

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова»

Факультет информатики и вычислительной техники

Кафедра вычислительной техники

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по учебной работе

И. В. Покорнинов

20 августа 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕОРИЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ»

Направление подготовки (специальность) **09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»**

Квалификация (степень) выпускника Бакалавр

Профиль (направленность) *Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем*

Академический бакалавриат

Рабочая программа основана на требованиях Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом Министерства образования и науки 12.01.2016 г. №5.

СОСТАВИТЕЛЬ (СОСТАВИТЕЛИ):

кандидат технических наук, доцент  А.А. Андреева

ОБСУЖДЕНО:

на заседании кафедры вычислительной техники «30» августа 2017 г., протокол № 1

заведующий кафедрой

 А.В. Щипцова

СОГЛАСОВАНО:

Методическая комиссия факультета информатики и вычислительной техники «30» августа 2017 г., протокол № 1

Декан факультета

 А.В. Щипцова

Директор научной библиотеки

 Н. Д. Никитина

Начальник управления информатизации

 И. П. Пивоваров

Начальник учебно-методического управления

 В. И. Маколов

Оглавление

1. Цель и задачи обучения по дисциплине.....	4
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП).....	4
3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ООП	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	5
5. Содержание разделов дисциплины.....	6
6. Образовательные технологии.....	9
7. Формы аттестации и оценочные материалы.....	9
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	13
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	14
10. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям лиц с ограниченными возможностями	15
11. Методические рекомендации по освоению дисциплины	15

1. Цель и задачи обучения по дисциплине

Цель преподавания дисциплины – формирование у студентов знаний основ теории цифровой обработки сигналов (ЦОС) и умения правильно выбирать и использовать модели и методы теории ЦОС при проектировании алгоритмов и устройств цифровой фильтрации, спектральных преобразований, анализа и распознавания сигналов.

В процессе изучения дисциплины студент должен получить знания, умения и навыки для решения профессиональных задач, связанных с разработкой программного обеспечения систем цифровой обработки сигналов. Среди них задачи:

- анализ исходных данных для проектирования программных средств цифровой обработки сигналов;
- применение современных инструментальных средств при разработке программного обеспечения;
- математическое моделирование процессов и объектов ЦОС на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина реализуется в рамках дисциплин по выбору вариативной части образовательной программы бакалавра.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих курсах: Программирование, Математический анализ, Теория вероятностей, математическая статистика, теория случайных функций, Вычислительная математика, Модели и методы передачи данных.

Дисциплина является предшествующей для преддипломной практики и выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ООП

Процесс обучения по дисциплине направлен на формирование части следующей профессиональной компетенции:

способностью обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности (ПК-3).

В результате обучения по дисциплине, обучающийся должен (ЗУН):

знать:

- способы представления линейных дискретных систем (31),
- методы синтеза цифровых фильтров (32),
- дискретное преобразование Фурье и быстрые алгоритмы его вычисления (33),
- алгоритмы цифрового спектрального анализа (34);

уметь:

- выполнять анализ линейной дискретной системы (по одному из способов представления получать все характеристики системы) (У1);
 - синтезировать цифровой фильтр с использованием пакетов прикладных математических программ, выбирать его структурную схему, учитывая эффекты квантования, и программно реализовывать на языке высокого уровня (У2);
 - выбирать и программно реализовывать быстрый алгоритм вычисления дискретного преобразования Фурье исходя из размерности преобразования и требования по быстродействию (У3);
 - рассчитывать спектр мощности и корреляцию случайных и регулярных цифровых сигналов (У4);
- владеть навыками:

– анализа цифровых систем (Н1), синтеза и реализации цифровых фильтров (Н2), спектрального анализа сигналов (Н3) с использованием типовых инструментальных средств и пакетов прикладных программ.

4. Структура и содержание дисциплины

Образовательная деятельность по дисциплине проводится:

- в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях (далее – контактная работа);
- в форме самостоятельной работы.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа, занятия семинарского типа (лабораторные работы), групповые и (или) индивидуальные консультации, в том числе в электронной информационно-образовательной среде.

Обозначения:

Л – лекции, л/р – лабораторные работы, п/р – практические занятия, КСР – контроль самостоятельной работы, СРС – самостоятельная работа студента, ИФР – интерактивная форма работы, К – контроль.

4.1. Содержание дисциплины

Содержание	Формируемые компетенции	Формируемые ЗУН
Раздел 1. Основы теории линейных дискретных систем	ПК-3	31, У1, Н1
1.1. Дискретизация и квантование сигналов		
1.2. Линейные разностные уравнения		
1.3. Z-преобразование		
1.4. Свертка		
1.5. Структурные схемы. Частотные характеристики		
1.6 Дискретное преобразование Фурье	ПК-3	32, У2, Н2
Раздел 2. Синтез цифровых фильтров		
2.1. Требования к частотным характеристикам цифровых фильтров		
2.2. Синтез БИХ-фильтров	ПК-3	33, 34, У3, У4, Н3
2.3. Синтез КИХ-фильтров		
Раздел 3 Быстрое преобразование Фурье и спектральный анализ		
3.1. Алгоритмы БПФ с прореживанием по времени и частоте		
3.2. Алгоритм БПФ Кули-Тьюки		
3.3. Спектральные преобразования в нетригонометрических базисах		
3.4. Дискретные случайные сигналы		
3.5. Оценка спектра мощности		
3.6. Вычисление корреляционных оценок. Понятие о спектральном анализе на основе линейного моделирования	ПК-3	31, У1, Н1
3.7. Аппаратные и программные средства ЦОС		
Расчетно-графическая работа	ПК-3	31, 32, 33, 34, У1, У2, У3, У4, Н1, Н2, Н3
Зачет	ПК-3	

4.2. Объем дисциплины, виды учебной работы обучающихся по очной форме обучения

Содержание	Всего, час	Контактная работа, час				СРС, час	ИФР, час	К, час
		Л	л/р	п/р	КСР			
Раздел 1. Основы теории линейных дискретных систем								
1.1. Дискретизация и квантование сигналов	4	2				2		

1.2. Линейные разностные уравнения	6	2	1			3	2	
1.3. Z-преобразование	4	2	1			1	2	
1.4. Свертка	4	2	1			1	1	
1.5. Структурные схемы. Частотные характеристики	4	2	1			1	2	
1.6 Дискретное преобразование Фурье	4	2				2		
Раздел 2. Синтез цифровых фильтров								
2.1. Требования к частотным характеристикам цифровых фильтров	6	2	4				4	
2.2. Синтез БИХ-фильтров	8	2	4			2	4	
2.3. Синтез КИХ-фильтров	8	2	4			2	4	
Раздел 3 Быстрое преобразование Фурье и спектральный анализ								
3.1. Алгоритмы БПФ с прореживанием по времени и частоте	6	2	2			2	3	
3.2. Алгоритм БПФ Кули-Тьюки	7	2	2			3	3	
3.3. Спектральные преобразования в нетригонометрических базисах	6	2	2			2	2	
3.4. Дискретные случайные сигналы	4	2				2		
3.5. Оценка спектра мощности	11	2	6			3	7	
3.6. Вычисление корреляционных оценок. Понятие о спектральном анализе на основе линейного моделирования	8	2	4			2	4	
3.7. Аппаратные и программные средства ЦОС	4	2				2		
Расчетно-графическая работа	7				1	6		
Зачет	7				1	6	2	
Итого	108	32	32		2	42	40	
Итого, з.е.	3							

5. Содержание разделов дисциплины

5.1. Лекции

Раздел 1. Основы теории линейных дискретных систем

Тема 1.1. Дискретизация и квантование сигналов

Лекция 1. Введение. Предмет дисциплины, ее структура и содержание. Связь дисциплины с другими дисциплинами. Классификация методов дискретизации сигналов. Спектральный подход к дискретизации: теорема Котельникова и условия ее применения. Квантование по уровню, характеристики шумов квантования.

Тема 1.2. Линейные разностные уравнения

Лекция 2. Линейные разностные уравнения. Примеры получения. Прямое решение.

Тема 1.3. Z-преобразование

Лекция 3. Z-преобразование. Передаточная (системная) функция линейной дискретной системы. Импульсная характеристика.

Тема 1.4. Свертка

Лекция 4. . Теорема свертки и Z-преобразование. Свертка и линейные инвариантные во времени системы общего вида. Понятие об устойчивости линейных дискретных систем.

Тема 1.5. Структурные схемы. Частотные характеристики

Лекция 5. Структурные схемы линейных дискретных систем. Частотные характеристики.

Тема 1.6. Дискретное преобразование Фурье

Лекция 6. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Круговая свертка. Вычисление линейной свертки через круговую.

Раздел 2. Синтез цифровых фильтров

Тема 2.1. Требования к частотным характеристикам цифровых фильтров

Лекция 7. Понятие о цифровом фильтре (ЦФ). Требования к частотным характеристикам ЦФ. Понятие о КИХ и БИХ фильтрах.

Тема 2.2. Синтез БИХ-фильтров

Лекция 8. Методы синтеза БИХ-фильтров. Метод билинейного преобразования. Фильтры Баттерворта, Чебышева, эллиптические.

Тема 2.3. Синтез КИХ-фильтров

Лекция 9. Применение оконных функций при синтезе КИХ-фильтров. Проектирование ЦФ в системе MATLAB (Octave).

Раздел 3. Быстрое преобразование Фурье и спектральный анализ

Тема 3.1. Алгоритмы БПФ с прореживанием по времени и частоте

Лекция 10. Алгоритм БПФ с прореживанием по времени. Матричная трактовка алгоритма БПФ. Общий подход к построению быстрых преобразований на основе факторизации матриц преобразования.

Тема 3.2. Алгоритм БПФ Кули-Тьюки

Лекция 11. Алгоритм БПФ с прореживанием по частоте. Алгоритм БПФ Кули-Тьюки с произвольным основанием.

Тема 3.3. Спектральные преобразования в нетригонометрических базисах

Лекция 12. Понятие о спектральных преобразованиях в нетригонометрических базисах. Дискретное преобразование Адамара. Дискретное преобразование Хаара. Вейвлет-преобразование.

Тема 3.4. Дискретные случайные сигналы

Лекция 13. Задачи и методы цифрового спектрального анализа. Дискретные случайные сигналы. Автокорреляционная и автоковариационная последовательности, спектральная плотность мощности.

Тема 3.5. Оценка спектра мощности

Лекция 14. Оценка спектра мощности. Метод периодограмм. Применение спектральных и временных окон. Применение БПФ при оценке спектра.

Тема 3.6. Вычисление корреляционных оценок. Понятие о спектральном анализе на основе линейного моделирования

Лекция 15. Вычисление корреляционных оценок. Понятие о спектральном анализе на основе линейного моделирования.

3.7. Аппаратные и программные средства ЦОС

Лекция 16. Аппаратные средства ЦОС. Сигнальные процессоры и архитектуры систем ЦОС на их основе.

Классификация программных средств ЦОС. Интегрированные пакеты программ для ПЭВМ: MatLAB, MathCAD и др. и их использование для решения прикладных задач ЦОС.

Перспективы развития и использования систем цифровой обработки сигналов.

5.2. Лабораторные работы

Лабораторная работа 1. Базовые операции цифровой обработки сигналов (пособие [2], работа 1).

Лабораторная работа 2. Проектирование и исследование характеристик цифрового фильтра (БИХ- или КИХ) с использованием системы Octave (пособие [2], работа 2) в двух частях:

2.1. Проектирование цифрового фильтра в системе Octave;

2.2. Программная реализация цифрового фильтра на языке высокого уровня.

Лабораторная работа 3. Дискретные спектральные преобразования и методы их вычисления (пособие [2], работа 3).

Лабораторная работа 4. Классические методы спектрального анализа (пособие [2], работа 4).

Лабораторная работа 5. Параметрический спектральный анализ (дополнительная) (указания [7]).

№	Тема	Количество ауд. часов
1	Базовые операции ЦОС ([2], работа 1)	4
2	Проектирование и исследование характеристик цифрового фильтра с использованием системы Octave ([2], работа 2):	
2.1	Проектирование ЦФ	6
2.2	Моделирование ЦФ на языке высокого уровня	6
3	Дискретные спектральные преобразования и методы их вычисления ([2], работа 3)	6
4	Классические методы спектрального анализа ([2], работа 4)	6
5	Параметрический спектральный анализ (дополнительная) (указания [7])	4
	Всего	32

5.3. Вопросы для самостоятельной работы студента в соответствии с содержанием разделов

Самостоятельная работа студента включает:

систематическую проработку конспектов лекций, учебной и специальной технической литературы;

подготовку к выполнению лабораторных работ, оформление отчетов и подготовку к защите выполненных работ;

выполнение и подготовку к защите расчетно-графической работы;

подготовку к зачету.

Перечень вопросов и заданий для самостоятельной работы и проведения текущего контроля приводится в пособии [2] в описании каждой лабораторной работы, а также в методических указаниях к расчетно-графической работе [3].

Примеры вопросов и заданий:

1. Доказать свойство z -преобразования, используя определение z -преобразования.

2. Выполнить z -преобразование последовательности $x(n)$ используя z -преобразование последовательности

$$a^n \leftrightarrow \frac{1}{1 - a \cdot z^{-1}}$$

и свойства z -преобразования (или определение z -преобразования и формулу суммы членов убывающей геометрической прогрессии, в этом случае указать радиус сходимости z -преобразования).

3. Заданы передаточная функция $H(z)$ линейной дискретной системы при нулевых начальных условиях и входная последовательность $x(n)$. Найти:

1. Частотные характеристики $|H(e^{j\omega})|$ и $\arg H(e^{j\omega})$

2. Импульсную характеристику $h(n)$

3. Структурные схемы систем в прямой, прямой канонической, последовательной и параллельной формах и соответствующие разностные уравнения

4. Устойчива ли система

5. Выходную последовательность $y(n)$

а) по разностному уравнению

б) по формуле свертки

в) с использованием z -преобразования.

4. Передаточная функция цифрового фильтра определяется соотношением

$$H(z) = 1 - 2z^{-1} + z^{-2}$$

Найти фазовый сдвиг, вносимый этим фильтром, на частоте, равной четверти частоты дискретизации.

5. Изобразите АЧХ идеальных фильтров нижних и верхних частот. Почему идеальные фильтры физически нереализуемы?

6. Каковы особенности фильтров Баттерворта, Чебышева, эллиптических?

7. Привести матрицу ДПФ для $N=16$. Какова трактовка алгоритмов БПФ с матричной точки зрения?

8. Как определить необходимую длину отрезка в методе модифицированных периодограмм для оценки спектра мощности, если заданы частота дискретизации случайного сигнала F_d и разрешающая способность спектрального анализа df ?

6. Образовательные технологии

В соответствии со структурой образовательного процесса по дисциплине применяются следующие технологии:

- диагностики;
- целеполагания;
- управления процессом освоения учебной информации;
- применения знаний на практике, поиска новой учебной информации;
- организации совместной и самостоятельной деятельности обучающихся (учебно-познавательной, научно-исследовательской, частично-поисковой, репродуктивной, творческой и пр.);
- контроля качества и оценивания результатов образовательной деятельности.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для реализации компетентного подхода при обучении дисциплине предусмотрено широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных методов проведения занятий:

При обучении дисциплине применяются следующие формы занятий:

- лекции, направленные на получение новых и углубление научно-теоретических знаний, в том числе вводная лекция, информационная лекция, обзорная лекция, лекция-консультация и др.;
- лабораторные занятия, проводимые под руководством преподавателя в учебной лаборатории с использованием компьютеров и учебного оборудования, направленные на закрепление и получение новых умений и навыков, применение знаний и умений, полученных на теоретических занятиях, при решении практических задач и др.

Все занятия обеспечены мультимедийными средствами (проектор, экран) для повышения качества восприятия изучаемого материала. В образовательном процессе широко используются информационно-коммуникационные технологии.

Самостоятельная работа студентов – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Формы самостоятельной работы студентов определяются содержанием учебной дисциплины, степенью подготовленности студентов. Они могут иметь учебный или учебно-исследовательский характер: подготовка к лабораторным работам, выполнение расчетно-графической работы и др.

Формами контроля самостоятельной работы выступают проверка письменных отчетов по результатам выполненных заданий и лабораторных работ, расчетно-графической работы. Результаты самостоятельной работы учитываются при оценке знаний - зачёте.

7. Формы аттестации и оценочные материалы

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества усвоения учебного материала, стимулирования учебной работы обучающихся и совершенствования методики проведения занятий. Он проводится в ходе всех видов занятий в форме, избранной преподавателем.

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения учебных

целей по учебной дисциплине и проводится в форме зачета. Принимается зачет преподавателями, читающими лекции по данной учебной дисциплине в соответствии с перечнем основных вопросов, выносимых для контроля знаний обучающихся. К зачету допускаются студенты, выполнившие и защитившие все лабораторные работы и расчетно-графическую работу. Зачет проводится по билетам, включающим в себя теоретические вопросы и задачи.

7.1. Вопросы и задачи к зачету

Вопросы к зачету:

1. Определить понятия: сигнал, дискретизация сигнала по времени, дискретизация сигнала по уровню.
2. Как определяется частота дискретизации сигнала по теореме Котельникова?
3. Каковы преимущества цифровой обработки сигналов по сравнению с аналоговой?
4. Как найти однородное решение линейного разностного уравнения?
5. Дать определение одностороннего z -преобразования последовательности. Всегда ли существует это преобразование?
6. Доказать свойство z -преобразования «умножение на экспоненту».
7. Доказать свойство z -преобразования «умножение на n ».
8. Дать определение радиуса сходимости z -преобразования.
9. Назвать способы выполнения обратного z -преобразования.
10. На чем основано применение z -преобразования к линейным дискретным системам?
11. Дать определение передаточной функции линейной дискретной системы.
12. Как связаны между собой передаточная функция линейной дискретной системы и ее импульсная характеристика?
13. Как вычислить выходной сигнал линейной дискретной системы, если известен входной сигнал и импульсная характеристика системы?
14. Дать определение и назвать условия устойчивости линейной дискретной системы.
15. Каковы свойства частотной характеристики линейной дискретной системы?
16. Какие характеристики цифровых фильтров вы знаете и как они связаны между собой?
17. Какой класс входных сигналов рассматривают при определении частотной характеристики цифрового фильтра?
18. Как по заданной передаточной функции цифрового фильтра определить его частотную характеристику?
19. Дать определение АЧХ, ФЧХ и групповой задержки цифрового фильтра.
20. Почему частотную характеристику цифрового фильтра рассматривают в диапазоне частот от 0 до половины частоты дискретизации? Как достроить частотную характеристику в случае расширения частотного диапазона?
21. Как называется форма цифрового фильтра, построенная непосредственно по его разностному уравнению? Какие структурные элементы необходимы для построения схемы фильтра?
22. Чем отличаются передаточные функции БИХ- и КИХ-фильтров?
23. Как получить импульсную и временную характеристики цифрового фильтра.
24. Каковы преимущества последовательной формы цифрового фильтра по сравнению с прямой?
25. Каковы преимущества параллельной формы цифрового фильтра по сравнению с прямой?
26. Каковы преимущества прямой канонической формы цифрового фильтра по сравнению с прямой?
27. Назовите этапы синтеза цифровых фильтров.

28. Изобразите АЧХ идеальных фильтров нижних и верхних частот. Почему идеальные фильтры физически нереализуемы?
29. Какие требования к частотной характеристике задаются при синтезе БИХ-фильтров?
30. На чем основан метод билинейного z -преобразования при синтезе БИХ-фильтров?
31. Каковы особенности фильтров Баттерворта, Чебышева, эллиптических?
32. Какие требования к частотной характеристике задаются при синтезе КИХ-фильтров?
33. Дать определение прямого и обратного дискретного преобразования Фурье.
34. Для каких последовательностей определяют дискретное преобразование Фурье?
35. Описать свойства линейности, сдвига и симметрии ДПФ.
36. Дать определение круговой (циклической) свертки. Как связана круговая свертка с ДПФ?
37. Какой способ вычисления линейной свертки называется быстрым и почему?
38. Как от дискретно-временного преобразования Фурье (частотной характеристики) перейти к ДПФ?
39. Каково количество операций комплексного сложения и умножения при вычислении N -точечного ДПФ по определению?
40. Каков выигрыш по операциям комплексного умножения и сложения дают алгоритмы БПФ с прореживанием?
41. В чем суть операции двоичного реверсирования в алгоритмах БПФ с прореживанием?
42. На каком свойстве поворачивающих множителей основан алгоритм БПФ с прореживанием по времени?
43. Привести матрицу ДПФ для $N = 8$. Какова трактовка алгоритмов БПФ с матричной точки зрения?
44. В чем заключается операция бабочки в алгоритмах БПФ с прореживанием по времени и по частоте?
45. Какие этапы включает в себя алгоритм БПФ Кули – Тьюки?
46. Каков выигрыш по операциям комплексного умножения и сложения дает алгоритм БПФ Кули – Тьюки?
47. В чем преимущества нетригонометрических базисов спектральных преобразований?
48. Какие исходные данные используются при цифровом спектральном анализе?
49. Дать определения понятий: случайный процесс, реализация случайного процесса, ансамбль реализаций.
50. Какие случайные процессы называют стационарными, какие – эргодическими?
51. Дать математическое определение автокорреляционной и автоковариационной последовательностей стационарного случайного сигнала.
52. Каков физический смысл автокорреляционной и автоковариационной последовательностей?
53. Привести формулы оценки автокорреляционной последовательности для эргодического случайного процесса. Являются ли эти оценки состоятельными?
54. Дать математическое определение спектра плотности мощности стационарного случайного сигнала.
55. Дать определение периодограммы. Является ли периодограмма состоятельной оценкой спектральной плотности мощности?
56. Какие меры предложены Бартлетом и Уэлчем для того, чтобы периодограмма стала состоятельной оценкой спектра мощности?
57. Почему метод модифицированных периодограмм ухудшает разрешающую способность оценки спектра мощности?

58. С какой целью используются оконные функции в методе модифицированных периодограмм для оценки спектра мощности?
59. С какой целью используется перекрытие отрезков в методе модифицированных периодограмм для оценки спектра мощности?
60. Как определить необходимую длину отрезка в методе модифицированных периодограмм для оценки спектра мощности, если заданы частота дискретизации случайного сигнала F_d и разрешающая способность спектрального анализа df ?
61. Если задана нормированная случайная ошибка оценки в методе модифицированных периодограмм для оценки спектра мощности, как определить необходимое количество отрезков?
62. Какой размерности нужно выполнять БПФ при вычислении корреляционной оценки, если известны длина случайной последовательности N и максимальный сдвиг корреляции m ?
63. В чем суть метода спектрального анализа на основе линейного моделирования и когда его применяют?

Примеры задач:

1. При подаче на вход ЛДС последовательности $1, 1/4, 1/16, \dots, (1/4)^k, \dots$ на выходе получается $2, 1, 1/2, 1/4, \dots, (1/2)^{(k-1)}, \dots$. Определить передаточную функцию, импульсную характеристику и схему фильтра. Проверить результаты в системе Octave.

2. Для сигнала в виде 5 одинаковых отсчетов (дискретизированный прямоугольный импульс) используется согласованный ЦФ, импульсная характеристика которого совпадает по форме с сигналом. Определить передаточную функцию фильтра, разностные уравнения фильтра в рекурсивном и нерекурсивном вариантах. Найти сигнал на выходе фильтра. Проверить результаты в системе Octave.

3. Задана передаточная функция ЛДС. Изобразить параллельную и последовательную схемы ЛДС и записать соответствующие разностные уравнения.

$$H(z) = \frac{1+2z^{-1}+z^{-2}}{1-0.2z^{-1}+0.2z^{-2}+0.8z^{-3}}$$

Проверить результаты в системе Octave.

4. По заданным требованиям к частотной характеристике БИХ-фильтра нижних частот Баттерворта: $f_d = 2000$ Гц; $r_p = 1.35$ дБ; $r_s = 60$ дБ; $f_p = 400$ Гц; $f_s = 650$ Гц получить его передаточную функцию в системе Octave. По ЛАЧХ проверить выполнение заданных требований.

5. По заданным требованиям к частотной характеристике полосового КИХ-фильтра (окно Кайзера): $w_d = 2000 \text{ с}^{-1}$; $r_s = 45$ дБ; $r_p = 0.2$ дБ; $w_p = 400 \dots 600 \text{ с}^{-1}$; $w_s = 300 \dots 700 \text{ с}^{-1}$ получить его передаточную функцию в системе Octave. По ЛАЧХ проверить выполнение заданных требований.

4. Построить алгоритм 320-точечного БПФ на основе алгоритма Кули-Тьюки (320=64·5). 64-точечное БПФ вычислять с прореживанием по времени, 5-точечное – по определению. Оценить вычислительную сложность алгоритма. Каков выигрыш во времени по сравнению с вычислением 320-точечного ДПФ по определению?

5. Автокорреляционная функция оценивается по реализации стационарного случайного процесса, содержащей $N = 4096$ отсчетов, при максимальном сдвиге $m = 128$. Определить, во сколько раз быстрее по сложению и умножению выполняются вычисления по косвенному методу (с использованием БПФ), чем по прямому. Реализовать косвенный алгоритм в системе Octave, используя стандартную функцию fft.

6. Непрерывная реализация длиной $T = 4$ с дискретизируется со скоростью 4096 отсчетов в секунду и полученный временной ряд используется для построения оценки спектральной плотности (периодограмма Бартлетта) с разрешающей способностью $df = 16$ Гц. Описать алгоритм оценки и определить необходимое количество операций вещественного

сложения и вещественного умножения. Реализовать алгоритм в системе Octave, используя стандартную функцию `fft`.

7.2. Выполнение и примерные задания расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа по теме «Основы теории линейных дискретных систем» выполняется в процессе изучения дисциплины для закрепления основных теоретических сведений курса. Общее руководство и контроль за ходом выполнения расчетно-графической работы осуществляет преподаватель соответствующей дисциплины. Расчетно-графическая работа выполняется в соответствии с методическими указаниями для обучающихся.

Основными функциями руководителя расчетно-графической работы являются:

- определение и формулирование задания расчетно-графической работы;
- консультирование по вопросам содержания и последовательности выполнения расчетно-графической работы;
- оказание помощи студенту в подборе необходимой литературы;
- контроль хода выполнения расчетно-графической работы.

Задания и методические указания к РГР находятся в [3].

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Электронный каталог и электронные информационные ресурсы, предоставляемые научной библиотекой ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» доступны по ссылке <http://library.chuvsu.ru/>*

8.1. Рекомендуемая основная литература

№ п/п	Наименование
1.	Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: [учебное пособие для вузов по направлению "Информатика и вычислительная техника"] / Сергиенко А. Б. 2-е изд. СПб: Питер, 2007. 750 с. (и др. года изд.)
2.	Андреева А. А. Цифровая обработка сигналов: практикум [для 4 курса направления "Информатика и вычислительная техника"] / Андреева А. А.; Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2015. 126 с.: - ISBN 978-5-7677-2250-1.

8.2. Рекомендуемая дополнительная литература

№ п/п	Наименование
3.	Теория цифровой обработки сигналов: методические указания к расчетно-графической работе / Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова ; [сост. А. А. Андреева]. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. 27 с.
4.	Дьяконов В., Абраменкова И. MATLAB. Обработка сигналов и изображений: Спец. справочник. СПб.: Питер, 2006. 608 с. (и др. года изд.)
5.	Белов Г.А. Сигналы и их обработка в электронных устройствах: Учеб. пособие. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1996. 376 с.
6.	Основы цифровой обработки сигналов: [учебное пособие для вузов] / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, С. М. Арбузов, Е. Б. Соловьева. 2-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 753 с.
7.	Андреева А. А. Параметрический спектральный анализ: конспект лекций / Андреева А. А., Кочеткова Н. В., [отв. ред. Андреева А. А.] ; Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова. Чебоксары: ЧувГУ, 2004. 59 с.
8.	Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Умняшкин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2016. — 528 с. — 978-5-94836-424-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/58892.html
9.	Калачиков А.А. Математические основы цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям / А.А. Калачиков. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014. — 67 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/55481.html

8.3. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, информационно-справочные системы.

Программное обеспечение, профессиональные базы данных, информационно-справочные системы, предоставляемые управлением информатизации ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» доступны по ссылке <http://ui.chuvsu.ru/>*

8.3.1. Программное обеспечение

№ п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
1.	MS Office/ LibreOffice	лицензия университета/ свободное лицензионное соглашение (https://ru.libreoffice.org/)
2.	MS Windows/Linux (Ubuntu)	лицензия университета/ свободное лицензионное соглашение (http://ubuntu.ru/)
3.	Octave – свободная система для математических вычислений, использующая совместимый с MATLAB язык высокого уровня	свободное лицензионное соглашение http://www.gnu.org/software/octave/install http://octave-online.net/
4.	Visual Studio Community	http://www.visualstudio.com/ru/vs/community

8.3.2. Базы данных, информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Условия доступа/скачивания
1.	Гарант	из внутренней сети университета (договор)*
2.	Консультант +	

8.3.3. Рекомендуемые интернет-ресурсы и открытые он-лайн курсы

№ п/п	Наименование интернет ресурса	Режим доступа
1.	Российская Государственная Библиотека	http://www.rsl.ru
2.	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	http://www.gpntb.ru
3.	Фундаментальная библиотека Нижегородского государственного университета	http://www.unn.ru/library
4.	Научная библиотека Казанского государственного университета	http://isl.ksu.ru
5.	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru
6.	Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов	http://window.edu.ru
7.	Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru
8.	Открытое образование. Основы цифровой обработки сигналов	https://openedu.ru/course/urfu/SIGPROC/
9.	Сайт дисциплины "Цифровая обработка сигналов" ЛЭТИ	https://sites.google.com/site/eltechdsp/

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине оснащены автоматизированным рабочим местом (АРМ) преподавателя, обеспечивающим тематические иллюстрации и демонстрации, соответствующие программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);
- мультимедийный проектор с дистанционным управлением;
- настенный экран.

Учебные аудитории для лабораторных и самостоятельных занятий по дисциплине оснащены АРМ преподавателя и пользовательскими АРМ по числу обучающихся, объединенных локальной сетью («компьютерный» класс), с возможностью подключения к се-

ти Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

10. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям лиц с ограниченными возможностями

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

11. Методические рекомендации по освоению дисциплины

В ходе лекционных занятий студенту рекомендуется вести конспектирование учебного материала. Следует обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. При составлении конспекта желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых в дальнейшем можно делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. В ходе лекционных занятий рекомендуется задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к лабораторным работам рекомендуется изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях. Основой для выполнения лабораторной работы являются разработанные кафедрой методические указания. Рекомендуется дорабатывать свой конспект лекций, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной рабочей программой дисциплины. В процессе подготовки студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании расчетно-графической работы.

Форма организации студентов на лабораторных работах: фронтально-индивидуальная. Все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу по индивидуальному заданию в соответствии с порядковым номером студента в списке группы.

В результате выполнения лабораторной работы запланирована подготовка письменного отчета в соответствии с требованиями методических указаний. Качество выполнения лабораторных работ является важной составляющей оценки текущей успеваемости обучающегося.

Изменения и (или) дополнения от 01.09.2018 г (протокол №1 МК факультета ИВТ) к рабочей программе дисциплины «Теория цифровой обработки сигналов» (направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем»):

к перечню учебной литературы и ресурсов сети «Интернет»

№ п/п	Рекомендуемая основная литература
1	Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: [учебное пособие для вузов по направлению "Информатика и вычислительная техника"] / Сергиенко А. Б. 2-е изд. СПб: Питер, 2007. 750 с. (и др. года изд.)
2	Андреева А. А. Цифровая обработка сигналов: практикум [для 4 курса направления "Информатика и вычислительная техника"] / Андреева А. А.; Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2015. 126 с.: - ISBN 978-5-7677-2250-1.
3	Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / Оппенгейм Алан, Шафер Рональд. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2012. — 1048 с. — 978-5-94836-329-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/26906.html
Рекомендуемая дополнительная литература	
1	Теория цифровой обработки сигналов: методические указания к расчетно-графической работе / Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова ; [сост. А. А. Андреева]. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. 27 с.
2	Андреева А. А. Параметрический спектральный анализ: конспект лекций / Андреева А. А., Кочеткова Н. В., [отв. ред. Андреева А. А.] ; Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова. Чебоксары: ЧувГУ, 2004. 59 с.
3	Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Умняшкин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2016. — 528 с. — 978-5-94836-424-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/58892.html

к перечню информационных технологий, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование Рекомендуемого ПО	Условия доступа/скачивания
1.	Microsoft Visual Studio	свободное лицензионное соглашение: https://visualstudio.microsoft.com/ru/free-developer-offers/
2.	Microsoft Windows	из внутренней сети университета (договор)
3.	Microsoft Office	
4.	Octave – свободная система для математических вычислений, использующая совместимый с MATLAB язык высокого уровня	свободное лицензионное соглашение http://www.gnu.org/software/octave/install http://octave-online.net/

Декан факультета

 — А.В. Щипцова