

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 математического и аппаратного обеспечения информационных систем

«УТВЕРЖДАЮ»  
Проректор по учебной работе

  
И.Е. Поверинов

21 августа 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Цифровая обработка сигналов»

Направление подготовки (специальность) 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Квалификация (степень) выпускника – Бакалавр

Профиль (направленность) Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

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 Минобрнауки 12.01.2016 г. №5.

*СОСТАВИТЕЛЬ:*

Доктор технических наук, профессор



Н.А. Галанина

*ОБСУЖДЕНО:*

на заседании кафедры математического и аппаратного обеспечения информационных систем 30.08.2017 г., протокол №1

заведующий кафедрой



Д.В. Ильин

*СОГЛАСОВАНО:*

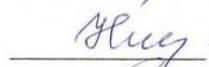
Методическая комиссия факультета информатики и вычислительной техники  
30.08.2017 г., протокол № 1.

Декан факультета



А.В. Щипцова

Директор научной библиотеки



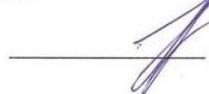
Н.Д. Никитина

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 .....	8
7. Формы аттестации и оценочные материалы .....	8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	12
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	14
9. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям лиц с ограниченными возможностями .....	14
10. Методические рекомендации по освоению дисциплины .....	14

### 1. Цель и задачи обучения по дисциплине

Целью дисциплины «Цифровая обработка сигналов» является обеспечение базовой подготовки студентов в области цифровой обработки сигналов. В процессе изучения дисциплины студенты знакомятся с принципами описания, синтеза и анализа эффективности алгоритмов цифровой фильтрации и спектрального анализа.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- 1) знать принципы цифровой обработки сигналов;
- 2) знать области применения, достоинства и ограничения цифровой обработки сигналов;
- 3) знать методы одномерной фильтрации;
- 4) знать методы линейной и нелинейной двумерной фильтрации;
- 5) уметь проектировать цифровые устройства;
- 6) уметь оценивать эффективность применения цифровых устройств;
- 7) уметь синтезировать цифровые устройства обработки сигналов.

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

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к обязательным дисциплинам вариативной части образовательной программы по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

Для освоения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» используются знания, умения и виды деятельности, сформированные в ходе изучения основных общематематических дисциплин, программирования, электротехники, электроники и схемотехники. Дисциплина является базовой для изучения дисциплин «Процессоры обработки сигналов» и «Защита информации». Знания, полученные при изучении дисциплины, используются в подготовке студентов к успешной работе над ВКР и в дальнейшей практической деятельности.

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

Процесс обучения по дисциплине направлен на формирование следующих компетенций:

- способность устанавливать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем (ОПК-1);
- способность осваивать методики использования программных средств для решения практических задач (ОПК-2);
- способность разрабатывать компоненты аппаратно-программных комплексов и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии программирования (ПК-2).

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

**знать:**

- основы теории цифровой обработки сигналов (ЦОС) (З1);
- методы дискретизации и квантования сигналов (З2),
- теорию дискретных линейных систем (З3),
- основные методы цифровой фильтрации и спектрального анализа (З4);

**уметь:**

- использовать теоретические знания для проектирования систем ЦОС (У1),
- уметь проектировать цифровые устройства (У2);
- уметь оценивать эффективность применения цифровых устройств (У3);
- уметь синтезировать цифровые устройства обработки сигналов (У4)
- использовать типовые инструментальные средства и пакеты прикладных программ для решения конкретных прикладных задач обработки сигналов на ЭВМ (У5);

**владеть навыками:**

- проектирования цифровых устройств фильтрации и спектрального анализа (Н1).
- синтеза цифровые устройства обработки сигналов (Н2)
- использования прикладных программ для решения задач обработки сигналов на ЭВМ (Н3).

#### 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 (семинары, лабораторные работы, практикумы), групповые и (или) индивидуальные консультации, в том числе в электронной информационно-образовательной среде.

Обозначения:

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

##### 4.1. Содержание дисциплины

Содержание	Формируемые компетенции	Формируемые ЗУН
<b>Раздел 1. Основы анализа сигналов</b>	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	31-34, У1-У5, Н1-Н3
1.1. Классификация сигналов		
1.2. Энергия и мощность сигнала		
1.3. Ряд Фурье и преобразование Фурье		
1.4. Корреляционный анализ		
<b>Раздел 2. Дискретные сигналы и системы</b>	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	31-34, У1-У5, Н1-Н3
2.1. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы		
2.2 Сущность линейной дискретной обработки		
2.3. Рекурсивные и нерекурсивные дискретные фильтры		
<b>Раздел 3. Проектирование дискретных фильтров</b>	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	31-34, У1-У5, Н1-Н3
3.1. Методы расчета цифровых БИХ-фильтров		
3.2. Расчет цифровых КИХ-фильтров	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	31-34, У1-У5, Н1-Н3
<b>Раздел 4. Эффекты квантования в цифровых системах</b>		
4.1. Форматы представления чисел	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	31-34, У1-У5, Н1-Н3
4.2. Процесс квантования. Эффекты квантования в цифровых фильтрах		
Зачет	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	31-34, У1-У5, Н1-Н3
Расчетно-графическая работа	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	31-34, У1-У5, Н1-Н3
Экзамен	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	31-34, У1-У5, Н1-Н3

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	КСР			
<b>Раздел 1. Основы анализа сигналов</b>							
1.1. Классификация сигналов	6	4			2	4	
1.2. Энергия и мощность сигнала	8	4	2		2	4	
1.3. Ряд Фурье и преобразование Фурье	15	6	4		5	6	
1.4. Корреляционный анализ	8	4	2		2	4	
<b>Раздел 2. Дискретные сигналы и системы</b>							
2.1. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы	8	2	2		4	2	
2.2 Сущность линейной дискретной обработки	13	4	4		5	4	

2.3. Рекурсивные и нерекурсивные дискретные фильтры	16	6	4		6	6	
<b>Раздел 3. Проектирование дискретных фильтров</b>							
3.1. Методы расчета цифровых БИХ-фильтров	15	6	4		5	6	
3.2. Расчет цифровых КИХ-фильтров	15	6	4		5	6	
<b>Раздел 4. Эффекты квантования в цифровых системах</b>							
4.1. Форматы представления чисел	6	2	2		2	2	
4.2. Процесс квантования. Эффекты квантования в цифровых фильтрах	12	4	4		4	4	
Зачет	8				8		
Расчетно-графическая работа	12				12		
Экзамен	38			2			36
Итого	<b>180</b> 5 з.е.	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>62</b>	48	<b>36</b>

## 5. Содержание разделов дисциплины

### 5.1. Лекции

#### Раздел 1. Основы анализа сигналов

Тема 1. Классификация сигналов. Сигналы и их характеристики. Детерминированные и случайные сигналы. Периодические сигналы. Основные тестовые сигналы. Спектр сигнала.

Тема 2. Энергия и мощность сигнала. Энергетические характеристики сигналов. Понятие энергии, средней мощности и мгновенной мощности сигналов.

Тема 3. Ряд Фурье. Синусно-косинусная форма ряда Фурье. Вещественная форма ряда Фурье. Комплексная форма ряда Фурье. Примеры разложения сигналов в ряд Фурье.

Тема 4. Преобразование Фурье. Примеры расчета преобразования Фурье. Свойства преобразования Фурье. Фурье-анализ неинтегрируемых сигналов.

Тема 5. Корреляционный анализ. Корреляционная функция. Взаимная корреляционная функция. Связь между корреляционными функциями и спектрами сигналов.

Энергетические расчеты в спектральной области.

#### Раздел 2. Дискретные сигналы и системы

Тема 6. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Основные понятия. Примеры.

Тема 7. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование.

Тема 8. Частота Найквиста.

Тема 9. Теорема Котельникова. Восстановление радиосигнала по отсчетам видеосигнала. Квадратурная дискретизация узкополосных сигналов. Субдискретизация сигналов.

Тема 10. Z-преобразование. Примеры вычисления Z-преобразования. Связь z-преобразования с преобразованиями Лапласа и Фурье. Свойства z-преобразования. Обратное z-преобразование.

Тема 11. Сущность линейной дискретной обработки.

Тема 12. Способы описания дискретных систем. Импульсная характеристика. Функция передачи. Нули и полюсы. Полюсы и вычеты. Пространство состояний.

Тема 13. Фильтры первого и второго порядка. Фильтры первого порядка. Условие устойчивости для систем второго порядка. Резонатор второго порядка. Режектор второго порядка.

Тема 14. Рекурсивные и нерекурсивные дискретные фильтры. Нерекурсивные фильтры. Рекурсивные фильтры.

Тема 15. Формы реализации дискретных фильтров. Каноническая форма. Транспонированная форма. Последовательная (каскадная) форма. Параллельная форма.

Тема 16. Идеальные цифровые фильтры. Идеальные частотно-избирательные фильтры. Дискретное преобразование Гильберта. Идеальный дифференцирующий фильтр.

#### Раздел 3. Проектирование дискретных фильтров

Тема 17. Методы расчета цифровых БИХ-фильтров. Расчет цифровых БИХ-фильтров по данным аналоговых фильтров. Метод инвариантности импульсной характеристики. Метод билинейного преобразования. Расчет БИХ-фильтров стандартных типов методом обобщенного билинейного преобразования. Примеры расчета фильтров на основе билинейного преобразования. Проектирование цифровых БИХ-фильтров методами оптимизации.

Тема 18. Расчет цифровых КИХ-фильтров. Свойства цифровых КИХ-фильтров. Расчет КИХ-фильтров с линейной ФЧХ по методу взвешивания (метод <<окна>>). Примеры расчета КИХ-фильтров методом взвешивания (окна). Расчет КИХ-фильтров по методу частотной выборки. Расчет оптимальных КИХ-фильтров с минимаксной ошибкой. Примеры расчета оптимальных КИХ-фильтров.

#### **Раздел 4. Эффекты квантования в цифровых системах**

Тема 19. Форматы представления чисел. Представление отрицательных чисел. Формат с фиксированной запятой. Формат с плавающей запятой.

Тема 20. Процесс квантования. Шум квантования. Неравномерное квантование.

Тема 21. Эффекты квантования в цифровых фильтрах. Квантование коэффициентов цифровых фильтров. Масштабирование коэффициентов цифровых фильтров. Переполнение разрядной сетки в процессе вычислений. Округление промежуточных результатов вычисления. Предельные циклы.

#### 5.2. Лабораторные работы

№	Тема	Количество часов
Лабораторная работа №1.	Сигналы и их характеристики	4
Лабораторная работа №2.	Характеристики дискретных линейных систем	8
Лабораторная работа №3.	Нерекурсивные фильтры	8
Лабораторная работа №4.	Рекурсивные фильтры	8
Лабораторная работа №5.	Исследование эффектов квантования в цифровых фильтрах	4
Итого		32

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

Перечень вопросов совпадает с перечнем, представленным в пункте 7.

## **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 (технология оценивания качества знаний, рейтинговая технология оценки знаний и др.)

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, проблемная лекция, лекции-дискуссии, лекции-беседы 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 (SMART доски, проекторы, экраны) 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: анализ литературы по теме, подготовка к лабораторным работам, подготовка реферативных сообщений, разработка проекта и др.

Формами контроля самостоятельной работы выступают оценивание проверка отчётов по результатам выполненных заданий и лабораторных работ. Результаты самостоятельной работы учитываются при оценке знаний на экзамене.

## **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, экзамена. Принимается зачет и экзамен преподавателем, читающим лекции по данной учебной дисциплине в соответствии с перечнем основных вопросов, выносимых для контроля знаний обучающихся:

### *7.1. Примерный перечень вопросов к зачету*

1. Классификация сигналов.
2. Формы представления сигналов.
3. Параметры сигналов: а) гармонического; б) последовательности прямоугольных

- импульсов.
4. Физические характеристики сигналов.
  5. Понятие полезного сигнала и шума.
  6. Определение аналогового сигнала.
  7. Дискретизация сигнала. Основные параметры дискретизации.
  8. Квантование сигнала.
  9. Какой сигнал называется цифровым?
  10. Виды описания сигнала.
  11. Причины «зашумления» сигнала.
  12. Примеры последовательностей, играющих важную роль при дискретной обработке сигналов.
  13. Каким образом может быть представлена произвольная последовательность?
  14. Спектр дискретного сигнала. Понятие амплитудного и фазового спектра сигнала.
  15. Связь длительности сигнала с шириной его спектра.
  16. Связь спектра дискретного сигнала со спектром аналогового сигнала. Способ восстановления непрерывного сигнала по дискретным отсчетам.
  17. Частота Найквиста.
  18. Возможные случаи в зависимости от соотношения между частотой гармонического сигнала и частотой Найквиста.
  19. Эффект появления ложных частот.
  20. Теорема Котельникова.
  21. Понятие мгновенного спектра.
  22. Энергетические характеристики сигналов.
  23. Приведите примеры сигналов, наиболее часто встречающихся при решении задач. Нарисуйте их спектры.
  24. Сквозность импульсов.
  25. Нарисуйте спектр последовательности прямоугольных импульсов и дайте его описание.
  26. Меандр.
  27. Дискретные сигналы.
  28. Дискретные ЛПП-системы.
  29. Описание ЛПП-систем во временной области.
  30. Описание ЛПП-систем в частной области.
  31. Дискретизация по времени аналоговых сигналов.
  32. Теорема отсчетов.
  33. Частотно-временные деформации дискретного сигнала.
  34. Описание дискретных сигналов и систем в области комплексной переменной.
  35. Свойства  $z$ -преобразования.
  36. Применение  $z$ -преобразования к решению разностных уравнений.
  37. Применение  $z$ -преобразования к определению передаточной функции дискретной ЛПП-системы.
  38. Дискретный ряд Фурье для представления периодических дискретных сигналов.
  39. ДПФ для представления дискретных сигналов конечной длительности.
  40. Свойства ДПФ и его применение для реализации линейной дискретной свертки.
  41. Алгоритм дискретной фильтрации.
  42. Разностное уравнение.
  43. Передаточная характеристика фильтра.
  44. Понятие нулей и полюсов фильтров.
  45.  $Z$ -преобразование. Обратное  $z$ -преобразование. Связь  $z$ -преобразования с Фурье-преобразованием последовательности.
  46. Классы цифровых фильтров. Их разностные уравнения и передаточные характеристики.

47. Структурные схемы фильтров.
48. Прямая форма реализации фильтров (с одно- и многоходовые сумматором. Достоинства и недостатки).
49. Каноническая форма реализации фильтров.
50. Транспонированная форма реализации фильтров.
51. Каскадная форма реализации фильтров.
52. Параллельная форма реализации фильтров.
53. Структурные схемы фильтров без полюсов.
54. Классификация цифровых фильтров по пропускаемым частотам.

Зачет проводится по окончании занятий по дисциплине до начала экзаменационной сессии в период недели контроля самостоятельной работы. Оценка «зачтено» проставляется студенту, выполнившему и защитившему в полном объеме расчетно-графическую работу и лабораторные задания в течение семестра. Оценка «не зачтено» проставляется студенту, не выполнившему и (или) не защитившему в полном объеме расчетно-графическую работу и лабораторные работы в течение семестра.

### *7.2. Примерный перечень вопросов к экзамену*

1. Сигналы и их характеристики.
2. Классификация сигналов.
3. Цифровые сигналы.
4. Дискретизация сигналов.
5. Квантование сигналов.
6. Частота дискретизации, период дискретизации, круговая частота дискретизации.
7. Основные сигналы.
8. Понятие спектр сигнала.
9. Амплитудный спектр сигнала.
10. Фазовый спектр.
11. Связь спектра дискретного сигнала со спектром аналогового.
12. Частота Найквиста.
13. Восстановление непрерывного сигнала по дискретным отсчетам.
14. Теорема Котельникова.
15. Энергетические характеристики сигналов.
16. Сигналы и их спектры.
17. Понятие скважности. Меандр.
18. Понятие дискретной системы.
19. Линейная дискретная система.
20. Линейная система с постоянными параметрами (ЛПП-система).
21. Характеристики ЛПП-систем.
22. Представление дискретной системы с помощью нулей и полюсов.
23. Понятие свертки и ее свойства.
24. Свертка и ЛПП-системы.
25. Реализуемость и устойчивость ЛПП-систем.
26. Примеры устойчивых и неустойчивых систем.
27. Описание ЛПП-систем разностными уравнениями.
28. Частотная характеристика ЛПП-системы.
29. Свойства частотной характеристики.
30. Частотные характеристики систем 1 и 2 порядков.
31. Дискретный ряд Фурье.
32. z-преобразование.
33. z-преобразование основных последовательностей.
34. Структурные схемы фильтров.
35. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры (понятия и разностные уравнения).

36. Понятие полюсов и нулей системы.
37. Прямая форма реализации фильтров (direct form I).
38. Прямая форма с многовходовым сумматором (direct form II).
39. Прямая форма (direct form II) с разделенным сумматором.
40. Каноническая форма реализации фильтров.
41. Нерекурсивный фильтр.
42. Транспонированные формы реализации фильтров.
43. Каноническая форма с объединенными элементами задержки (прямая форма II).
44. Каскадная (последовательная) форма реализации фильтра.
45. Параллельная форма реализации фильтра.
46. Структурная схема фильтров без полюсов.
47. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).
48. ДПФ и z-преобразование.
49. Свойства ДПФ.
50. Классификация цифровых фильтров по пропускаемым частотам.
51. Растекание спектра.
52. Весовые функции (окна).
53. Проектирование дискретных фильтров (задача проектирования и обзор существующих методов проектирования цифровых фильтров).
54. КИХ-фильтры. Достоинства и недостатки.
55. Синтез рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу.
56. Метод билинейного z-преобразования.
57. Прямые методы синтеза цифровых фильтров (без использования аналогового прототипа).
58. Оптимальные методы синтеза цифровых фильтров.
59. Субоптимальные методы синтеза цифровых фильтров.
60. Субоптимальный синтез нерекурсивных фильтров (с использованием окон).
61. Фильтры с косинусоидальным сглаживанием АЧХ.

Общими критериями, определяющими оценку знаний, умений и навыков на экзамене, являются:

- для оценки «отлично» – наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объёме пройденного программного материала правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы;

- для оценки «хорошо» – наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильны действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала;

- для оценки «удовлетворительно» – наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике;

- для оценки «неудовлетворительно» – наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

### *7.3. Выполнение и примерные задания расчетно-графической работы*

Расчетно-графическая работа выполняется в процессе изучения дисциплины. 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.

*Задание для выполнения расчетно-графической работы:*

Цель работы: научиться вычислять линейную и круговую (циклическую) дискретную свертки последовательностей.

Задание:

1. Вычислить линейную свертку последовательностей  $s_1(n)$  и  $h_1(n)$ ;
2. Вычислить круговую свертку периодической последовательности  $s_2(n)$  и  $h_2(n)$ ;
3. Вычислить линейную свертку последовательностей  $s_3(n)$  и  $h_3(n)$ , используя метод перекрытия с суммированием;
4. Вычислить линейную свертку последовательностей  $s_3(n)$  и  $h_3(n)$ , используя метод перекрытия с накоплением;

### Варианты заданий

№		1	2	3
1	s	{1, 2, 4, 8, 5, -5, 1}	{4, 1, 5, 2}	{5, 6, 8, 6, 5, 1, -5, 2, -6, 1, 5, 5, 8, 2, -5, -1, 2, 1}
	h	{5, -1, 2, 3}	{6, 2, 0, -5}	{1, 5, -4, 2}
2	s	{-5, 2, 0, 6, 8}	{7, 8, 0, 6}	{2, -2, -5, 1, 9, 2, 2, 6, 5, 6, 1, 2, -3, 5, 7, 2, 4, 5, 1}
	h	{2, 0, -1, 1}	{1, 9, -5, 2}	{2, -6, 1, 5}
3	s	{1, 2, 8, -6, -5, 6}	{3, 1, 4, 7}	{6, 5, 1, -2, 2, 1, 6, 2, 7, 8, 0, 3, 1, 5, 2, 8, -5, 4}
	h	{2, 3, 0, -1}	{-9, 8, 6, 2}	{5, 2, 1, 2}
4	s	{1, 2, 9, -6, 5, 1}	{6, -9, 1, 7}	{5, 6, 1, 8, -5, 2, -4, 1, 2, 8, 6, 7, 1, 3, -3, 5, 2, 3}
	h	{2, 6, -2, 5}	{7, 5, 6, 2}	{3, 7, 8, 2}
5	s	{5, 2, -6, 8, 13, 12}	{1, 2, 5, 6}	{5, 1, -5, 2, 5, 7, 2, 9, 8, -2, 3, 5, 4, 6, 0, 1, 8, 7}
	h	{3, -5, 6, 8}	{-9, 4, 2, 1}	{-9, 5, 2, 1}
6	s	{1, 2, 0, 2, 1, 6}	{2, 6, 9, 6}	{3, 4, -2, 3, 6, 4, 2, -4, 3, 6, 4, 1, 7, 8, 4, 9, -4, -4}
	h	{2, 6, -1, 5}	{1, -1, 2, 8}	{3, 2, 4, 7}
7	s	{-5, -2, 5, 2, 1}	{5, 6, 8, 1}	{6, 8, 1, -5, 6, 5, 2, 1, 6, 5, 7, 9, -2, 3, 4, -1, -5, 2}
	h	{7, 8, 3, 1}	{6, 5, 8, -6}	{6, 4, 1, 2}
8	s	{1, 1, 5, 6, 0}	{6, 9, 1, -5}	{2, 3, 4, -1, 8, 6, 7, 5, 1, 2, -4, -6, 8, 7, 1, 2, -9, 5}
	h	{-9, 5, 6, 2}	{3, 6, 7, -4}	{3, -5, 7, 8}
9	s	{1, 10, -1, 5}	{-5, 0, 1, 6}	{3, 2, 1, -1, 2, -5, 6, 7, 9, -4, 4, 2, 1, 4, 3, 7, 8, -9}
	h	{9, 5, 6, -5, 1}	{6, 7, 8, 9}	{6, 5, 1, 2}
10	s	{6, 5, 3, -5, 6, 2}	{1, -9, 5, 1}	{3, 2, -5, 4, 1, 5, 3, 7, 9, -8, -4, 2, -2, 1, 3, 4, 2, 9}
	h	{1, 2, -6, -7, 1}	{6, 4, 8, -7}	{3, 5, 7, -5}
11	s	{5, 12, 0, 2, 6, 8}	{6, 1, -7, 2}	{5, -4, -2, 3, 2, 4, 8, -1, 2, 5, 4, 1, 0, 4, 7, 8, -2, 1}
	h	{6, 5, 3, 4, 1}	{3, 5, 2, 7}	{1, 2, 3, 8}
12	s	{7, 6, 4, -7}	{8, 5, 6, -1}	{2, 3, 1, -5, 4, 1, 2, 7, 6, 8, 6, 2, 1, 0, 4, 5, -5, 2}
	h	{6, 5, 1, 2, 3}	{1, 0, 9, 5}	{-7, 5, -2, 1}
13	s	{-5, -1, 5, 6, 5}	{6, 8, 8, 9}	{-5, 2, 5, 1, 7, 8, 9, -4, 5, 1, 2, 4, 7, 3, -5, 5, 2, 3}
	h	{5, 2, 1, 0, -5}	{-9, 5, 0, 1}	{3, 5, 1, 2}
14	s	{6, 8, 9, 8, 0, 1}	{1, 2, -8, 3}	{2, 3, 1, 4, 5, -8, 1, 4, 9, 7, 3, 2, -4, 1, 5, 2, 2, 5}
	h	{7, 3, 1, 8}	{5, 6, 4, 1}	{2, 5, 4, 3}
15	s	{-2, 7, 0, 5, 3}	{6, 9, 0, 8}	{2, 3, 2, -5, 4, -5, 5, 1, 0, 5, 4, 8, -8, 4, 2, 1, 9, -2}
	h	{9, 3, 2, -5}	{6, -8, 5, 1}	{8, 7, 3, 5}
16	s	{6, 2, 8, 7, 5, -9}	{5, 6, -4, 5}	{-1, 8, -4, 2, 3, 1, 2, 8, 7, 4, 2, 3, 1, 0, 8, 8, -5, 1}
	h	{6, 3, 4, -5}	{3, 5, 2, 1}	{-1, 3, 5, 8}

### 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.	Галанина, Н. А. Введение в цифровую обработку сигналов : учебное пособие / Н. А. Галанина, Н. Н. Иванова ; [отв. ред. Н. А. Галанина] ; Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова. - Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2016. - 119с.
2.	Цифровая обработка сигналов : методические указания к лабораторным работам. Ч. 1 / Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова ; [сост.: Н. А. Галанина, Н. Н. Иванова ; отв. ред. Н. А. Галанина]. - Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. - 71с.
3.	Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов : [учебное пособие для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов "Информатика и вычислительная техника"] / А. Б. Сергиенко. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Питер, 2007. - 750с.
4.	Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Умняшкин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2016. — 528 с. Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/58892.html">http://www.iprbookshop.ru/58892.html</a>
5.	Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / В.И. Гадзиковский. — Электрон. текстовые данные. — М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2015. — 766 с. Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/53863.html">http://www.iprbookshop.ru/53863.html</a>

### 8.2. Рекомендуемая дополнительная литература

№ п/п	Наименование
1.	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. - 753с.
2.	Теория цифровой обработки сигналов : методические указания к расчетно-графической работе / Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова ; [сост. А. А. Андреева ; отв. ред. Л. А. Павлов]. - Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. - 27с.
3.	Макаренко А.А. Специальные вопросы цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Макаренко, М.Ю. Плотников. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2014. — 87 с. Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/68145.html">http://www.iprbookshop.ru/68145.html</a>
4.	Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Н. Матвеев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2013. — 166 с. Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/71513.html">http://www.iprbookshop.ru/71513.html</a>

### 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 ( <a href="https://ru.libreoffice.org/">https://ru.libreoffice.org/</a> )
2.	MS Windows/Linux (Ubuntu)	лицензия университета/ свободное лицензионное соглашение ( <a href="http://ubuntu.ru/">http://ubuntu.ru/</a> )
3.	Visual Studio Community	<a href="http://www.visualstudio.com/ru/vs/community">http://www.visualstudio.com/ru/vs/community</a>

#### 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	<a href="http://www.rsl.ru">http://www.rsl.ru</a>
2.	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	<a href="http://www.gpntb.ru">http://www.gpntb.ru</a>

3.	Фундаментальная библиотека Нижегородского государственного университета	<a href="http://www.unn.ru/library">http://www.unn.ru/library</a>
4.	Научная библиотека Казанского государственного университета	<a href="http://lsl.ksu.ru">http://lsl.ksu.ru</a>
5.	Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
6.	Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
7.	Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>

### **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;
- интерактивная доска SMART;
- телевизор SMART.

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

### **9. 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.

### **10. 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: журналах, газетах и т.д. 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. Желательно подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на лабораторное занятие. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, рекомендуется обращаться за методической помощью к преподавателю, составить план-конспект своего выступления, продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с практикой. В процессе подготовки студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы.

Форма организации студентов на лабораторных работах - индивидуальная. При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Если в результате выполнения лабораторной работы запланирована подготовка письменного отчета, то отчет о выполненной работе необходимо оформлять в соответствии с требованиями методических указаний. Качество выполнения лабораторных работ является важной составляющей оценки текущей успеваемости обучающегося.

№ п/п	Прилагаемый к Рабочей программе дисциплины документ, содержащий текст обновления	Решение кафедры Математического и аппаратного обеспечения информационных систем		Подпись заведующего кафедрой	И. О.Фамилия заведующего кафедрой
		Дата	протокол №		
1	Приложение № 1				
2	Приложение № 2				
3	Приложение № 3				
4	Приложение № 4				
5	Приложение № 5				