

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР

_____ Е.В. Коновалова

15 июня 2023 г., протокол УМС №5

МОДУЛЬ ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

Цифровая обработка сигналов рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	Экспериментальной физики
Учебный план	b030302-ЦифрТех-23-3.plx 03.03.02 Физика Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ

Часов по учебному плану	108
в том числе:	
аудиторные занятия	68,3
самостоятельная работа	3,7
часов на контроль	36

Виды контроля в семестрах:
экзамены 6

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	уп	рп		
Неделя	14 2/6			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Контактная работа	4,3	4,3	4,3	4,3
Итого ауд.	68,3	68,3	68,3	68,3
Контактная работа	68,3	68,3	68,3	68,3
Сам. работа	3,7	3,7	3,7	3,7
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	108	108	108	108

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 - бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 891)

составлена на основании учебного плана:

03.03.02 Физика

Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике

утвержденного учебно-методическим советом вуза от 15.06.2023 протокол № 5.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Экспериментальной физики

Зав. кафедрой профессор, 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.04
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Электроника
2.1.2	Электричество и магнетизм
2.1.3	Физические основы электроники
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.2	Производственная практика, научно-исследовательская работа

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

ОПК-3.2: Выбирает современные информационные технологии для обработки результатов исследований с учетом основных требований информационной безопасности

ОПК-2.1: Применяет основные методы исследования физических объектов

ОПК-1.1: Демонстрирует знания теоретических основ основных разделов физики и математики

ОПК-1.2: Применяет полученные фундаментальные знания в области физики в профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
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.
3.2	Уметь:
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	
3.2.4	- проектировать цифровые системы обработки сигналов в сетях связи нового поколения;
3.2.5	- объяснять основные методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров;
3.2.6	
3.2.7	- объяснять методы математического описания линейных дискретных систем;

3.2.8	- обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой).
3.3 Владеть:	
3.3.1	- навыками анализа современных тенденций развития систем цифровой обработки сигналов;
3.3.2	- навыками расчета цифровых систем обработки сигналов в сетях связи нового поколения;
3.3.3	
3.3.4	- навыками проектирования цифровых систем обработки сигналов в сетях связи нового поколения;
3.3.5	- навыками объяснения основных методов синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров;
3.3.6	
3.3.7	- навыками объяснения методов математического описания линейных дискретных систем;
3.3.8	- навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров.

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/	6	6	ОПК-1.2	Л1.2 Л1.6Л2.1 Л2.2 Э2	
1.2	Исследование аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования. /Пр/	6	4	ОПК-3.2	Л3.1 Л3.2	
1.3	Базовые сигналы в ЦОС /Лаб/	6	2			
1.4	Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Спектр дискретного сигнала. Влияние формы дискретизирующих импульсов. Теорема Котельникова. Восстановление радиосигнала. /Ср/	6	0	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л1.4Л2.2 Л2.3 Э2	
	Раздел 2. Линейные дискретные системы (ЛДС)					
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/	6	6	ОПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.5Л2.1 Э1 Э2	
2.2	Исследование импульсной и переходной характеристики /Пр/	6	4	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л3.1 Л3.2 Л3.3	
2.3	Разностные уравнения /Лаб/	6	2	ОПК-2.1	Л1.1Л2.3Л3.2 Э2	
2.4	/Контр.раб./	6	36			Задания для контрольной работы
2.5	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,	6	0	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.3Л3.3 Э1 Э2	

	Раздел 3. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Быстрое преобразование Фурье (БПФ)					
3.1	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/	6	6	ОПК-1.1	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Э1 Э2	
3.2	Дискретное преобразование Фурье. /Лаб/	6	3	ОПК-2.1	Л2.3Л3.1 Л3.2 Э2	
3.3	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. /Ср/	6	0	ОПК-1.1 ОПК-2.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2Л3.4 Э2	
	Раздел 4. Эффекты квантования в ЦФ					
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/	6	4	ОПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Э1 Э2	
4.2	Спектральный анализ /Лаб/	6	3	ОПК-3.2	Л3.1 Л3.2 Э2	
4.3	Исследование шума квантования. Исследование квантования коэффициентов цифровых фильтров и их масштабирование. /Пр/	6	4	ОПК-3.2	Л2.1Л3.1 Л3.2 Э2	
4.4	Форматы представления чисел с фиксированной и плавающей точкой. Шум квантования. Квантование коэффициентов цифровых фильтров и их масштабирование. Переполнение разрядной сетки. Предельные циклы. /Ср/	6	0	ОПК-3.2	Л1.2 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э2	
	Раздел 5. Цифровые фильтры (ЦФ)					

5.1	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/	6	6	ОПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.6 Э1 Э2	
5.2	Синтез нерекурсивных (КИХ) фильтров. Синтез рекурсивных (БИХ) цифровых фильтров. /Пр/	6	4	ОПК-3.2	Л3.1	
5.3	Расчет цифровых фильтров с бесконечными импульсными характеристиками /Лаб/	6	3	ОПК-2.1	Л3.1 Л3.2 Э2	
5.4	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/	6	0	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л1.2Л2.3 Э1 Э2	
Раздел 6. Описание дискретных сигналов в частотной области						
6.1	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/	6	4	ОПК-1.2	Л1.6 Э1 Э2	
6.2	Расчет цифровых КИХ-фильтров с линейной фазовой характеристикой методом взвешивания . /Лаб/	6	3	ОПК-1.1 ОПК-2.1	Л2.3Л3.1 Л3.2 Э2	
6.3	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/	6	3,7	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Л1.2 Л1.5Л3.1 Л3.4 Э1 Э2	
Раздел 7.						
7.1	/КонР/	6	4,3			
7.2	/Экзамен/	6	0			Вопросы к экзамену

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
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

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
ЛЗ.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
ЛЗ.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 http://www.dsps.ru
Э2	Цифровая обработка сигналов http://www.dsp-book.narod.ru
6.3.1 Перечень программного обеспечения	
6.3.1.1	пакет прикладных программ Microsoft Office, Mathcad, MatLAB
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Гарант-информационно-правовой портал. http://www.garant.ru/
6.3.2.2	КонсультантПлюс –надежная правовая поддержка. http://www.consultant.ru/

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.
-----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------