


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
“КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”

Институт географии, геологии, туризма и сервиса  
Кафедра геофизических методов поисков и разведки

“УТВЕРЖДАЮ”

Проректор по учебной работе,  
качеству образования —  
первый проректор

 Т.А. Хагуров

“ 26 ”

2023 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.10.04 ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Специальность 21.05.03 “Технология геологической разведки”

Специализация “Геофизические методы поиска и разведки месторождений  
полезных ископаемых”

Квалификация (степень) выпускника: горный инженер-геофизик

Форма обучения: очная

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины «Цифровая обработка сигналов» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по специальности 21.05.03 «Технология геологической разведки», утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №977 от 12.08.2020 г.

**Программу составил:**

Курочкин А.Г., канд. геол.-мин. наук, доцент кафедры геофизических методов поисков и разведки

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры геофизических методов поисков и разведки

«18» 05 2023 г.

Протокол № 10/1

И.о. заведующего кафедрой геофизических методов поисков и разведки, канд. техн. наук, доцент

Захарченко Е.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании учебно-методической комиссии Института географии, геологии, туризма и сервиса

«23» 05 2023 г.

Протокол № 5

Председатель учебно-методической комиссии ИГГТиС,  
канд. геогр. наук, доцент

Филобок А.А.

**Рецензенты:**

Захарченко Е.И., канд. техн. наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой геофизических методов поисков и разведки

Шкирман Н.П., канд. геол.-мин. наук, руководитель группы обработки и интерпретации ООО «Краснодарспецгеофизика»

# **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

## **1.1. Цель освоения дисциплины**

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» представляет собой односеместровый курс, в котором излагаются основы теории сигналов применительно к задачам разведочной геофизики. В курсе изложены основы теории линейных как аналоговых, так и дискретных сигналов и систем, рассмотрены методы одно- и многомерного спектрального анализа и синтеза аналоговых и дискретных фильтров во временной и частотной областях.

Цель изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» — получение фундаментальных знаний по физическим и математическим основам анализа линейных сигналов и линейных систем, применяемых для регистрации и автоматической обработки геофизических данных, а также получение практических навыков разработки алгоритмов для первичной обработки данных и решения различных задач по теории сигналов с применением системы компьютерной математики MATHCAD.

## **1.2. Задачи изучения дисциплины**

Задачи освоения дисциплины «Цифровая обработка сигналов»:

- изучение физических и математических основ спектрального и корреляционного анализа линейных систем и сигналов;
- изучение теории фильтрации аналоговых и дискретных сигналов во временной и частотной областях;
- изучение основных алгоритмов обработки геофизических данных;
- практическое применение изученных алгоритмов для анализа линейных геофизических сигналов и систем и обработки геофизических сигналов различных видов.

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу специалитета, являются горные породы и геологические тела в земной коре, горные выработки.

## **1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» введена в учебные планы подготовки специалиста (специальность 21.05.03 «Технология геологической разведки») согласно ФГОС ВО, блока Б1, вариативная часть (Б1.В), индекс дисциплины согласно ФГОС — Б1.В.10.04, читается в восьмом семестре.

Дисциплина предусмотрена основной образовательной программой (ООП) КубГУ в объёме 3 зачетных единиц (108 часов, итоговый контроль — зачет).

#### **1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора	Результаты обучения по дисциплине <i>(знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))</i>
ПК-2. Способен анализировать и интерпретировать геолого-геофизическую информацию с учетом имеющегося мирового опыта, используя современные информационные технологии	Знает основные понятия теории сигналов, методы и алгоритмы цифровой обработки информации во временной и частотной областях, преобразования Фурье, Лапласа, z-преобразование
	Умеет применять методы цифровой обработки информации, получаемой при геофизических исследованиях с помощью специализированных программных комплексов и систем компьютерной математики
	Владеет методами и алгоритмами цифровой обработки информации во временной и частотной областях; методами фильтрации сигналов во временной и частотной областях с использованием специализированных программных средств и систем компьютерной математики
ИПК-2.1. Владеет способностью использовать современные информационные технологии	Знает алгоритмы вычисления спектральных и корреляционных характеристик аналоговых и цифровых сигналов; алгоритмы различных видов фильтрации: полосовой, Винеровской формирующей, оптимальной, веерной, гомоморфной и др.
	Умеет вычислять амплитудные и фазовые спектры сигналов; вычислять их корреляционные характеристики: автокорреляционная функция, взаимно-корреляционная функция, двумерная автокорреляционная функция; применять различные виды фильтрации для обработки геофизических данных
ИПК-2.2. Способен анализировать и интерпретировать геолого-геофизическую информацию с учетом имеющегося мирового опыта	Владеет навыками расчётов спектральных характеристик: одномерный спектр,

Код и наименование индикатора	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
	двумерный спектр, расчёт энергии и мгновенной мощности, а также корреляционных характеристик: АКФ, ФВК и др.
ПСК-1. Способен разрабатывать комплексы наземных геофизических методов разведки и методики их применения в зависимости от изменяющихся геолого-технических условий и поставленных задач	
ИПСК-1.1. Владеет способностью разрабатывать комплексы наземных геофизических методов разведки	Знает основные понятия теории сигналов и спектрального анализа; основные понятия теории вероятностей и математической статистики, спектрального и корреляционного анализа аналоговых и дискретных сигналов
	Умеет рассчитывать локальные и интегральные характеристики сигналов и их амплитудных и фазовых спектров; производить одномерную и двумерную фильтрации во временной и частотной областях
	Владеет навыками расчетов локальных и интегральных характеристик сигналов и их амплитудных и фазовых спектров; одномерной и двумерной фильтрации во временной и частотной областях с использованием систем компьютерной математики
ИПСК-1.2. Владеет способностью разрабатывать методики применения геофизических методов разведки в зависимости от изменяющихся геолого-технических условий и поставленных задач	Знает основы теории фильтрации, основные приемы работы в системе компьютерной математики MATHCAD
	Умеет применять на практике методы статистического, спектрального и корреляционного анализа и цифровой обработки геофизических сигналов; применять методы цифровой обработки информации, получаемой при геофизических исследованиях с помощью специализированных программных комплексов и систем компьютерной математики
	Владеет навыками цифровой обработки детерминированных и случайных геофизических сигналов с использованием специализированных программных средств и систем компьютерной математики; цифровой обработкой информации и интерпретацией материалов геофизических исследований с помощью программных средств спектрального и корреляционного анализа и систем компьютерной математики, приемами работы в системе компьютерной математики MATHCAD

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Виды работ		Всего часов	Форма обучения
			очная 8 семестр (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>		<b>56,2</b>	<b>56,2</b>
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>			
занятия лекционного типа		28	28
лабораторные занятия		28	28
практические занятия		-	-
<b>Иная контактная работа:</b>			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		5	5
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>		<b>46,8</b>	<b>46,8</b>
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.). Подготовка к текущему контролю		46,8	46,8
<b>Контроль:</b>			
Подготовка к экзамену		-	-
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>56,2</b>	<b>56,2</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

### 2.2. Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 8 семестре.

№ раздела	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеаудиторная работа
			Л	ПР	ЛР	

1	2	3	4	5	6	8
1	Виды сигналов и их характеристики	14	4	—	4	8
2	Корреляционный анализ аналоговых и дискретных сигналов	14	3	—	4	6
3	Спектральный анализ аналоговых и дискретных сигналов	14	4	—	3	6
4	Спектральный и корреляционный анализ детерминированных и случайных сигналов	15	6	—	4	7
5	Различные виды фильтрации аналоговых и дискретных сигналов во временной и частотной областях как вид линейной обработки	20	4	—	6	7
6	Сигналы и шумы. Выделение сигналов на фоне помех	18	4	—	3	7
7	Геологическая среда и сейсморегистрирующий канал как линейные системы передачи геофизической информации	13	3	—	4	6
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

## 2.3. Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1. Занятия лекционного типа

Принцип построения программы — модульный, базирующийся на выделении крупных разделов программы — модулей, имеющих внутреннюю взаимосвязь и направленных на достижение основной цели преподавания дисциплины. В соответствии с принципом построения программы и целями преподавания дисциплины курс «Цифровая обработка сигналов» содержит 7 модулей, охватывающих основные разделы (темы).

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице.

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Виды сигналов и их характеристики	Понятие сигнала. Разделение сигналов на полезные, помехи и шумы. Информационная структура сигналов, определение количества информации. Сигналы, задаваемые функцией времени. Двух-, трех-, четырехмерные сигналы, задаваемые функциями координат пространства и времени. Локальные и интегральные характеристики сигналов. Энергия, мощность, экстремальные значения амплитуды, длительность, скорость изменения во времени и пространстве (градиенты), осцилляции, форма. Динамический диапазон сигналов. Понятие отношения сигнал/помеха и различные способы задания этой величины	УО, РГЗ
2	Корреляционный анализ аналоговых и дискретных сигналов	Специфика сигналов, используемых в различных методах геофизики. Пассивные и активные методы. Постоянные во времени и изменяющиеся во времени сигналы. Детерминированные и случайные сигналы. Основные характеристики случайных процессов. Плотность распределения вероятности, среднее значение, мощность, автокорреляционная и взаимокорреляционная функции. Коэффициент корреляции и коэффициент когерентности.	УО, РГЗ
3	Спектральный анализ аналоговых и дискретных сигналов	Физически осуществимые (причинные) и физически неосуществимые сигналы. Физическая реализуемость сигналов в системах реальных измерений (ограниченность времени и пространства). Идея разложения сигналов произвольной формы в базисе ортогональных функций. Метод Фурье. Условия Дирихле. Интеграл и ряд Фурье. Прямое и обратное преобразование Фурье. Основные теоремы о преобразовании сигналов и спектров. Теорема о линейности спектрального преобразования. Теоремы о смещении сигнала и спектра. Теоремы о дифференцировании сигнала и спектра. Теоремы об интегрировании сигнала и спектра. Теоремы об изменении масштабов сигнала и спектра. Теоремы о перемножении и свертывании сигналов и спектров. Спектр сигнала в обратном времени. Равенство Парсеваля. Многомерный анализ Фурье	УО, РГЗ, Т



№ раздела	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
4	Спектральный и корреляционный анализ детерминированных и случайных сигналов	Свойства спектров физически реализуемых сигналов. Радио- и видеоимпульсы. Сигналы большой длительности. Характер спектра в зависимости от свойств сигнала. Сигналы с ограниченным спектром. Теорема отсчетов. Дискретные преобразования Фурье (ДПФ). Эффект зеркальных наложений и способы его устранения. Быстрое преобразование Фурье (БПФ) как разновидность ДПФ. Дельта-функция Дирака и функция единичного скачка (функция Хевисайда). Передача сигналов через линейные системы. Передаточная функция, переходная и импульсная характеристики, интеграл свертки (Дюамеля) и применение их для анализа свойств линейных систем	УО, РГЗ
5	Различные виды фильтрации аналоговых и дискретных сигналов во временной и частотной областях как вид линейной обработки	Фильтрация как общий вид линейной обработки. Виды фильтрации. Фильтрация во временной и в частотной областях. Вейвлет-анализ и его применение в теории сигналов. Фильтр Винера: формирующая фильтрация, сглаживание, предсказание. Синхронное накопление. Гомоморфная фильтрация. Многоканальная фильтрация. Веерная фильтрация, суммирование по направлениям. Преобразование Лапласа, z-преобразование. Нерекурсивные и рекурсивные фильтры	УО, РГЗ
6	Сигналы и шумы. Выделение сигналов на фоне помех	Выделение сигналов на фоне помех. Критерии различения сигналов. Выделение сигнала на фоне помех при известных параметрах сигнала. Согласованный фильтр (фильтр коррелятор). Полосовая фильтрация. ЛЧМ-сигналы и их применение в сейсморазведке. Выделение случайных сигналов на фоне помех. Фильтрация по способу минимума среднеквадратичного отклонения	УО, РГЗ
7	Геологическая среда и сейсморегистрирующий канал как линейные системы передачи геофизической информации	Геологическая среда как система передачи геофизической информации. Спектральная и импульсная характеристики геофизической среды. Описание свойств источника сигнала, канала приема и устройства регистрации с позиций спектрального подхода. Метод импульсных и переходных характеристик при анализе свойств источника, приемника и регистратора сигналов. Приемные и излучающие интерференционные системы в сейсморазведке. Обобщенная комплексная характеристика интерференционной системы.	УО, РГЗ, ДРГЗ, Т

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
		Частотные, фазовые характеристики, характеристики направленности интерференционных систем	

Форма текущего контроля — устный опрос (УО), расчетно-графическое задание (РГЗ), домашнее расчетно-графическое задание (ДРГЗ), задание тестового контроля знаний (Т).

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### **2.3.2. Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)**

Перечень лабораторных занятий по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» приведен в таблице.

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Тематика лабораторных занятий	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Виды сигналов и их характеристики	Расчет локальных и интегральных характеристик аналитически заданных сигналов	РГЗ-1
		Аппроксимация периодических функций рядами Фурье	РГЗ-2, УО-1
2	Корреляционный анализ аналоговых и дискретных сигналов	Расчет функций автокорреляции сигналов разными способами	РГЗ-3
		Расчет автокорреляционной функции (АКФ) сигнала	ДРГЗ-1, УО-2
3	Спектральный анализ аналоговых и дискретных сигналов	Вычисление спектров аналитически заданных сигналов и изучение связи между формой сигнала и формой его спектра	РГЗ-4
		Двумерное преобразование Фурье сейсмической записи	РГЗ-5, УО-3, Т-1
4	Спектральный и корреляционный анализ детерминированных и случайных сигналов	Применение спектральных теорем в расчетах характеристик приемных и излучающих интерференционных систем	РГЗ-6
		Расчет спектра сигнала методом ДПФ	РГЗ-7
		Расчет спектра сигнала методом БПФ	РГЗ-8, УО-4

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Тематика лабораторных занятий	Форма текущего контроля
5	Различные виды фильтрации аналоговых и дискретных сигналов во временной и частотной областях как вид линейной обработки	Разработка алгоритмов и программ полосовой фильтрации во временной и частотной областях	РГЗ-9
		Построение веерного фильтра в частотно-волночисловой области	РГЗ-10
		Вейвлет-преобразование сигналов	РГЗ-11
		Режекторный рекурсивный фильтр	РГЗ-12, УО-5
6	Сигналы и шумы. Выделение сигналов на фоне помех	Виды шумов. Разработка алгоритмов генерации шумов с заданными спектральными характеристиками	РГЗ-13
		Полосовая фильтрация сигнала в частотной области	РГЗ-14
		Полосовая фильтрация сигнала во временной области	РГЗ-15
		Матричное представление свертки и ее применение при полосовой фильтрации во временной области	РГЗ-16, УО-6
7	Геологическая среда и сейсморегистрирующий канал как линейные системы передачи геофизической информации	Практические расчеты частотных характеристик и характеристик направленности приемных и излучающих систем	РГЗ-17
		Расчет спектральных и энергетических характеристик сигналов морских сейсмических источников с использованием различных алгоритмов ДПФ	РГЗ-18
		Расчет локальных и интегральных характеристик реальных сигналов	ДРГЗ-2, УО-7 Т-2

Форма текущего контроля — устный опрос (УО-1 — УО-7), расчетно-графические задания (РГЗ-1 — РГЗ-18), домашние расчетно-графические задания (ДРГЗ-1 — ДРГЗ-2), задание тестового контроля знаний (Т1 — Т2).

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы (проекты) по дисциплине “Цифровая обработка сигналов” не предусмотрены.

### 2.4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы, обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы, обучающихся по дисциплине (модулю) приведен в таблице.

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	СРС	Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине “Цифровая обработка сигналов”, утвержденные кафедрой геофизических методов поисков и разведки, протокол №14 от 11.06.2021 г.
2	Расчетно-графические задания	Методические рекомендации по выполнению расчетно-графических заданий, утвержденные кафедрой геофизических методов поисков и разведки, протокол №14 от 11.06.2021 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Общим вектором изменения технологий обучения должны стать активизация студента, повышение уровня его мотивации и ответственности за качество освоения образовательной программы.

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» используются следующие образовательные технологии, приемы, методы и активные формы обучения:

1) разработка и использование активных форм лекций (в том числе и с применением мультимедийных средств):

- а) проблемная лекция;
- б) лекция-визуализация;
- в) лекция с разбором конкретной ситуации.

2) разработка и использование активных форм лабораторных работ:

- а) лабораторная работа с разбором конкретной ситуации;
- б) бинарное занятие.

В сочетании с внеаудиторной работой в активной форме выполняется также обсуждение контролируемых самостоятельных работ (КСР).

В процессе проведения лекционных занятий и лабораторных работ практикуется широкое использование современных технических средств (проекторы, интерактивные доски, Интернет). С использованием Интернета осуществляется доступ к базам данных, информационным справочным и поисковым системам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### 4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Цифровая обработка сигналов».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме контрольной работы, расчетно-графических заданий, устного опроса, рефератов, тестов и промежуточной аттестации в форме вопросов к зачету.

№	Код и наименование индикатора	Результаты обучения	Наименование оценочного средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация

1.	ИПК-2.1. Владеет способностью использовать современные информационные технологии	Знает основные понятия теории сигналов, методы и алгоритмы цифровой обработки информации во временной и частотной областях, преобразования Фурье, Лапласа, z-преобразование	РГЗ-1	Вопросы на зачете 1-4
2.		Умеет применять методы цифровой обработки информации, получаемой при геофизических исследованиях с помощью специализированных программных комплексов и систем компьютерной математики	РГЗ-2, УО-1	Вопросы на зачете 5-9
3.		Владеет методами и алгоритмами цифровой обработки информации во временной и частотной областях; методами фильтрации сигналов во временной и частотной областях с использованием специализированных программных средств и систем компьютерной математики	РГЗ-3 ДРГЗ-1, УО-2	Вопросы на зачете 10-15
4.	ИПК-2.2. Способен анализировать и интерпретировать геолого-геофизическую информацию с учетом имеющегося мирового опыта	Знает алгоритмы вычисления спектральных и корреляционных характеристик аналоговых и цифровых сигналов; алгоритмы различных видов фильтрации: полосовой, Винеровской формирующей, оптимальной, веерной, гомоморфной и др.	РГЗ-4, РГЗ-5	Вопросы на зачете 16-20
5.		Умеет вычислять амплитудные и фазовые спектры сигналов; вычислять их корреляционные характеристики: автокорреляционная функция, взаимно-корреляционная функция, двумерная автокорреляционная функция; применять	УО-3, Т	Вопросы на зачете 21-25

		различные виды фильтрации для обработки геофизических данных		
6.		Владеет навыками расчётов спектральных характеристик: одномерный спектр, двумерный спектр, расчёт энергии и мгновенной мощности, а также корреляционных характеристик: АКФ, ФВК и др.	РГЗ-6, РГЗ-7	Вопросы на зачете 26-30
7.		Знает основные понятия теории сигналов и спектрального анализа; основные понятия теории вероятностей и математической статистики, спектрального и корреляционного анализа аналоговых и дискретных сигналов	РГЗ-8, УО-4	Вопросы на зачете 31-36
8.	ИПСК-1.1. Владеет способностью разрабатывать комплексы наземных геофизических методов разведки	Умеет рассчитывать локальные и интегральные характеристики сигналов и их амплитудных и фазовых спектров; производить одномерную и двумерную фильтрацию во временной и частотной областях	РГЗ-9, РГЗ-10	Вопросы на зачете 37-40
9.		Владеет навыками расчетов локальных и интегральных характеристик сигналов и их амплитудных и фазовых спектров; одномерной и двумерной фильтрации во временной и частотной областях с использованием систем компьютерной математики	РГЗ-11, РГЗ-12, УО-5	Вопросы на зачете 41-44
10.		Знает основы теории фильтрации, основные приемы работы в системе компьютерной математики MATHCAD	РГЗ-13, РГЗ-14, РГЗ-15	Вопросы на зачете 45-49
11.	методов разведки в зависимости от изменяющихся геолого-технических условий и	Умеет применять на практике методы статистического, спектрального и корреляционного анализа и	РГЗ-16, УО-6, РГЗ-17	Вопросы на зачете 50-53

	поставленных задач	цифровой обработки геофизических сигналов; применять методы цифровой обработки информации, получаемой при геофизических исследованиях с помощью специализированных программных комплексов и систем компьютерной математики		
12.		Владеет навыками цифровой обработки детерминированных и случайных геофизических сигналов с использованием специализированных программных средств и систем компьютерной математики; цифровой обработкой информации и интерпретацией материалов геофизических исследований с помощью программных средств спектрального и корреляционного анализа и систем компьютерной математики, приемами работы в системе компьютерной математики MATHCAD	РГЗ-18, ДРГЗ-2, УО-7	Вопросы на зачете 54-56

**4.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

К формам письменного контроля относится *расчетно-графическое задание*.

Перечень расчетно-графических заданий приведен ниже.

*Расчетно-графическое задание 1.* Расчет локальных и интегральных характеристик аналитически заданных сигналов.

*Расчетно-графическое задание 2.* Аппроксимация периодических функций рядами Фурье.

*Расчетно-графическое задание 3.* Расчет функций автокорреляции сигналов разными способами.



*Расчетно-графическое задание 4.* Вычисление спектров аналитически заданных сигналов и изучение связи между формой сигнала и формой его спектра.

*Расчетно-графическое задание 5.* Двумерное преобразование Фурье сейсмической записи.

*Расчетно-графическое задание 6.* Применение спектральных теорем в расчетах характеристик приемных и излучающих интерференционных систем.

*Расчетно-графическое задание 7.* Расчет спектра сигнала методом ДПФ.

*Расчетно-графическое задание 8.* Расчет спектра сигнала методом БПФ.

*Расчетно-графическое задание 9.* Разработка алгоритмов и программ полосовой фильтрации во временной и частотной областях.

*Расчетно-графическое задание 10.* Построение всеерного фильтра в частотно-волночисловой области.

*Расчетно-графическое задание 11.* Вейвлет-преобразование сигналов.

*Расчетно-графическое задание 12.* Режекторный рекурсивный фильтр.

*Расчетно-графическое задание 13.* Виды шумов. Разработка алгоритмов генерации шумов с заданными спектральными характеристиками.

*Расчетно-графическое задание 14.* Полосовая фильтрация сигнала в частотной области.

*Расчетно-графическое задание 15.* Полосовая фильтрация сигнала во временной области.

*Расчетно-графическое задание 16.* Матричное представление свертки и ее применение при полосовой фильтрации во временной области.

*Расчетно-графическое задание 17.* Практические расчеты частотных характеристик и характеристик направленности приемных и излучающих систем.

*Расчетно-графическое задание 18.* Расчет спектральных и энергетических характеристик сигналов морских сейсмических источников с использованием различных алгоритмов ДПФ.

Критерии оценки расчетно-графических заданий (РГЗ):

— оценка “зачтено” выставляется студенту, если он правильно применяет теоретические положения курса при решении практических вопросов и задач расчетно-графических заданий, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

— оценка “не зачтено” выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, в расчетной части РГЗ

допускает существенные ошибки, затрудняется объяснить расчетную часть, обосновать возможность ее реализации или представить алгоритм ее реализации, а также неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания или не справляется с ними самостоятельно.

*Домашнее расчетно-графическое задание* — одна из форм контроля уровня знаний студента и ориентирования его в вопросах, ограниченных объемом учебной тематики.

Цели домашнего расчетно-графического задания:

- углубить, систематизировать и закрепить теоретические знания студентов;
- проверить степень усвоения одной темы или вопроса;
- выработать у студента умения и навыки самостоятельной обработки материала.

Перечень домашних расчетно-графических заданий приведен ниже.

*Домашнее расчетно-графическое задание 1.* Расчет автокорреляционной функции (АКФ) сигнала.

*Домашнее расчетно-графическое задание 2.* Расчет локальных и интегральных характеристик реальных сигналов.

Критерии оценки домашнего расчетно-графического задания (ДРГЗ):

— оценка “зачтено” выставляется студенту, если он правильно применяет теоретические положения курса при решении практических вопросов и задач расчетно-графических заданий, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

— оценка “не зачтено” выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, в расчетной части РГЗ допускает существенные ошибки, затрудняется объяснить расчетную часть, обосновать возможность ее реализации или представить алгоритм ее реализации, а также неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания или не справляется с ними самостоятельно.

*Устный опрос* — наиболее распространенный метод контроля знаний студентов.

Вопросы для проведения устного опроса приведены ниже.

*Вопросы устного опроса по разделу №1 “Виды сигналов”.*

1. Понятие сигнала. Разделение сигналов на полезные, помехи и шумы.
2. Информационная структура сигналов, определение количества информации.
3. Сигналы, задаваемые функцией времени.
4. Двух-, трех-, четырехмерные сигналы, задаваемые функциями координат пространства и времени.
5. Локальные и интегральные характеристики сигналов.

6. Что определяет теорема Котельникова и какое ее значение для выбора параметров цифровой записи сигналов?

7. Из каких соображений выбирают шаг дискретизации при цифровой записи сейсмических колебаний?

*Вопросы устного опроса по разделу №2 “Корреляционный анализ аналоговых и дискретных сигналов”.*

1. Специфика сигналов, используемых в различных методах геофизики.

2. Постоянные во времени и изменяющиеся во времени сигналы.

3. Детерминированные и случайные сигналы.

4. Основные характеристики случайных процессов.

5. Коэффициент корреляции.

6. Коэффициент когерентности.

*Вопросы устного опроса по разделу №3 “Спектральный анализ аналоговых и дискретных сигналов”.*

1. Физически осуществимые (причинные) и физически неосуществимые сигналы.

2. Физическая реализуемость сигналов в системах реальных измерений (ограниченность времени и пространства).

3. Каковы свойства спектров Фурье дискретных функций?

4. Каковы свойства спектров Фурье периодических функций?

5. В чем состоит равенство Парсеваля?

6. Синк-функция и ее свойства.

7. Двумерное преобразование Фурье. Векерная фильтрация.

8. Что такое быстрое преобразование Фурье?

9. Какова связь между АКФ и спектральной характеристикой сигнала?

10. Что такое частотная, импульсная и переходная характеристики?

11. Передача сигналов через линейные системы. В чем состоит спектральный метод?

12. Спектральная теорема о сдвиге

13. Спектральные теоремы о дифференцировании и интегрировании.

14. Спектральная теорема о свертке двух функций.

*Вопросы устного опроса по разделу №4 “Спектральный и корреляционный анализ детерминированных и случайных сигналов”.*

1. Свойства спектров физически реализуемых сигналов.

2. Радио- и видеоимпульсы.

3. Сигналы большой длительности.

4. Характер спектра в зависимости от свойств сигнала.

5. Сигналы с ограниченным спектром.

6. Дискретное преобразование Фурье.

7. Эффект зеркальных наложений и способы его устранения.
8. Каковы свойства дельта-функции Дирака?
9. Каковы свойства функции Хевисайда?
10. Многомерные ряды и преобразования Фурье.
11. Передаточная функция, переходная и импульсная характеристики

и связь между ними.

*Вопросы устного опроса по разделу №5 “Различные виды фильтрации аналоговых и дискретных сигналов во временной и частотной областях как вид линейной обработки”.*

1. Виды фильтрации.
2. Фильтрация во временной и в частотной областях.
3. Вейвлет-анализ и его применение в теории сигналов.
4. Гомоморфная фильтрация.
5. Многоканальная фильтрация.
6. Веерная фильтрация, суммирование по направлениям.
7. Какими процедурами реализуется линейная фильтрация во временной и в частотной областях?
8. Почему оптимальные фильтры обнаружения называют согласованными?
9. Что такое Винеровский фильтр?
10. Что такое вейвлет-преобразование и каковы его свойства?
11. Что такое дискретное преобразование Лапласа?
12. Что такое z-преобразование?
13. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры.

*Вопросы устного опроса по разделу №6 “Сигналы и шумы. Выделение сигналов на фоне помех”.*

1. Выделение сигналов на фоне помех.
2. Критерии различения сигналов.
3. Выделение сигнала на фоне помех при известных параметрах сигнала.
4. ЛЧМ-сигналы и их применение в сейсморазведке.
5. Что такое белый шум и каковы его свойства?
6. Объясните происхождение помех, называемых зеркальными частотами, и как обеспечивается их подавление при записи сигналов.

*Вопросы устного опроса по разделу №7 “Геологическая среда и сейсморегистрирующий канал как линейные системы передачи геофизической информации”.*

1. Геологическая среда как система передачи геофизической информации.
2. Спектральная и импульсная характеристики геологической среды.

3. Метод импульсных и переходных характеристик при анализе свойств источника, приемника и регистратора сигналов.

4. Приемные и излучающие интерференционные системы в сейсморазведке.

5. Частотные, фазовые характеристики, характеристики направленности интерференционных систем.

Критерии оценки защиты устного опроса:

— оценка “зачтено” ставится, если студент достаточно полно отвечает на вопрос, развернуто аргументирует выдвигаемые положения, приводит убедительные примеры, обнаруживает последовательность анализа, демонстрирует знание специальной литературы и дополнительных источников информации;

— оценка “не зачтено” ставится, если ответ недостаточно логически выстроен, студент обнаруживает слабость в развернутом раскрытии профессиональных понятий.

К формам письменного контроля относится тестирование.

Тест №1.

№ п/п	Тестовые задания (к каждому заданию дано несколько вариантов ответов, из которых только один является правильным. Выберите правильный ответ и обведите его кружком)
1.	Как определяется Детерминированный сигнал? 1. Значение этого сигнала в любой момент времени определяется точно; 2. В любой момент времени этот сигнал представляет собой случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью; 3. В любой момент времени этот сигнал представляет собой не случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью; 4. Значение этого сигнала нельзя определить точно в любой момент времени.
2.	Какими параметрами определяется гармонический сигнал? 1. Амплитудой $A$ и частотой $\omega$ ; 2. Амплитудой $A$ и начальной фазой $\varphi$ ; 3. Амплитудой $A$ , частотой $\omega$ и начальной фазой $\varphi$ ; 4. Частотой $\omega$ и начальной фазой $\varphi$ .
3.	Каким условиям Дирихле должен удовлетворять ряд Фурье чтобы разложение существовало? 1. Не должно быть разрывов второго рода и число экстремумов должно быть конечным; 2. Не должно быть разрывов второго рода, число разрывов первого

	<p>рода должно быть конечным и число экстремумов должно быть конечным;</p> <p>3. Не должно быть разрывов второго рода и число разрывов первого рода должно быть конечным;</p> <p>4. Число разрывов первого рода должно быть конечным и число экстремумов должно быть конечным.</p>
4.	<p>Какая из представленных формул является формулой прямого преобразования Фурье?</p> <p>1. <math>S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j\omega t} dt</math> ;</p> <p>2. <math>S(\omega) = \int_0^T s(t)s(t-\tau)dt</math> ;</p> <p>3. <math>S(\omega) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t)e^{-j\omega t} dt</math> ;</p> <p>4. <math>S(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(t)}{t-\tau} dt</math> .</p>
5.	<p>Какое соотношение будет между вероятностями случайного сигнала <math>P(x)</math> и функцией распределения?</p> <p>1. <math>F(x_0) = P(x \leq x_0)</math>;</p> <p>2. <math>F(x_0) = P(x &gt; x_0)</math>;</p> <p>3. <math>F(x_0) = P(x = x_0)</math>;</p> <p>4. <math>F(x_0) = P(x \neq x_0)</math>.</p>
6.	<p>Чему равна спектральная плотность мощности белого шума?</p> <p>1. <math>W(\omega) = 0</math>;</p> <p>2. <math>W(\omega) = 1</math>;</p> <p>3. <math>W(\omega) = \text{const}</math>;</p> <p>4. <math>W(\omega) = \infty</math>.</p>
7.	<p>Если в аналоговой системе произвольная задержка подаваемого на вход сигнала приводит лишь к такой же задержке выходного сигнала, не меняя его формы, система называется?</p> <p>1. Стационарной;</p> <p>2. Не стационарной;</p> <p>3. Параметрической;</p> <p>4. Системой с переменными параметрами.</p>
8.	<p>Импульсная характеристика это: ?</p> <p>1. Отклик на воздействие <math>\delta</math>-функции;</p> <p>2. Отклик на воздействие в виде функции Хевисайда;</p> <p>3. Отклик на воздействие в виде прямоугольного импульса;</p>

	4. Передаточная функция.
9.	<p>Эта функция в MATLABе преобразует наборы коэффициентов полиномов числителя и знаменателя функции передачи в векторы и нули: ?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <code>cheblfp(x,y);</code></li> <li>2. <code>demo;</code></li> <li>3. <code>Platx;</code></li> <li>4. <code>tf2zp.</code></li> </ol>
10.	<p>Фильтр Чебышева первого рода?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math display="block">K(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2n}}};</math></li> <li>2. <math display="block">K(\omega) = \frac{1}{1 + \omega^2 \tau^2};</math></li> <li>3. <math display="block">K(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 T_n^2(\omega / \omega_0)}};</math></li> <li>4. <math display="block">K(\omega) = \frac{ \omega  \tau}{1 + \omega^2 \tau^2}.</math></li> </ol>
11.	<p>Процесс преобразования аналогового сигнала в последовательность значений, называется?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Квантование сигнала по уровню;</li> <li>2. Получение цифрового сигнала;</li> <li>3. Дискретизацией сигнала;</li> <li>4. Модуляцией сигнала.</li> </ol>
12.	<p>Если сигнал является дискретной функцией, то:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Спектр его является тоже дискретной функцией;</li> <li>2. Спектр его является периодической функцией;</li> <li>3. Спектр его является комплексной функцией;</li> <li>4. Спектр является непрерывной функцией.</li> </ol>
13.	<p>Z- преобразование имеет свойства?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нелинейность;</li> <li>2. Цикличность;</li> <li>3. Линейность, задержка, свёртка;</li> <li>4. Сопряжённость.</li> </ol>
14.	<p>Какие бывают формы дискретных фильтров?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каноническая, транспонированная, последовательная, эллиптическая;</li> <li>2. Каноническая, балансная, параллельная, эллиптическая;</li> <li>3. Транспонированная, последовательная, параллельная, каскадная;</li> <li>4. Каноническая, транспонированная, последовательная,</li> </ol>

	параллельная.
15.	<p>При обработке сигналов приходится увеличивать или уменьшать частоту дискретизации сигналов. Что производит функция передискретизации?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышает чистоту дискретизации в целое число раз;</li> <li>2. Изменение частоты дискретизации в произвольное число раз;</li> <li>3. Понижение частоты дискретизации в целое число раз;</li> <li>4. повышение частоты дискретизации в произвольное число раз.</li> </ol>
16.	<p>Дискретное преобразование Фурье используется для?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Корреляционного анализа;</li> <li>2. Анализа предельных циклов;</li> <li>3. Спектрального анализа;</li> <li>4. Квантового анализа.</li> </ol>
17.	<p>Какое свойство не относится к дискретному преобразованию Фурье?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Круговая свёртка;</li> <li>2. Линейность;</li> <li>3. Задержка;</li> <li>4. Симметрия.</li> </ol>
18.	<p>Какой из вариантов вывода идеи быстрого преобразования Фурье является ложным?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. БПФ не является приближенным алгоритмом;</li> <li>2. Применение БПФ имеет смысл, если число элементов в анализируемой последовательности являлось степенью числа 2;</li> <li>3. Алгоритм БПФ не предназначен для одновременного расчёта всех спектральных отсчётов <math>X(n)</math>;</li> <li>4. Алгоритм БПФ предназначен для одновременного расчёта всех спектральных отсчётов <math>X(n)</math>.</li> </ol>
19.	<p>Какой метод относится к авторегрессионному спектральному анализу?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод Берга;</li> <li>2. Метод Уолша;</li> <li>3. Параметрический метод;</li> <li>4. Непараметрический метод.</li> </ol>
20.	<p>Эффекты, связанные с конечной разрядностью представления чисел квантования в цифровых системах разделяются на категории. Какой из вариантов не относится к ним?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Шум квантования, возникает при аналого-цифровом преобразовании;</li> <li>2. Искажение характеристик;</li> <li>3. Переполнение разрядной сетки;</li> <li>4. Округление промежуточных результатов вычисления.</li> </ol>



## Тест №2.

№ П/П	Тестовые задания (к каждому заданию дано несколько вариантов ответов, из которых только один является правильным. Выберите правильный ответ и обведите его кружком)
1.	<p>Для формирования случайных сигналов служат какие функции?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Равномерное и нормальное распределение;</li> <li>2. Нормальное и быстрое распределение;</li> <li>3. Равномерное и быстрое распределение;</li> <li>4. Равномерное и распределение с заданной точностью.</li> </ol>
2.	<p>Дельта-функция или функция Дирака удовлетворяет соотношению:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1</math> ;</li> <li>2. <math>\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 0</math> ;</li> <li>3. <math>\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt \neq 0</math> ;</li> <li>4. <math>\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = \infty</math> .</li> </ol>
3.	<p>Ряд Фурье справедлив для:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не периодического сигнала;</li> <li>2. Периодического сигнала;</li> <li>3. Аналитический сигнал;</li> <li>4. Гармонический сигнал.</li> </ol>
4.	<p>Корреляционная функция:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Прямоугольна;</li> <li>2. Не симметрична;</li> <li>3. Треугольная;</li> <li>4. Симметрична.</li> </ol>
5.	<p>Случайные стационарные процессы, это случайные процессы у которых:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Статистические характеристики, которых одинаковы во всех временных сечениях;</li> <li>2. Статистические характеристики, которых различны в зависимости от временных сечений;</li> <li>3. У которых, статистические характеристики стремятся к бесконечности;</li> <li>4. Статистические характеристики, которых не могут принимать нулевые значения.</li> </ol>
6.	<p>Теорема Винера-Хинчина имеет вид:</p>

	<p>1. <math>R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} W(\omega) e^{j\omega\tau} \omega d\omega</math> ;</p> <p>2. <math>R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(\omega) e^{j\omega\tau} \omega d\omega</math> ;</p> <p>3. <math>R(\tau) = \frac{1}{2} \int_{-T/2}^{T/2} W(\omega) e^{j\omega\tau} \omega d\omega</math> ;</p> <p>4. <math>R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} W(\omega) \omega d\omega</math> .</p>
7.	<p>Линейная система устойчива, если:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Если при нулевом сигнале выходной сигнал равен 1 при любых начальных условиях;</li> <li>2. Если при нулевом сигнале выходной сигнал возрастает при любых начальных условиях;</li> <li>3. Если при нулевом сигнале выходной сигнал затухает при любых начальных условиях;</li> <li>4. Если при нулевом сигнале выходной сигнал стремится к бесконечности при любых начальных условиях.</li> </ol>
8.	<p>Единичная импульсная функция является дискретным аналогом дельта-функции и представляет собой:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Бесконечно узкий импульс с бесконечной амплитудой;</li> <li>2. Одиночный отсчёт с единичным значением;</li> <li>3. Сумму бесконечной геометрической прогрессии;</li> <li>4. Отсчёты синусоиды с произвольной частотой и начальной фазой.</li> </ol>
9.	<p>Если спектр сигнала является дискретной функцией, то:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сигнал является тоже дискретной функцией;</li> <li>2. Сигнал является периодической функцией;</li> <li>3. Сигнал комплексной функцией;</li> <li>4. Сигнал является разрывной функцией.</li> </ol>
10.	<p>Чему соответствует интегрирование в частотной области?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Умножению на <math>j\omega</math>;</li> <li>2. Умножению на <math>2\pi</math>;</li> <li>3. Умножению на <math>1/(j\omega)</math>;</li> <li>4. Умножению на <math>1/(2\pi)</math>.</li> </ol>
11.	<p>Как обеспечивается подавление помех зеркальных частот при цифровой регистрации информации?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подавлением с помощью ФЗЧ всех частотных компонент выше частоты Найквиста;</li> <li>2. Применением режекторного фильтра с частотой режекции равной частоте Найквиста;</li> <li>3. Применением ФНЧ с верхней граничной частотой равной</li> </ol>

	<p>удвоенной частоте Найквиста;</p> <p>4. Применением ФВЧ с нижней граничной частотой равной половине частоты Найквиста;</p>
12.	<p>Чем отличается коррелограмма от виброграммы, получаемой при вибрационной сейсморазведке?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Коррелограмма это обратное преобразование Фурье виброграммы;</li> <li>2. Коррелограмма это прямое преобразование Фурье виброграммы;</li> <li>3. Коррелограмма это функция взаимной корреляции опорного свип-сигнала и виброграммы;</li> <li>4. Коррелограмма это функция автокорреляции виброграммы.</li> </ol>
13.	<p>Что определяют временная частота Найквиста и пространственная частота Найквиста?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дискретность квантования по времени и дискретность квантования по пространственной координате;</li> <li>2. Размерность матрицы исходных данных;</li> <li>3. Двумерное преобразование Фурье двумерного массива сейсмограммы;</li> <li>4. Периодичность двумерного спектра по временной и пространственной частотам.</li> </ol>
14.	<p>Какова связь между оператором фильтра и его частотной характеристикой?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оператор фильтра может быть получен обратным преобразованием Фурье его комплексной частотной характеристики;</li> <li>2. Оператор фильтра может быть получен прямым преобразованием Фурье его комплексной частотной характеристики;</li> <li>3. Частотная характеристика это функция автокорреляции оператора фильтра;</li> <li>4. Оператор фильтра может быть получен деконволюцией его частотной характеристики.</li> </ol>
15.	<p>Почему регуляризацию обратного фильтра называют «отбеливанием»?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для устойчивости фильтра к каждой трассе добавляется небольшая доля «белого шума»;</li> <li>2. Для устойчивости фильтра к главной диагонали матрицы полной АКФ сигнала добавляется небольшая доля «белого шума»;</li> <li>3. Для устойчивости фильтра к оператору добавляется небольшая доля «белого шума»;</li> <li>4. Для устойчивости фильтра небольшая доля «белого шума» добавляется к результату.</li> </ol>
16.	<p>Каким образом можно получить информацию об импульсе отраженной волны по записи сейсмической трассы?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Форму импульса отраженной волны можно получить с помощью</li> </ol>

	<p>оптимальной фильтрации сейсмической трассы;</p> <p>2. Форму импульса отраженной волны можно получить с помощью обратной фильтрации сейсмической трассы;</p> <p>3. Форму импульса отраженной волны можно получить с помощью гомоморфной фильтрации сейсмической трассы;</p> <p>4. Форму импульса отраженной волны можно получить с помощью прогностической фильтрации сейсмической трассы.</p>
17.	<p>Как импульсная трасса связана с синтетической?</p> <p>1. Синтетическая трасса есть функция взаимной корреляции функции источника с импульсной трассой;</p> <p>2. Синтетическая трасса может быть получена суммированием функции источника и импульсной трассы;</p> <p>3. Синтетическая трасса может быть получена произведением функции источника и импульсной трассы;</p> <p>4. Синтетическая трасса может быть получена сверткой функции источника с импульсной трассой.</p>
18.	<p>Чему соответствует дифференцирование в частотной области?</p> <p>1. Умножению спектра на <math>j\omega</math>;</p> <p>2. Умножению спектра на <math>2\pi</math>;</p> <p>3. Умножению спектра на <math>1/(j\omega)</math>;</p> <p>4. Умножению спектра на <math>1/(2\pi)</math>.</p>
19.	<p>Каким требованиям к размерности массива должен удовлетворять исходный сигнал для применения к нему процедуры БПФ?</p> <p>1. Размерность массива должна быть равна <math>2^n</math> (<math>n</math> – целое число);</p> <p>2. Размерность массива должна быть <math>N &gt; 1000</math>;</p> <p>3. Размерность массива должна быть <math>N &lt; 1000</math>;</p> <p>4. Размерность массива должна быть <math>N = 1000</math>.</p>
20.	<p>Если спектр сигнала является периодической функцией, то:</p> <p>1. Сигнал является тоже периодической функцией;</p> <p>2. Сигнал является дискретной функцией;</p> <p>3. Сигнал комплексной функцией;</p> <p>4. Сигнал является непрерывной функцией.</p>

Критерии оценок тестового контроля знаний:

— оценка “зачтено” выставляется студенту, набравшему 71 — 100 % правильных ответов тестирования;

— оценка “не зачтено” выставляется студенту, набравшему 70 % и менее правильных ответов тестирования.

## 4.2. Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)

К формам контроля относится зачет.

Вопросы для подготовки к зачету:

1. Понятие сигнала. Виды сигналов.
2. Информационная структура сигналов.
3. Локальные и интегральные характеристики сигналов.
4. Разложение сигналов произвольной формы в базисе ортогональных функций.
5. Корреляционный анализ детерминированных сигналов.
6. Корреляционный анализ случайного процесса.
7. Связь между АКФ и спектральной характеристикой сигнала.
8. Основные соотношения корреляционного анализа для дискретных функций.
9. Расчет спектра функции  $\Pi(t-t_0)+\Pi(t+t_0)$  – два прямоугольных импульса, расположенных симметрично относительно оси ординат.
10. Расчет спектра прямоугольной функции.
11. Расчет спектра треугольной функции.
12. Расчет спектра функции Лапласа  $\exp(-a|t|)$ .
13. Расчет спектра функции Гаусса  $\exp(-at)$ .
14. Равенство Парсеваля.
15. Соотношение между длительностью сигнала и шириной его спектра.
16. Условия Дирихле.
17. Ряд и интеграл Фурье.
18. Быстрое преобразование Фурье. Реализация БПФ в пакете MATHCAD.
19. Аппроксимация простых периодических функций (меандр, “пила”) рядами Фурье.
20. Многомерные ряды и преобразования Фурье.
21. Дискретизация непрерывного сигнала. Теорема Котельникова. Спектры дискретизированных сигналов.
22. Дискретное преобразование Фурье.
23. Свойства преобразования Фурье: сдвиг сигнала во времени, изменение масштаба времени, дифференцирование и интегрирование сигнала.
24. Свойства преобразования Фурье: сложение сигналов, произведение двух функций, взаимная обратимость частоты и времени в преобразованиях Фурье.
25. Гармонический анализ периодических сигналов.

26. Гармонический анализ непериодических сигналов.
27. Эффект зеркальных наложений и способы его устранения.
28. Функция единичного скачка (функция Хевисайда).
29. Спектр функции Хевисайда.
30. Передаточная функция, переходная и импульсная характеристики и связь между ними.
31. Спектральный анализ случайного процесса.
32. Передача сигналов через линейные системы. Спектральный метод. Метод интеграла наложения (Дюамеля). Импульсная и переходная характеристики.
33. Дискретное преобразование Фурье. Эффект зеркальных наложений и способы его устранения.
34. Дельта-функция (импульс Дирака) и ее свойства. Спектр дельта-функции.
35. Дискретное преобразование Лапласа.
36. Прямое и обратное z-преобразование.
37. Свойства z-преобразования временных последовательностей.
38. Рекурсивная фильтрация.
39. Гомоморфная фильтрация и ее применение.
40. Теорема Винера-Хинчина.
41. Винеровский фильтр и его применение.
42. Двумерное преобразование Фурье. Вексная фильтрация.
43. Случайные сигналы и шумы.
44. Полосовая фильтрация сигналов во временной и частотной областях.
45. Оптимальная (согласованная) фильтрация сигнала при “белом” шуме.
46. Генерация “белого” шума численными методами.
47. Оптимальная фильтрация известного сигнала при небелом шуме.
48. Выделение сигналов на фоне случайных помех с помощью фильтрации по способу минимума среднеквадратического отклонения.
49. Уравнение Винера-Колмогорова.
50. “Белый” шум и его свойства.
51. Генерация “белого” шума численными методами.
52. ЛЧМ-сигналы и их применение в сейсморазведке.
53. Геологическая среда как система передачи геофизической информации.
54. Спектральная и импульсная характеристики геологической среды.
55. Частотные, фазовые характеристики, характеристики направленности интерференционных систем.

56. Обобщенная комплексная характеристика интерференционной системы.

Критерии получения студентами зачетов:

— оценка «зачтено» ставится, если студент строит свой ответ в соответствии с планом. В ответе представлены различные подходы к проблеме. Устанавливает содержательные межпредметные связи. Развернуто аргументирует выдвигаемые положения, приводит убедительные примеры, обнаруживает последовательность анализа. Выводы правильны. Речь грамотна, используется профессиональная лексика. Демонстрирует знание специальной литературы в рамках учебного методического комплекса и дополнительных источников информации.

— оценка «не зачтено» ставится, если ответ недостаточно логически выстроен, план ответа соблюдается непоследовательно. Студент обнаруживает слабость в развернутом раскрытии профессиональных понятий. Выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументируются. Ответ носит преимущественно теоретический характер, примеры отсутствуют.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

— при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

— при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

— при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

### **5.1. Учебная литература**

#### Основная литература

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие для студентов ВУЗов. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2007. — 750 с. (25)
2. Воробьев С.Н. Цифровая обработка сигналов: учебник для студентов ВУЗов. — М.: Академия, 2013. — 318 с. (14)
3. Федосов В.П., Нестеренко А.К. Цифровая обработка сигналов в LabView: учебное пособие. — М.: ДМК Пресс, 2009. — 471 с. — [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=1090](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1090).

*\*Примечание:* в скобках указано количество экземпляров в библиотеке КубГУ.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

#### Дополнительная литература

1. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов: учебник / пер. с англ. Кулешова С.А.; под ред. Ненашева А.С. — М.: Техносфера, 2006. — 855 с. (5)
2. Бондарев В.И., Крылатков С.М. Сейсморазведка: учебник. В 2 т. Т.2. Обработка, анализ и интерпретация данных. — Изд. 2-е, испр. и доп. — Екатеринбург: УГГУ, 2011. — 432 с. (17)
3. Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьева Е.Б., Гук И.И. Основы цифровой обработки сигналов: курс лекций. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 608 с.
4. Бат М. Спектральный анализ в геофизике / пер. с англ. — М.: Недра, 1980. — 535 с.
5. Кондратьев И.К. Линейные обрабатывающие системы в сейсморазведке. — М.: Недра, 1976. — 178 с.



6. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для ВУЗов. — М.: Советское радио, 1971. — 672 с.
7. Зиновьев А.Л., Филиппов Л.И. Введение в теорию сигналов и цепей. Учебное пособие для ВУЗов. — М.: Высшая школа, 1975. — 264 с.
8. Карташов В.Г. Основы теории дискретных сигналов и цифровых фильтров. Учебное пособие для ВУЗов. — М.: Высшая школа, 1982. — 109 с.
9. Ахмед Н., Рао К.Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов / пер. с англ. / под ред. Фоменко И.Б. — М.: Связь, 1980. — 248 с.
10. Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных. Теория и практика / пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 216 с.
11. Гуленко В.И. Практикум по MATHCAD: учебное пособие для студентов геофизиков. — Краснодар: КубГУ, 2013. — 125 с.
12. Федосов В.П. Цифровая обработка звуковых и вибросигналов в LabView. Справочник функций системы NI Sound and Vibration LabView. — М.: ДМК Пресс, 2010. — 1291 с. — [Электронный ресурс]: справочник. — Электрон. дан. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=1099](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1099).

## **5.2. Периодическая литература**

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека Grebennikon.ru <https://grebennikon.ru>

## **5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

### **Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru>
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «Book.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «Znanium.com» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com>

### **Профессиональные базы данных:**

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com>
2. Scopus <http://www.scopus.com>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru>

6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru>
9. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
10. zbMath <https://zbmath.org>
11. Nano Database <https://nano.nature.com>
12. Springer eBooks <https://link.springer.com>
13. «Лекториум ТВ» <http://www.lektorium.tv>
14. Университетская информационная система Россия <http://uisrussia.msu.ru>

### **Информационные справочные системы:**

Консультант Плюс – справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки).

### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada>
3. КиберЛенинка <http://cyberleninka.ru>
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru>
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru>
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru>
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru>
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов <http://fcior.edu.ru>
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина «Образование на русском» <https://pushkininstitute.ru>
10. Справочно-информационный портал «Русский язык» <http://gramota.ru>
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru>
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru>
13. Образовательный портал «Учеба» <http://www.ucheba.com>
14. Законопроект «Об образовании в Российской Федерации». Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety)

## **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала «Школьные годы» <http://icdau.kubsu.ru>

## **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Теоретические знания по основным разделам курса «Цифровая обработка сигналов» студенты приобретают на лекциях и лабораторных занятиях, закрепляют и расширяют во время самостоятельной работы.

Лекции по курсу «Цифровая обработка сигналов» представляются в виде обзоров с демонстрацией презентаций по отдельным основным темам программы.

Для углубления и закрепления теоретических знаний студентам рекомендуется выполнение определенного объема самостоятельной работы. Общий объем часов, выделенных для внеаудиторных занятий, составляет 46,8 часа.

Внеаудиторная работа по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» заключается в следующем:

- повторение лекционного материала и проработка учебного (теоретического) материала;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций);
- написание контролируемой самостоятельной работы (домашнего расчетно-графического задания);
- подготовка к текущему контролю.

Для закрепления теоретического материала и выполнения контролируемых самостоятельных работ по дисциплине во внеучебное время студентам предоставляется возможность пользования библиотекой КубГУ, возможностями компьютерных классов.

Итоговый контроль осуществляется в виде зачета.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) — дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## 7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 7, пакет Microsoft Office Professional (Word, Excel, PowerPoint, Access), программы демонстрации видео материалов (Windows Media Player), программы для демонстрации и создания презентаций (Microsoft PowerPoint)
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 7, пакет Microsoft Office Professional (Word, Excel, PowerPoint, Access), программы демонстрации видео материалов (Windows Media Player), программы для демонстрации и создания презентаций (Microsoft PowerPoint)
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ.	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)</p>	<p>Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы. Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 10, пакет Microsoft Office 2016, Abbyy Finereader 9</p>
<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. А106)</p>	<p>Мебель: учебная мебель. Комплект специализированной мебели: компьютерные столы. Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>лицензионные программы общего назначения: Microsoft Windows 7, пакет Microsoft Office Professional</p>