


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

УТВЕРЖДЕНО

решением Учёного Совета факультета математики,
информационных и авиационных технологий

от «21» июня 2020 г., протокол № 5/20

Председатель _____ / М.А. Волков
«21» июня 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Цифровая обработка сигналов
Факультет	Факультет математики, информационных и авиационных технологий
Кафедра	Телекоммуникационные технологии и сети
Курс	3

Направление (специальность) – 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи _____

код направления (специальности), полное наименование

Направленность (профиль/специализация) – Интернет и гетерогенные сети _____

полное наименование

Форма обучения – очная _____

очная, заочная, очно-заочная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: «1» сентября 2020 г.



Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 1 сентября 2021 г.


Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 1 сентября 2022 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 1 сентября 2023 г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Смолева Виталий Петрович	ТТС	к.в.н., доцент

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой, реализующей дисциплину	Заведующий выпускающей кафедрой
( / Смагин А.А. / Подпись / ФИО «21» июня 2020 г.	( / Смагин А.А. / Подпись / ФИО «21» июня 2020 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Целью освоения дисциплины является формирование профессиональных и универсальных компетенций, необходимых для реализации информационно-аналитической и научно-исследовательской деятельности (см. пункт 3).

Задачами изучения дисциплины в рамках освоения практического фактического материала и предусмотренного курса лабораторных занятий выступает приобретение знаний, умений и навыков, характеризующих определённый уровень сформированности целевых компетенций:

сформировать системное базовое представление, первичные знания, умения и навыки студентов по цифровой обработке сигналов;

дать общие представления о построении элементов аппаратуры связи и автоматизации, необходимых для цифровой обработки сигналов;

подготовить студентов к применению базовых методов и алгоритмов ЦОС, современных средств компьютерного моделирования алгоритмов ЦОС при дальнейшем обучении.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП


Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к дисциплинам базовой части учебного плана подготовки бакалавра по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (Б1.Б.21).

Для успешного изучения дисциплины необходимы знания и умения, приобретенные в результате освоения курсов «Общая теория связи», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей».

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: «Системы и услуги документальной электросвязи», «Теория построения инфокоммуникационных сетей и систем».

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-12 Способен к сбору, обработке, распределению и контролю выполнения заявок на техподдержку оборудования с помощью инфокоммуникационных систем и баз данных	Знать: <ul style="list-style-type: none"> – основы теории цифровой обработки сигналов, – методы математического описания линейных дискретных систем, цифровых фильтров, – средства технической поддержки оборудования инфокоммуникаций, Уметь: <ul style="list-style-type: none"> – вычислять ДПФ и БПФ средствами компьютерного моделирования, – синтезировать цифровой фильтр, КИХ, БИХ и анализировать характеристики фильтров, – использовать возможности ЦОС для техподдержки

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		


	<p>оборудования,</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками технической поддержки оборудования с помощью инфокоммуникационных систем и баз данных, – методами составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов, – навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ,
<p>ПК-15</p> <p>Способен к администрированию процесса оценки производительности и контроля использования и производительности сетевых устройств, программного обеспечения информационно-коммуникационной системы</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные положения по администрированию процесса оценки производительности и контроля использования сетевых устройств и ПО инфокоммуникаций, – современные методы и средства измерений параметров телекоммуникационных систем, – тестовое оборудование в сегменте транспортных сетей и сетей доступа, <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять тестовое оборудование для оценки и контроля производительности сетевых устройств и программного обеспечения инфокоммуникационной системы, – использовать возможности сетевой операционной системы и дополнительное ПО для оценки и контроля сетевых устройств, программного обеспечения информационно-коммуникационной системы, <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками оценки производительности и контроля использования и производительности сетевых устройств, программного обеспечения информационно-коммуникационной системы,
<p>УК-1</p> <p>Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные положения теории систем и системного анализа, <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выполнять поиск, критический анализ и синтез информации, <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками применения системного подхода для решения поставленных задач,

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 5 ЗЕТ (180)

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах)

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
1	2	6
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	72	72


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Аудиторные занятия:	72	72
лекции	18	18
Семинары и практические занятия	36	36
Лабораторные работы, практикумы	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	36 тестирование, защита лабораторных работ	36
Курсовая работа		
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	экзамен	экзамен
Всего часов по дисциплине	144	144

4.3. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия				Самостоятельная работа	
		лекции	практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы	Занятия в интерактивной форме		
1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 1. Введение	4	2				2	
Тема 2. Линейные дискретные системы (ЛДС)	38	4	12	4	4*	18	
Тема 3. Определение и классификация цифровых фильтров	18	2	6	2	2*	8	
Тема 4. Формы структурной реализации цифровых фильтров, их математические описания и реализуемые алгоритмы обработки	10	2	2	2	2*	4	
Тема 5. Цифровые фильтры (ЦФ)	33	4	12	2	2*	15	
Тема 6. Описание дискретных сигналов в частотной области	9	2				7	
Тема 7. Дискретное преобразование Фурье	16	2	2	4	4*	8	

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

(ДПФ)							
Тема 8. Быстрое преобразование Фурье (БПФ)	10		2	2	2*	6	
Тема 9. Применение цифровой обработки сигналов	6			2	2*	4	
Текущий контроль	36						
Итого	180	18	36	18	18*	72	

*В интерактивной форме проводятся все лабораторные работы. Темы и содержание занятий приведены в пункте «ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)». В «Итого» столбец «Занятия в интерактивной форме», соответствующий столбцу «Лабораторная работа», не учитывается.

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Тема 1. Введение

Цель, задачи и основное содержание учебной дисциплины, порядок её изучения. Общие сведения о цифровой обработке сигналов. Основные типы сигналов. Нормирование времени. Обобщенная схема ЦОС. Нормирование частоты. Основная полоса частот.

Тема 2. Линейные дискретные системы (ЛДС)

Определение, свойства и структура ЛДС. Математическое описание ЛДС во временной области, Z-области и частотной области. Импульсная характеристика (ИХ); соотношения вход/выход: формула свертки, разностное уравнение. Математическое описание ЛДС в z-области: передаточная функция (ПФ) рекурсивных и нерекурсивных ЛДС.

Тема 3. Определение и классификация цифровых фильтров

Определения дискретного и цифрового фильтров, условия их математической адекватности. Разностное уравнение дискретной системы, рекурсивный и нерекурсивный цифровые фильтры.

Тема 4. Формы структурной реализации цифровых фильтров, их математические описания и реализуемые алгоритмы обработки. Прямая, каноническая, каскадная и параллельная формы реализации рекурсивных цифровых фильтров.

Тема 5. Цифровые фильтры (ЦФ).

ЦФ: определение; классификация; основные этапы проектирования. Синтез КИХ-фильтров. Синтез БИХ-фильтров.

Тема 6. Описание дискретных сигналов в частотной области.

Спектральная плотность дискретного сигнала и ее свойства. Связь между спектральными плотностями дискретного и аналогового сигналов. Простейшие операции со спектральными плотностями: перенос, инверсия, формирование сигнала с ОБП.

Тема 7. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).


ДПФ периодических последовательностей и последовательностей конечной длины. Свойства ДПФ. Вычисление круговых, линейных и секционированных свертки с помощью ДПФ. Понятие о спектральном анализе сигналов с помощью ДПФ.

Тема 8. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).

Оценка порядка вычислительной сложности ДПФ. Определение БПФ. БПФ Кули-Тьюки с прореживанием по времени: алгоритм; начальные условия алгоритма (прореживание отсчетов исходной последовательности).

Тема 9. Применение цифровой обработки сигналов.

Обзор областей применения ЦОС. Применение ЦОС в телекоммуникациях. Процессоры для цифровой обработки сигналов.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 2. Линейные дискретные системы (ЛДС).

Вопросы.

1. Общие сведения о цифровой обработке сигналов. Основные типы сигналов.
2. Определение, свойства и структура ЛДС.
3. ЛДС во временной области: импульсная характеристика (ИХ); соотношения вход/выход: формула свертки, разностное уравнение. Рекурсивные и нерекурсивные ЛДС. КИХ- и БИХ-системы. Устойчивость ЛДС.
4. ЛДС в z-области: передаточная функция (ПФ) рекурсивных и нерекурсивных ЛДС; соотношения вход/выход в z-области; связь ПФ с разностным уравнением; карта нулей и полюсов; ПФ и ИХ рекурсивных звеньев 1-го и 2-го порядков.
5. Описание ЛДС в частотной области. Определение и свойства частотных характеристик ЛДС: КЧХ, АЧХ и ФЧХ.

Тема 3. Определение и классификация цифровых фильтров.

Вопросы.

1. Определения дискретного и цифрового фильтров, условия их математической адекватности.
2. Разностное уравнение. Дискретная временная свертка.
3. Рекурсивный и нерекурсивный цифровые фильтры.

Тема 4. Формы структурной реализации цифровых фильтров, их математические описания и реализуемые алгоритмы обработки.

Вопросы.

1. Структурные схемы цифровых фильтров.
2. Формы реализации рекурсивных цифровых фильтров (прямая, каноническая, каскадная и параллельная).
3. Передаточная функция рекурсивного фильтра.

Тема 5. Цифровые фильтры (ЦФ)

Вопросы.

1. Определение и классификация цифровых фильтров.
2. Структурные схемы цифровых фильтров.
3. Основные этапы проектирования ЦФ.
4. Синтез КИХ-фильтров.
5. Синтез БИХ-фильтров.

Тема 7. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).

Вопросы.

1. ДПФ периодических последовательностей и последовательностей конечной длины. Свойства ДПФ.
2. Вычисление круговых, линейных и секционированных сверток с помощью ДПФ.
3. Понятие о спектральном анализе сигналов с помощью ДПФ.

Тема 8. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).


Вопросы.

1. Оценка порядка вычислительной сложности ДПФ. Определение БПФ.
2. БПФ Кули-Тьюки с прореживанием по времени.
3. Аппаратная и программная реализация алгоритмов БПФ.

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Лабораторные работы в среде Octave:

1. Изучение матриц и операции над ними. Задание функции и представление функции в виде графика.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		


2. Задание графиков в виде объектов и построение графиков.
 3. Спектральный анализ и проектирования цифровых фильтров с помощью математического макета Octave.
 4. Изучение работы цифровых фильтров различной спецификации с избирательными частотными свойствами.
 5. Проектирование фильтров с заданными частотными свойствами в среде Octave.
 6. Моделированием ЛДС, анализ ее характеристик и описание структур программными средствами Octave на примере рекурсивных звеньев 2-го порядка.
 7. Синтез КИХ-фильтров методом наилучшей равномерной (Чебышевской) аппроксимации, описание их структур и анализ характеристик.
- Методические указания (рекомендации) по выполнению лабораторных работ, оформлены в виде отдельных приложений к рабочей программе.

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)

1. Общие сведения о цифровой обработке сигналов. Основные типы сигналов. Обобщенная схема ЦОС.
2. Определение и классификация цифровых фильтров.
3. Разностное уравнение линейной дискретной системы.
4. Рекурсивный и нерекурсивный цифровые фильтры. Дискретная временная свертка, фильтры с бесконечной и конечной импульсными характеристиками.
5. Определение передаточной функции и частотной характеристики цифровых фильтров.
6. Формы структурной реализации цифровых фильтров, их математические описания и реализуемые алгоритмы обработки.
7. Прямая, каноническая, каскадная и параллельная формы реализации рекурсивных цифровых фильтров.
8. Передаточная функция рекурсивного фильтра.
9. Линейные дискретные системы. Определение и свойства.
10. Способы описания линейных дискретных систем.
11. Математическое описание ЛДС во временной области. Импульсная характеристика (ИХ). Соотношения вход/выход: формула свертки, разностное уравнение.
12. Рекурсивные и нерекурсивные ЛДС. Системы с конечной и бесконечной импульсной характеристикой (КИХ- и БИХ-системы).
13. Z-преобразование: определение; свойства; соотношение между комплексными p - и z -плоскостями; основные способы вычисления обратного Z-преобразования.
14. Математическое описание ЛДС в z -области: передаточная функция (ПФ) рекурсивных и нерекурсивных ЛДС; соотношения вход/выход в z -области; связь ПФ с разностным уравнением.
15. Карта нулей и полюсов. Разновидности передаточной функции рекурсивных ЛДС. ПФ и ИХ рекурсивных звеньев 1-го и 2-го порядков.
16. Структура (структурная схема) ЛДС: определение; связь с видом ПФ. Структуры рекурсивных ЛДС (прямая и ее модификации, каскадная, параллельная).
17. Математическое описание ЛДС в частотной области: частотная характеристика (ЧХ); АЧХ, ФЧХ – определение, свойства.
18. Цифровые фильтры (ЦФ). Определение; классификация; основные этапы проектирования; задание требований к АЧХ и АЧХ (дБ).


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

19. Синтез КИХ-фильтров. Методы синтеза.
20. Синтез БИХ-фильтров. Методы синтеза.
21. Эффекты квантования в ЦФ. Шум квантования АЦП. Собственный шум цифровой системы. Ошибки квантования коэффициентов ПФ.
22. Описание дискретных сигналов в частотной области.
23. Спектральная плотность дискретного сигнала и ее свойства. Связь между спектральными плотностями дискретного и аналогового сигналов.
24. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).
25. ДПФ периодических последовательностей и последовательностей конечной длины. Свойства ДПФ. Понятие о спектральном анализе сигналов с помощью ДПФ.
26. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).
27. Направления применения цифровой обработки сигналов.
28. Обзор областей применения ЦОС. Применение ЦОС в телекоммуникациях.
29. Процессоры для цифровой обработки сигналов.
30. Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой. Дискретизация и квантование.

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Форма обучения очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы	Объем в часах	Форма контроля
Тема 1. Введение	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам;	-	Текущий контроль (проверка теста)
Тема 2. Линейные дискретные системы (ЛДС)	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам; подготовка к защите лабораторной работы	-	Опрос, защита результатов лабораторных работ, контрольное тестирование
Тема 3. Определение и классификация цифровых фильтров	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам; подготовка к защите лабораторной работы	-	Опрос, защита результатов лабораторных работ, контрольное тестирование
Тема 4. Формы структурной реализации цифровых фильтров, их математические описания и реализуемые алгоритмы обработки	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам; подготовка к защите лабораторной работы	-	Опрос, защита результатов лабораторных работ, контрольное тестирование
Тема 5. Цифровые фильтры (ЦФ)	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам; подготовка к защите лабораторной работы	-	Опрос, защита результатов лабораторных работ, контрольное тестирование
Тема 6. Описание дискретных сигналов в частотной области	самостоятельное выполнение практических заданий репродуктивного типа (ответы на вопросы, тренировочные упражнения, задачи, тесты);	-	Текущий контроль (проверка теста)
Тема 7. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ)	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам; подготовка к защите лабораторной работы	-	Опрос, защита результатов лабораторных работ, контрольное тестирование

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Тема 8. Быстрое преобразование Фурье (БПФ)	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам; подготовка к защите лабораторной работы	-	Опрос, защита результатов лабораторных работ, контрольное тестирование
Тема 9. Применение цифровой обработки сигналов	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам; подготовка к защите лабораторной работы	-	Опрос, защита результатов лабораторных работ, контрольное тестирование

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

основная

1. Гольденберг, Лев Моисеевич. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие для ин-тов связи / Гольденберг Лев Моисеевич, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1990. - 256 с.

2. Залманзон, Лев Абрамович. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях / Залманзон Лев Абрамович. - М. : Наука, 1989. - 496 с.

3. Лайонс, Ричард. Цифровая обработка сигналов / Лайонс Ричард ; пер. с англ. под ред. А. А. Бритова. - 2-е изд. - М. : БИНОМ, 2006. - 652 с.

4. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. 2-е изд. – СПб.: ПИТЕР, 2006.

дополнительная

5. Солонина А.И., Улахович Д. А., Арбузов С. М., Соловьева Е. Б. Основы цифровой обработки сигналов. 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005.

6. Солонина, А. И. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов : учеб. пособие по направл. 654400 "Телекоммуникации" / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, Л. А. Яковлев. - СПб. : БХВ-Петербург, 2002. - 464 с.

учебно-методическая

Согласовано:

_____/_____/_____/_____ Дол
 Должность сотрудника научной библиотеки ФИО подпись дата

б) Программное обеспечение

- Мультимедийные средства: компьютер и проектор;
- Мультимедийные технологии. MS Office, Internet Explorer.

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. **IPRbooks** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система / группа компаний Ай Пи Эр Медиа . - Электрон. дан. - Саратов, [2019]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>.

