов. радио, 1971. 328 с.	25
004 М 77	<i>Монаков, А. А.</i> Основы цифровой обработки сигналов: дискретные сигналы и цифровые фильтры / А. А. Монаков. СПб: ГУАП, 2008. 112 с.	72
519.1/.2 М28	<i>Марпл-мл., С. Л.</i> 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

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
	Не предусмотрено

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
1	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 таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

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 зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

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

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

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1.	Преобразования типа сигналов. Графическое отображение сигналов. Тестовые сигналы.	ПК-1
2.	Системы преобразования сигналов. Общее понятие	

	систем. Основные системные операции. Линейные системы.	
3.	Основные свойства энтропии. Энтропия непрерывного источника информации. Информационная емкость сигналов.	
4.	Корреляционные функции сигналов. Взаимная корреляционная функция.	
5.	Единичные импульсы. Гребневая функция. Спектр прямоугольного импульса. Треугольные импульсы. Экспоненциальный импульс. Функции Лапласа и Гаусса.	
6.	Гармонические колебания. Радиоимпульс. Мощность и энергия сигналов. Скалярное произведение сигналов. Взаимный энергетический спектр. Энергетический спектр сигнала.	
7.	Двухмерная корреляционная и взаимно-корреляционная функции. Функция неопределенности Вудворта и тело неопределенности. Объем тела неопределенности. Разрешающая способность сигналов по времени задержки и частоте.	
8.	Спектральная плотность АКФ. Интервал корреляции сигнала. Спектральная плотность ВКФ. Вычисление корреляционных функций при помощи БПФ.	
9.	Частотный отклик двумерной системы. Импульсный двумерный отклик системы.	
10.	Свойства двумерного преобразования Фурье. Многомерный Фурье-анализ.	
11.	Периодические последовательности. Конечные последовательности. Многомерные последовательности.	
12.	НЛЧМ сигналы, уменьшение уровня боковых лепестков путем синтеза пары «сигнал – фильтр». ФМ сигналы, уменьшение уровня боковых лепестков путем синтеза пары «сигнал – фильтр».	
13.	Преобразования Гильберта. Свойства преобразования Гильберта. Вычисление преобразования Гильберта. Понятие аналитического сигнала. Комплексное представление вещественных сигналов. Аналитический сигнал.	
14.	Спектральная плотность аналитического сигнала. Примеры применения аналитических сигналов. Огибающая и мгновенная фаза сигналов. Мгновенная частота. Огибающие модулированных сигналов.	
15.	Дискретное вейвлет-преобразование. Частотно-временная локализация вейвлет-анализа. Образное представление преобразования. Достоинства и недостатки вейвлет преобразований. Практическое использование.	

16.	Вейвлет-преобразование простых сигналов. Реконструкция сигналов. Пакетные вейвлеты.	
17.	Фильтры дуальной декомпозиции и реконструкции сигналов. Идеальные фильтры. Реальные фильтры.	
18.	Ортогональные и биортогональные вейвлеты. Коэффициенты вейвлета. Пример расчета.	
19.	Вейвлет Добеши. Биортогональные вейвлеты.	
20.	Математическое описание случайных величин, векторов и процессов. Плотности вероятностей, интегральные функции распределений, характеристические функции распределений, их свойства и взаимно однозначная связь.	
21.	Моменты одномерного распределения вероятности, моменты многомерных распределений. Начальные и центральные моменты	
22.	Стационарные и эргодические процессы. Свойства стационарности в узком и широком смысле, спектральная плотность мощности, эргодические процессы, теоремы эргодичности.	
23.	Нормальные случайные величины, векторы и процессы. Одномерные и многомерные функции распределения вероятности.	
24.	Корреляционная функция нормальных случайных процессов, корреляционная матрица и ее свойства. Статистическая независимость и некоррелированность.	
25.	Спектральная плотность мощности стационарных нормальных процессов. Физический смысл спектральной плотности мощности, теорема Винера Хинчина.	
26.	Марковские случайные процессы. Типы марковский процессов, условие марковости, уравнение Смолуховского.	
27.	Марковские цепи и дискретные марковские процессы. Математическое описание марковских цепей и дискретных марковских процессов, матричные и дифференциальные уравнения для вероятностей и плотностей перехода.	
28.	Белый шум, стохастическое дифференцирование и интегрирование, интегралы Ито и Стратоновича.	
29.	Стохастические дифференциальные уравнения, диффузионные процессы, коэффициента сноса и диффузии, уравнения Колмогорова в прямом и обратном времени, примеры анализа диффузионных процессов.	

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						
1	<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 Укажите, какой сигнал называется детерминированным?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сигнал с полностью известными параметрами. 2. Сигнал, параметры которого не изменяются во времени. 3. Сигнал на выходе передатчика. 4. Сигнал на выходе приемника. <p>Ответ: 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>Линейная система полностью описывается:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дифференциальным уравнением 2. Импульсной характеристикой 3. Частотной характеристикой 4. Центральной частотой и шириной полосы пропускания <p>Ответ: 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>Установите соответствие между характеристиками линейных звеньев и их определениями.</p> <table border="1" data-bbox="331 1624 1278 2058"> <tbody> <tr> <td data-bbox="331 1624 805 1758">А - Амплитудно-частотная характеристика</td> <td data-bbox="805 1624 1278 1758">1 - Зависимость разности фаз выходного и входного сигналов от частоты гармонического сигнала, действующего на входе.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="331 1758 805 1926">Б - Фазово-частотная характеристика</td> <td data-bbox="805 1758 1278 1926">2 – Выходной сигнал на выходе системы при подаче на вход короткого импульсного сигнала, деленный на площадь входного сигнала.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="331 1926 805 2058">В - Импульсная характеристика</td> <td data-bbox="805 1926 1278 2058">3 - Зависимость отношения амплитуд сигналов от частоты гармонического сигнала, действующего на входе.</td> </tr> </tbody> </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 сигнала.	В - Импульсная характеристика	3 - Зависимость отношения амплитуд сигналов от частоты гармонического сигнала, действующего на входе.	ПК-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, α, τ - положительные постоянные. Определите, импульсную характеристику и тип системы.

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

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

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

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

Примечание. оценивание тестовых заданий происходит по следующей системе:

1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и

приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.
3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца). Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов

4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5 тип) Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте. Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла, если допущена одна ошибка \неточность \ ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

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.

Структура предоставления лекционного материала:

- Изложение материала по рассматриваемой теме;
- Демонстрация примеров решения конкретных задач;
- Ответы на возникающие вопросы по теме лекции.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий.

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Практические занятия проходят в форме аудиторного решения задач, а также выполнения индивидуального задания. Индивидуальное задание выдается в начале семестра и состоит из 3-х задач, составленных с расчетом на исследовательский характер выполняемой работы. В конце семестра студенты обязаны предоставить преподавателю ведущему курс, свои ответы на задачи. Ответы оформляются в виде отчета, где приводится полное решение задачи с необходимыми расчетами и результатами.

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 текущего контроля успеваемости.

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

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

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

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с 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