

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)

« 19 » февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы спектрального анализа»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Радиотехника
Наименование направленности	Радиотехнические системы радиолокации и радионавигации
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



11.02.2025г

(подпись, дата)

Ю.В. Бакшеева

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 22

« 11 » февраля 2025г протокол № 2

Заведующий кафедрой № 22

к.т.н.

(уч. степень, звание)



11.02.2025г

(подпись, дата)

Ю.В. Бакшеева

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



11.02.2025г

(подпись, дата)

Н.В. Марковская

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Основы спектрального анализа» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 11.03.01 «Радиотехника» направленности «Радиотехнические системы радиолокации и радионавигации». Дисциплина реализуется кафедрой «№22».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с освоением и углублением знаний и практических навыков в области представления аналоговых и дискретизированных сигналов системами различных базисных функций с целью анализа их свойств, анализа влияния на них линейных и нелинейных радиотехнических узлов и систем, а также для целей грамотного представления радиотехнических сигналов при математическом моделировании с использованием универсальных и специализированных САПР.

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 экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины - освоение и углубление знаний и практических навыков в области представления аналоговых и дискретизированных сигналов системами различных базисных функций с целью анализа их свойств, анализа влияния на них линейных и нелинейных радиотехнических узлов и систем, а также для целей грамотного представления радиотехнических сигналов при математическом моделировании с использованием универсальных и специализированных САПР.

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
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.3.1 знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы ОПК-1.У.1 уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Математика. Математический анализ»,
- «Математика. Теория вероятностей и математическая статистика»,
- «Радиотехнические цепи и сигналы».

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

- «Статистическая радиотехника»,
- "Цифровая обработка сигналов"
- «Устройства приема и обработки сигналов»,
- «Средства интроскопии»,
- «Теоретические основы радиолокации»
- "Теоретические основы радионавигации» и др.

## 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
--------------------	-------	---------------------------

		№5
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	3/ 108	3/ 108
<b>Из них часов практической подготовки</b>		
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	22	22
в том числе:		
лекции (Л), (час)	10	10
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	12	12
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	9	9
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	77	77
<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)
Семестр 5					
Раздел 1. Введение	0,5				10
Раздел 2. Пространство и метрология сигналов	0,5	1			10
Раздел 3. Представление аналоговых сигналов в базисе Фурье.	2	2			10
Раздел 4. Представление дискретизированных сигналов в базисе Фурье.	3	4			10
Раздел 5. Представление сигналов в базисах негармонических функций.	1	1			10
Раздел 6. Время-частотный анализ сигналов.	2	3			17
Раздел 7. Основы кепстрального анализа.	1	1			10
Итого в семестре:	10	12			77
Итого	10	12	0	0	77

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
Раздел 1. Введение	Введение

	<p><i>Тема 1.1 – Общие сведения и понятия.</i></p> <p>Понятие сигнала. Шумы и помехи. Размерность сигналов. Математическое описание сигналов. Спектральное представление сигналов. Математические модели сигналов. Виды моделей. Классификация сигналов. Типы сигналов.</p> <p><i>Тема 1.2 – Информационная емкость сигналов.</i></p> <p>Понятие информации. Количественная мера информации. Энтропия источника информации.</p>
Раздел 2. Пространство и метрология сигналов	<p>Пространство и метрология сигналов</p> <p><i>Тема 2.1 – Пространство сигналов.</i></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><i>Тема 2.2 – Пространства функций.</i></p> <p>Нормирование метрических параметров. Ортогональные сигналы. Ортонормированный базис пространства. Разложение сигнала в ряд. Ортонормированные системы функций. Разложение энергии сигнала.</p>
Раздел 3. Представление аналоговых сигналов в базисе Фурье	<p>Представление аналоговых сигналов в базисе Фурье</p> <p><i>Тема 3.1 – Разложение сигналов по гармоническим функциям.</i></p> <p>Ряды Фурье: тригонометрическая и комплексная форма. Эффект Гиббса. Интеграл Фурье: тригонометрическая форма и комплексная форма. Основные свойства преобразований Фурье. Энергетические спектры сигналов. Теорема Парсеваля.</p> <p><i>Тема 3.2 – Спектры некоторых сигналов.</i></p> <p>Периодические видеоимпульсы прямоугольной формы, одиночный прямоугольный видеоимпульс, периодические радиоимпульсы прямоугольной формы, одиночный прямоугольный радиоимпульс, треугольные видео- и радиоимпульсы, видео- и радиосигналы с гауссовой огибающей.</p> <p><i>Тема 3.3 – Аналитические сигналы.</i></p> <p>Математическое выражение для аналитического сигнала. Связь физического и аналитического сигналов. Преобразование Гильберта. Связь спектров физического и аналитического сигналов. Применение аналитического сигнала.</p>
Раздел 4. Представление дискретизированных сигналов в базисе Фурье	<p>Представление дискретизированных сигналов в базисе Фурье.</p> <p><i>Тема 4.1 – Теорема Котельникова.</i></p> <p>Дискретизация сигналов. Формулировка и вывод теоремы Котельникова. Представление дискретизированных</p>

	<p>сигналов рядом Котельникова.</p> <p><i>Тема 4.2 – Дискретное преобразование Фурье.</i> Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Связь ДПФ с непрерывным преобразованием Фурье. Свойства ДПФ.</p> <p><i>Тема 4.3 - Быстрое преобразование Фурье</i> Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) с прореживанием по времени. Алгоритм БПФ с прореживанием по частоте. Свойства БПФ.</p>
Раздел 5. Представление сигналов в базисах негармонических функций	<p>Представление сигналов в базисах негармонических функций</p> <p><i>Тема 5.1 - Обобщенный ряд Фурье.</i> <i>Тема 5.2 - Преобразование Лапласа.</i> <i>Тема 5.3 - Представление сигналов в базисе функций Лежандра</i> <i>Тема 5.4 - Представление сигналов в базисе функций Чебышева</i> <i>Тема 5.5 - Представление сигналов в базисе функций Лагерра</i> <i>Тема 5.6 - Представление сигналов в базисах функций Радемахера и Уолша</i></p>
Раздел 6. Время-частотный анализ сигналов	<p>Время-частотный анализ сигналов</p> <p><i>Тема 6.1 – Дискретное преобразование Фурье в скользящем окне.</i> Параметры ДПФ в скользящем окне. Реализация алгоритма ДПФ в скользящем окне. Свойства и параметры ДПФ в скользящем окне. Виды и свойства окон.</p> <p><i>Тема 6.2 – Основы вейвлет-преобразования.</i> Определение вейвлета. Свойства вейвлета. Непрерывное вейвлет-преобразование (ВП). Свойства вейвлет-преобразования. Вейвлетный спектр. Обратное преобразование. Обзор базисных функций вейвлет-преобразования.</p> <p><i>Тема 6.3 – Вейвлетный кратномасштабный анализ.</i> Принцип кратномасштабного анализа. Математические основы кратномасштабного анализа. Дискретное ортогональное ВП и его свойства. Быстрое вейвлет-преобразование. Алгоритм Малла.</p>
Раздел 7. Основы кепстрального анализа	<p>Основы кепстрального анализа</p> <p><i>Тема 7.1 – Общий алгоритм гомоморфной обработки.</i> Обоснование гомоморфной обработки. Гомоморфная обработка как обобщение анализа прохождения сигналов через линейные цепи.</p> <p><i>Тема 7.2 – Понятие кепстра.</i> Радиотехнические задачи, требующие введения понятия кепстра. Определение кепстра. Свойства кепстра.</p>

	<p>Место кепстрального анализа в задачах гомоморфной обработки.</p> <p><i>Тема 7.3 – Применение кепстрального анализа.</i></p> <p>Задача обнаружения и оценки задержки копии сигнала относительно оригинала при отсутствии возможности разрешения сигналов в смысле Рэлея. Области применения кепстрального анализа. Достоинства и недостатки кепстрального метода анализа.</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
Семестр 5					
1	Норма сигналов. Скалярное произведение сигналов. Корреляция сигналов. Мощность и энергия сигналов.	Решение задач	1	1	2
2	Применение свойств преобразования Фурье для оценки спектра сигнала	Решение задач	2	2	3
3	Восстановление аналогового сигнала из дискретизированного с использованием ряда Котельникова	Моделирование на компьютере	2	2	4
4	Исследование свойств ДПФ	Моделирование на компьютере	2	2	4
5	Применение функций Лагерра для экономной передачи и восстановления сигнала	Решение задач	1	1	5
6	Исследование свойств ДПФ в скользящем окне	Моделирование на компьютере	2	2	6
7	Исследование свойств дискретного вейвлет-преобразования	Моделирование на компьютере	1	1	6
8	Решение задачи обнаружения и оценки задержки копии сигнала относительно оригинала при отсутствии возможности разрешения сигналов в смысле Рэлея	Решение задач	1	1	7
Всего			12	12	



#### 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 5, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	47	47
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)	20	20
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	10	10
Всего:	77	77

#### 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)
621.372 Г 65	Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы / И.С.Гоноровский. - - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1986. - 512 с. - Текст : непосредственный.	87
URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168952">https://e.lanbook.com/book/168952</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Магазинникова, А. Л. Основы цифровой обработки сигналов : учебное пособие / А. Л. Магазинникова. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 132 с. — ISBN 978-5-8114-2175-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	
URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/123712">https://e.lanbook.com/book/123712</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Смоленцев, Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB / Н. К. Смоленцев. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 560 с. — ISBN 978-5-97060-764-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	
004.383.3 О-75	Солонина, А. И. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций/ А. И. Солонина, Д. И. Улахович, С. М. Арбузов и др. СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2003.	40
621.391.26(075) С32	Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. СПб.: Питер, 2003. 608 с.	130
URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/136560">https://e.lanbook.com/book/136560</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Гришенцев, А. Ю. Цифровые системы широкополосной связи. Часть 1. Введение в пространства и методы преобразования сигналов : учебное пособие / А. Ю. Гришенцев. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2019. — 72 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	
URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168953">https://e.lanbook.com/book/168953</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Монаков, А. А. Математическое моделирование радиотехнических систем : учебное пособие / А. А. Монаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 148 с. — ISBN 978-5-8114-2188-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	
621.37 Т46	Тихонов, В. И. 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	Тихонов, В. И. Статистическая радиотехника / В. И. Тихонов М.: Радио и связь, 1982, 624 с.	23
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.:	8

	Мир, 1990. 584 с.	
621.391 Ф87	Френкс, Л. Теория сигналов / Л. Френкс. М.: Сов. радио, 1974, 344 с.	3

#### 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
	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	22-06, 22-08

#### 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
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	Преобразования типа сигналов. Графическое отображение сигналов. Тестовые сигналы.	ОПК-1.3.1
1.1	Задача на преобразование заданного аналогового сигнала в дискретный, квантованно-непрерывный и цифровой.	ОПК-1.У.1
2	Системы преобразования сигналов. Общее понятие систем.	ОПК-1.3.1

	Основные системные операции. Линейные системы.	
2.1	Задача на представление сигналов в заданных линейных пространствах.	ОПК-1.У.1
3	Основные свойства энтропии. Энтропия непрерывного источника информации. Информационная емкость сигналов.	ОПК-1.3.1
3.1	Задача на определение и оценку основных информационных характеристик заданных сигналов.	ОПК-1.У.1
4	Корреляционные функции сигналов. Взаимная корреляционная функция.	ОПК-1.3.1
4.1	Задача по темам "Корреляционные функции сигналов. Взаимная корреляционная функция."	ОПК-1.У.1
5	Единичные импульсы. Гребневая функция. Спектр прямоугольного импульса. Треугольные импульсы. Экспоненциальный импульс. Функции Лапласа и Гаусса.	ОПК-1.3.1
5.1	Задача на расчет спектра единичных импульсов, прямоугольного видеоимпульса, треугольного видеоимпульса, экспоненциального видеоимпульса.	ОПК-1.У.1
6	Гармонические колебания. Радиоимпульс. Мощность и энергия сигналов. Скалярное произведение сигналов. Взаимный энергетический спектр. Энергетический спектр сигнала.	ОПК-1.3.1
6.1	Задача на расчет мгновенной мощности радиосигнала, скалярного произведения и взаимного энергетического спектра двух радиосигналов	ОПК-1.У.1
7	Ряд Фурье. Интеграл Фурье. Свойства непрерывного преобразования Фурье.	ОПК-1.3.1
7.1	Задача на применение свойств непрерывного преобразования Фурье для оценки спектра произвольного аналогового сигнала.	ОПК-1.У.1
8	Аналитический сигнал. Преобразование Гильберта. Применение аналитического сигнала.	ОПК-1.3.1
8.1	Задача на оценку амплитудной и фазовой модуляции сигнала с использованием преобразования Гильберта.	ОПК-1.У.1
9	Дискретное преобразование Фурье. Свойства ДПФ.	ОПК-1.3.1
9.1	Задача на вычисление ДПФ заданного сигнала.	ОПК-1.У.1
10	Алгоритм БПФ и его свойства.	ОПК-1.3.1
10.1	Задача на расчет БПФ заданного сигнала.	ОПК-1.У.1
11	Обобщенный ряд Фурье. Представление сигналов рядами некоторых специальных функций.	ОПК-1.3.1
11.1	Задача по теме "Обобщенный ряд Фурье. Представление сигналов рядами некоторых специальных функций."	ОПК-1.У.1
12	ДПФ в скользящем окне. Свойства. Виды окон. Особенности применения и реализации.	ОПК-1.3.1
12.1	Задача по теме "ДПФ в скользящем окне"	ОПК-1.У.1
13	Дискретное вейвлет-преобразование. Частотно-временная локализация вейвлет-анализа. Образное представление преобразования. Достоинства и недостатки вейвлетных	ОПК-1.3.1

	преобразований.	
13.1	Задача на расчет дискретного вейвлет-преобразования.	ОПК-1.У.1
14	Вейвлет-преобразование простых сигналов. Реконструкция сигналов. Пакетные вейвлеты.	ОПК-1.3.1
14.1	Задача на расчет вейвлет-преобразования простого сигнала аналитически и численно.	ОПК-1.У.1
15	Фильтры дуальной декомпозиции и реконструкции сигналов. Идеальные фильтры. Реальные фильтры.	ОПК-1.3.1
15.1	Задача на расчет коэффициентов фильтров дуальной декомпозиции и реконструкции сигналов.	ОПК-1.У.1
16	Ортогональные и биортогональные вейвлеты. Коэффициенты вейвлета. Вейвлет Добеши. Биортогональные вейвлеты.	ОПК-1.3.1
16.1	Задача по темам "Ортогональные и биортогональные вейвлеты. Коэффициенты вейвлета. Вейвлет Добеши. Биортогональные вейвлеты."	ОПК-1.У.1
17	Гомоморфная обработка: определение, обоснование и физический смысл	ОПК-1.3.1
17.1	Задача по теме "Гомоморфная обработка"	ОПК-1.У.1
18	Кепстральный анализ: определение кепстра, назначение кепстрального анализа, особенности применения, достоинства и недостатки.	ОПК-1.3.1
18.1	Задача по теме "Кепстральный анализ"	ОПК-1.У.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
1	Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа. <b>Инструкция: Прочитайте вопрос, выберите один правильный ответ и запишите его номер. Дайте обоснование.</b> <b>Вопрос:</b> выберите из представленных вариантов закон, определяющий способы вычисления энергии сигнала. 1) Закон Гиббса	ОПК-1

	2) Равенство Парсеваля 3) Закон Рэлея-Райса 4) Равенство Бесселя	
2	Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов. <b>Инструкция: Прочитайте вопрос, выберите несколько правильных ответов и запишите их номера. Дайте обоснование.</b> <b>Вопрос:</b> какие из перечисленных преобразований над входными сигналами можно использовать для спектрального анализа сигналов: 1) преобразование Меллина 2) преобразование Фурье 3) преобразование Гильберта 4) вэйвлет-преобразование 5) дискретное преобразование Фурье	
3	Задание закрытого типа на сопоставление. <b>Инструкция: Прочитайте вопрос и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце.</b> <b>Вопрос:</b> сопоставьте линейные преобразования над сигналами и результаты этих преобразований. 1. Преобразование Фурье 2. Преобразование Лапласа 3. Преобразование Гильберта 4. Преобразование Меллина а. Аналитический сигнал б. Функция, инвариантная к изменению масштаба с. Спектр сигнала d. Операторная функция	
4	Задание закрытого типа на установление последовательности <b>Инструкция: Прочитайте вопрос и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо.</b> <b>Вопрос:</b> Расположите перечисленные временные окна в порядке уменьшения уровня боковых лепестков в их спектрах: • 1) Окно Кайзера • 2) Прямоугольное окно • 3) Окно Хэмминга • 4) Окно Ханна • 5) Окно Бартлетта	
5	Задание открытого типа. <b>Инструкция: Прочитайте вопрос, запишите развернутый ответ.</b> <b>Вопрос:</b> Перечислите основные свойства преобразования Фурье?	

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
1	Применение свойств преобразования Фурье для оценки спектра произвольного сигнала
2	Расчет законов амплитудной и фазовой модуляции сигнала на основе анализа аналитического сигнала с использованием преобразования Гильберта
3	Расчет БПФ заданного сигнала
4	Разложение заданного сигнала по базису Уолша

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 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 обучающимся 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 проводятся в форме решения задач на заданную тему или в форме проведения математического моделирования на компьютере по предложенной преподавателем программе. Практические занятия состоят из трех этапов: а) преподаватель разбирает и объясняет типовую задачу; б) студентам раздаются аналогичные задачи (индивидуально или по-командно – на 2-3 человека); в) преподаватель проверяет решение задач с оценкой.

Качество работы студента на практическом занятии и полученные оценки являются составной частью текущего контроля успеваемости и влияют на итоговую оценку в семестре.

#### 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.

Текущий контроль успеваемости студентов заочной формы обучения основан на выполнении ими контрольных работ. По дисциплине предусмотрены 4 контрольные работы по темам, указанным в табл.19. Оценивается не только качество выполнения контрольных работ, но и сроки выполнения. Результаты выполнения контрольных работ учитываются при формировании итоговой оценки за дисциплину.

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:

- 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 проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится по билетам на основе вопросов из табл.15 и предусматривает проверку сформированности всех заданных индикаторов компетенций («Знать», «Уметь»). Билет состоит из трех вопросов – двух теоретических («Знать») - составленных из вопросов №№1-18 и одной задачи («Уметь»), выбранной из вопросов №№1.1-18.1.

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