

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Косенок Сергей Михайлович  
Должность: ректор  
Дата подписания: 18.06.2024 13:34:35  
Уникальный программный ключ:  
e3a68f3eaa1e62674b54f4998099d3d6bfdcf836

**Бюджетное учреждение высшего образования**  
Ханты-Мансийского автономного округа-Югры  
"Сургутский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР

\_\_\_\_\_ Е.В. Коновалова

13 июня 2024г., протокол УМС №5

## Цифровая обработка сигналов рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	<b>Экспериментальной физики</b>		
Учебный план	g030402-ЦифрТех-24-2.plx Направление 03.04.02 Физика Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике		
Квалификация	<b>Магистр</b>		
Форма обучения	<b>очная</b>		
Общая трудоемкость	<b>6 ЗЕТ</b>		
Часов по учебному плану	216	Виды контроля в семестрах:	
в том числе:		зачеты 3	
аудиторные занятия	30		
самостоятельная работа	186		

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	10 3/6			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	16	16	16	16
Практические	14	14	14	14
Итого ауд.	30	30	30	30
Контактная работа	30	30	30	30
Сам. работа	186	186	186	186
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

*д.ф.-м.н., Профессор, Ельников Андрей Владимирович*

Рабочая программа дисциплины

**Цифровая обработка сигналов**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 03.04.02 Физика (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 914)

составлена на основании учебного плана:

Направление 03.04.02 Физика

Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике

утвержденного учебно-методическим советом вуза от 13.06.2024 протокол № 5.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Экспериментальной физики**

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., Ельников Андрей Владимирович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	Изучение основ фундаментальной теории цифровой обработки сигналов (ЦОС) в части базовых методов и алгоритмов ЦОС, инвариантных относительно физической природы сигнала и включающих в себя
1.2	математическое описание (математические модели) линейных дискретных систем (ЛДС) и дискретных сигналов, включая дискретности в виде структур;
1.3	оценку шумов квантования в цифровых фильтрах с фиксированной точкой;
1.4	изучение современных средств компьютерного моделирования базовых методов и алгоритмов ЦОС.

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.ДВ.01
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Компьютерный инжиниринг в цифровом проектировании и производстве
2.1.2	Технологии цифровой промышленности
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ОПК-3.2:** Использует современные программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки

**ОПК-1.2:** Выбирает оптимальный метод решения научно-исследовательских задач, используя фундаментальные знания в области физики

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	- общую методику проектирования цифровых фильтров на основе исходных данных;
3.1.2	- методы расчета цифровых систем обработки сигналов в сетях связи нового поколения;
3.1.3	- методы проектирования цифровых систем обработки сигналов в сетях связи нового поколения;
3.1.4	- основные методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров;
3.1.5	- методы математического описания линейных дискретных систем;
3.1.6	- методы математического описания цифровых фильтров в виде структуры.
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	- собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования цифровых фильтров;
3.2.2	- проводить расчет цифровых систем обработки сигналов в сетях связи нового поколения;
3.2.3	- проектировать цифровые системы обработки сигналов в сетях связи нового поколения;
3.2.4	- объяснять основные методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров;
3.2.5	- объяснять методы математического описания линейных дискретных систем;
3.2.6	- обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Примечание
	Раздел 1. Введение в цифровую обработку					

1.1	Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Спектр дискретного сигнала. Влияние формы дискретизирующих импульсов. Теорема Котельникова. Восстановление радиосигнала. /Лек/	3	4	ОПК-1.2	Л1.2 Л1.6Л2.1 Л2.2 Э2	
1.2	Исследование аналого-цифрового и цифро-аналоговог преобразования. /Пр/	3	2	ОПК-3.2	Л3.1 Л3.2	
1.3	Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Спектр дискретного сигнала. Влияние формы дискретизирующих импульсов. Теорема Котельникова. Восстановление радиосигнала. /Ср/	3	30	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л1.4Л2.2 Л2.3 Э2	
<b>Раздел 2. Линейные дискретные системы (ЛДС)</b>						
2.1	Способы описания ЛДС - импульсная и переходная характеристика, функция передачи, нули и полюсы. Рекурсивные и нерекурсивные. Формы реализации дискретных фильтров - каноническая, транспонированная, каскадная, параллельная. Изменение частоты дискретизации - прореживание, интерполяция, передискретизация. /Лек/	3	2	ОПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.5Л2.1 Э1 Э2	
2.2	Исследование импульсной и переходной характеристики /Пр/	3	4	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л3.1 Л3.2 Л3.3	
2.3	/Контр.раб./	3	0			Задания для
2.4	Способы описания ЛДС - импульсная и переходная характеристика, функция передачи, нули и полюсы. Рекурсивные и нерекурсивные. Формы реализации дискретных фильтров - каноническая, транспонированная, каскадная, параллельная. Изменение частоты дискретизации - прореживание, интерполяция, передискретизация. /Ср/	3	30	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.3Л3.3 Э1 Э2	
<b>Раздел 3. Цифровые фильтры (ЦФ)</b>						
3.1	Синтез нерекурсивных (КИХ) фильтров. Метод временного окна и синтез цифрового фильтра с оптимальной АЧХ и ФЧХ. Синтез рекурсивных (БИХ) цифровых фильтров. Метод билинейного z-преобразования. Метод инвариантной импульсной характеристики. Пакеты программ для проектирования и анализа цифровых фильтров (Matlab, DFDP, FD-2). /Лек/	3	2	ОПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.6 Э1 Э2	
3.2	Синтез нерекурсивных (КИХ) фильтров. Синтез рекурсивных (БИХ) цифровых фильтров. /Пр/	3	4	ОПК-3.2	Л3.1	
3.3	Синтез нерекурсивных (КИХ) фильтров. Метод временного окна и синтез цифрового фильтра с оптимальной АЧХ и ФЧХ. Синтез рекурсивных (БИХ) цифровых фильтров. Метод билинейного z-преобразования. Метод инвариантной импульсной характеристики. Пакеты программ для проектирования и анализа цифровых фильтров (Matlab, DFDP, FD-2). /Ср/	3	30	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л1.2Л2.3 Э1 Э2	

	<b>Раздел 4. Эффекты квантования в ЦФ</b>					
4.1	Форматы представления чисел с фиксированной и плавающей точкой. Шум квантования. Квантование коэффициентов цифровых фильтров и их масштабирование. Переполнение разрядной сетки. Предельные циклы. /Лек/	3	2	ОПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Э1 Э2	
4.2	Исследование шума квантования. Исследование квантования коэффициентов цифровых фильтров и их масштабирование. /Пр/	3	4	ОПК-3.2	Л3.1 Л3.2	
4.3	Форматы представления чисел с фиксированной и плавающей точкой. Шум квантования. Квантование коэффициентов цифровых фильтров и их масштабирование. Переполнение разрядной сетки. Предельные циклы. /Ср/	3	30	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л1.3Л2.2 Л2.3 Э1 Э2	
	<b>Раздел 5. Описание дискретных сигналов в частотной области</b>					
5.1	Методы математического описания дискретных и цифровых сигналов. Z-преобразование и его свойства. Связь Z-преобразования с преобразованиями Лапласа и Фурье. Обратное Z-преобразование. Дискретные случайные сигналы. Корреляционная матрица. /Лек/	3	2	ОПК-1.2	Л1.6 Э1 Э2	
5.2	Методы математического описания дискретных и цифровых сигналов. Z-преобразование и его свойства. Связь Z-преобразования с преобразованиями Лапласа и Фурье. Обратное Z-преобразование. Дискретные случайные сигналы. Корреляционная матрица. /Ср/	3	30	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л1.2 Л1.5Л3.1 Л3.4 Э1 Э2	
	<b>Раздел 6. Дискретное преобразование Фурье (ДФ). Быстрое преобразование Фурье (БПФ)</b>					
6.1	Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Двумерное преобразование Фурье. Обратное преобразование Фурье. Быстрые алгоритмы дискретного преобразования Фурье. БПФ с прореживанием по времени и по частоте. Основание алгоритма БПФ. Алгоритм быстрой свертки. Классические методы спектрального оценивания. Периодограммные оценки по методу Даньелла, Бартлетта и Уэлча. Коррелограммные оценки со смещением и без смещения. /Лек/	3	4	ОПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Э1	

6.2	Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Двумерное преобразование Фурье. Обратное преобразование Фурье. Быстрые алгоритмы дискретного преобразования Фурье. БПФ с прореживанием по времени и по частоте. Основание алгоритма БПФ. Алгоритм быстрой свертки. Классические методы спектрального оценивания. Периодограммные оценки по методу Даныелла, Бартлетта и Уэлча. Коррелограммные оценки со смещением и без смещения. /Ср/	3	36	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2Л3.4 Э1 Э2	
6.3	/Зачёт/	3	0			Вопросы к зачету

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

### 5.1. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Представлены отдельным документом

### 5.2. Оценочные материалы для диагностического тестирования

Представлены отдельным документом

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Солонина А. И., Улахович Д. А., Арбузов С. М., Соловьева Е. Б.	Основы цифровой обработки сигналов: учебное пособие	СПб.: БХВ-Петербург, 2005	17
Л1.2	Жевелев В. В., Козина О. Г.	Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие	СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 1998	16
Л1.3	Сергиенко А. Б.	Цифровая обработка сигналов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Информатика и вычислительная техника"	М. [и др.]: Питер, 2007	15
Л1.4	Воробьев С. Н.	Цифровая обработка сигналов: Текст	Москва: Издательский центр "Академия", 2013	10
Л1.5	Гадзиковский В. И.	Цифровая обработка сигналов: учебное пособие	Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2013, Электронный ресурс	1
Л1.6	Ролдугин С.В., Паринов А.В.	Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие	Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2016, Электронный ресурс	1

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
--	---------------------	----------	-------------------	----------

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Карамов З. С., Колесниченко Г. И.	Цифровая обработка сигналов (математическое описание цифровых сигналов и систем): Учебное пособие	М., 1992	5
Л2.2	Басараб М. А., Волосюк В. К., Горячкин О. В., Зеленский А. А., Кравченко В. Ф., Ксендзук А. В., Кравченко В. Ф.	Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях	Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007, Электронный ресурс	1
Л2.3	Алан Оппенгейм, Рональд Шафер, Кулешов С. А., Махиянова Е. Б.	Цифровая обработка сигналов: учебное пособие	Москва: Техносфера, 2012, Электронный ресурс	1

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Шошин Е. Л.	Микропроцессоры фирмы Motorola и цифровая обработка сигналов: учебное пособие	Сургут: Издательство СурГУ, 2007	79
Л3.2	Табарин В. А., Иконников В. П.	Физические основы электроники: (Лабораторный практикум)	Сургут: Издательство СурГУ, 2004	179
Л3.3	Сперанский В.С.	Конспект лекций по курсу Микропроцессоры и цифровая обработка сигналов: учебное пособие	Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2013, Электронный ресурс	1
Л3.4	Тропченко А.Ю., Тропченко А.А.	Цифровая обработка сигналов. Методы предварительной обработки: учебное пособие	Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2009, Электронный ресурс	1

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Процессоры цифровой обработки сигналов <a href="http://www.dsps.ru">http://www.dsps.ru</a>
Э2	Цифровая обработка сигналов <a href="http://www.dsp-book.narod.ru">http://www.dsp-book.narod.ru</a>

### 6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Microsoft Office, Mathcad, MatLAB
---------	-----------------------------------

### 6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Гарант-информационно-правовой портал. <a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a>
6.3.2.2	КонсультантПлюс –надежная правовая поддержка. <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (лабораторных занятий), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена: комплект специализированной учебной мебели, маркерная (меловая) доска, комплект переносного мультимедийного оборудования - компьютер, проектор, проекционный экран, компьютеры с возможностью выхода в Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду. Обеспечен доступ к сети Интернет и в электронную информационную среду организации.
-----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------