

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета \_\_\_\_\_ В.А. Небольсин

«31» августа 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)  
**«Цифровая обработка сигналов»**

Специальность 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы  
Направленность Радиоэлектронные системы передачи информации  
Квалификация выпускника Инженер  
Нормативный период обучения 5,5 лет  
Форма обучения Очная  
Год начала подготовки 2022 г.

Автор программы \_\_\_\_\_



/ Голубинский А.Н./

Заведующий кафедрой  
радиоэлектронных устройств  
и систем \_\_\_\_\_



/Журавлёв Д.В./

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_



/Журавлёв Д.В./

**Воронеж 2022**

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

теоретическая и практическая подготовка по основным направлениям цифровой обработки сигналов (ЦОС): цифровой фильтрации, спектральному анализу, адаптивной обработке и аппаратно-программному обеспечению.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

Формирование у студентов знаний и принципов и алгоритмов ЦОС, овладение методами синтеза и автоматизированного проектирования элементов и систем ЦОС, а также умение применить получаемые знания к решению прикладных задач.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б.1 учебного плана.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» направлен на формирование следующих компетенций: ПК-1

ПК-1 - способен к обработке результатов измерений с использованием средств вычислительной техники, основ математического обеспечения и программирования

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
ПК-1	<p>знать основные узлы вычислительных устройств цифровой обработки сигналов;  основы высокоуровневого языка описания аппаратных средств (VHDL);</p>
	<p>уметь строить имитационные модели сложно-функциональных цифровых устройств обработки сигналов в системе Matlab/Simulink с использованием языка М-файла, fi-объектов и графического представления цифровых автоматов (StateFlow);  строить функциональные модели цифровых устройств обработки сигналов с применением языка VHDL и мегафункций в САПР ПЛИС Altera Quartus II и Xilinx ISE</p>
	<p>владеть навыками работы с САПР ПЛИС Altera Quartus II или Xilinx ISE (Vivado)</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Цифровая обработка сигналов» составляет 3 зачетных единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		7			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	54	54			
В том числе:					
Лекции	18	18			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	18	18			
<b>Самостоятельная работа</b>	54	54			
Курсовой проект	-	-			
Контрольная работа	-	-			
Вид промежуточной аттестации – зачет	+	+			
Общая трудоемкость	час	108	108		
	зач. ед.	3	3		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Все го, час
1	Основные понятия ЦОС, дискретные схемы и сигналы	<p>Структура курса. Литература. Основы языка MATLAB. Предмет изучения ЦОС. Система ЦОС на примере блок-схемы цифровой системы связи. История развития ЦОС. Основные этапы развития ЦОС. Современное состояние ЦОС, основные разделы, приложения, области применения. Преимущества и недостатки ЦОС. Дискретные сигналы, основные способы описания. Физическая реализуемость и устойчивость дискретных систем обработки. Линейные системы с постоянными параметрами, основные определения и свойства. Реакция линейной системы на единичный импульс. Формула дискретной свертки. Частотные характеристики дискретных систем. Основные свойства частотных характеристик, периодичность. Преобразование Фурье для дискретизированных сигналов. Обратное преобразование. Переход от свертки дискретных сигналов к произведению спектров и наоборот. Спектр дискретизированного синуса через дельта-функцию. Переход от дискретного сигнала к непрерывному методом идеального фильтра. Теорема Котельникова. Восстановление радиосигнала по отсчетам видеосигнала.</p> <p>Разностные уравнения, связь со структурными схемами цифровых устройств. Решение разностных уравнений как способ нахождения выходного сигнала цепи, метод прямой подстановки. Z-преобразование, основные свойства, связь с преобразованием Лапласа. Решение разностных уравнений с помощью z-преобразования, основные способы и соотношения.</p>	6	6	6	14	32
2	Частотно-временные преобразования дискретных сигналов	<p>Дискретное преобразование Фурье, вывод основных соотношений. Обратное ДПФ. Свойства Дискретного преобразования Фурье: линейность, сдвиг, симметрия. Увеличение заполненности спектра за счет дополнения временной последовательности нулями. Линейная и циклическая свертка. Секционированная свертка. Вычисление свертки через ДПФ. Метод быстрой свертки. Быстрое преобразование Фурье, соотношение с ДПФ по количеству операций. Вывод алгоритма БПФ с децимацией по времени, графическое представление алгоритма. БПФ для последовательностей, длина которых не равна 2N. Вычисление обратного ДПФ через БПФ. Явление растекания спектра. Применение окон для вычисления спектра через ДПФ. Прямоугольное окно и его свойства. Прямоугольное окно согласованной длины. Треугольное окно и его свойства. Вывод формулы для окна фон Ханна, свойства окна. Окна Хэмминга и Блэкмана, их сходство и различия. Окно Кайзера. Окно Тьюки. Применение окон для построения анализаторов</p>	6	4	6	14	30

		спектра.					
3	Основы цифровой фильтрации сигналов	Цифровые КИХ-фильтры. Основные понятия. Порядок расчета и проектирования КИХ-фильтров. КИХ-фильтры с линейной ФЧХ. Четыре типа КИХ-фильтров с линейной ФЧХ. Вывод основных соотношений. Построение дифференциаторов и преобразователей Гильберта. Расчет КИХ-фильтров методом окна. Метод окна через БПФ. Метод наименьших квадратов. Переход от ФНЧ к полосовому фильтру с действительными и комплексными коэффициентами, ФВЧ и режекторному фильтру. Последовательное и параллельное включение КИХ-фильтров. БИХ-фильтры основные принципы, реализация. Основная структурная схема. Вид передаточной функции. Все пропускающий фильтр. Фильтр без задержки. Методы расчета БИХ-фильтров. Метод нулей и полюсов. Расчет БИХ-фильтров методом инвариантного преобразования импульсной характеристики. Расчет БИХ-фильтров методом билинейного преобразования.	4	6	6	14	30
4	Квантование в цифровых системах	Эффекты квантования сигналов в цифровых системах. Различные способы кодирования чисел: прямой, обратный, дополнительный код. Округление и усечение чисел. Характеристики АЦП. Статистические свойства шума квантования. Формула зависимости дисперсии шума от количества разрядов. Линейная и нелинейная модели квантования чисел, оценки ошибок квантования. Эффекты квантования коэффициентов цифровых фильтров.	2	2	-	12	16
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>108</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Неделя семестра	Тема и содержание лабораторного занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
	Основные понятия ЦОС, дискретные схемы и сигналы	2		
	Исследование характеристик простейших КИХ-фильтров	2		
	Частотно-временные преобразования дискретных сигналов	8		
	Исследование и применение дискретного преобразования Фурье	4		
	Исследование свойств различных видов окон	4		
	Основы цифровой фильтрации сигналов	8		
	Синтез и исследование КИХ-фильтров	4		
	Синтез и исследование БИХ-фильтров	4		
Итого часов		18		

## 5.3 Перечень практических занятий

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
	Основные понятия ЦОС, дискретные схемы и сигналы	6		
	Спектральные характеристики дискретизированных сигналов	2		
	Особенности цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразования	2		
	Разностные уравнения, Z-преобразование	2		
	Частотно-временные преобразования дискретных сигналов	4		
	Преобразование Фурье для дискретизированных сигналов	2		

	Передача информации с помощью ортогональных сигналов	2		
	Основы цифровой фильтрации сигналов	6		
	Цифровые КИХ-фильтры	2		
	Цифровые БИХ-фильтры	2		
	Последовательное и параллельное включение фильтров	2		
	Квантование в цифровых системах	2		
	Анализ динамики цифровых устройств с учетом квантования	2		
	<b>Итого часов</b>	<b>18</b>		

## 5.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов	
<b>8 семестр</b>			<b>54</b>	
1	Работа с конспектом лекций, с учебником		0,5	
2	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,5	
3	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,0	
	Подготовка к лабораторному занятию	проверка отчета	2,0	
4	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,5	
5	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,0	
	Подготовка к лабораторному занятию	проверка отчета	2,0	
6	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,5	
7	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,0	
	Подготовка к лабораторному занятию	проверка отчета	2,0	
8	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,5	
	Подготовка к практическому занятию		1,0	
9	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,0	
	Подготовка к лабораторному занятию	проверка отчета	2,0	
10	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,0	
11	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,5	
	Подготовка к лабораторному занятию	проверка отчета	2,0	
12	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,0	
13	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,0	
	Подготовка к лабораторному занятию	проверка отчета	2,0	
14	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,5	
	Подготовка к практическому занятию		1,0	
15	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,0	
	Подготовка к лабораторному занятию	проверка отчета	2,0	
16	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,5	
17	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,5	
	Подготовка к лабораторному занятию	проверка отчета	2,0	
18	Работа с конспектом лекций, с учебником		1,0	
	Подготовка к практическому занятию		1,5	

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Не предусмотрено учебным планом

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать основные узлы вычислительных устройств цифровой обработки сигналов; основы высокоуровневого языка описания аппаратных средств (VHDL);	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь строить имитационные модели сложно-функциональных цифровых устройств обработки сигналов в системе Matlab/Simulink с использованием языка М-файла, fi-объектов и графического представления цифровых автоматов (StateFlow); строить функциональные модели цифровых устройств обработки сигналов с применением языка VHDL и мегафункций в САПР ПЛИС Altera Quartus II и Xilinx ISE	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками работы с САПР ПЛИС Altera Quartus II или	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

	Xilinx ISE (Vivado)		в рабочих программах	в рабочих программах
--	---------------------	--	----------------------	----------------------

## 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по системе:

«зачтено»;

«не зачтено».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	знать основные узлы вычислительных устройств цифровой обработки сигналов; основы высокоуровневого языка описания аппаратных средств (VHDL);	Вопросы (тест) к зачету	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
	уметь строить имитационные модели сложно-функциональных цифровых устройств обработки сигналов в системе Matlab/Simulink с использованием языка М-файла, fi-объектов и графического представления цифровых автоматов (StateFlow); строить функциональные модели цифровых устройств обработки сигналов с применением языка VHDL и мегафункций в САПР ПЛИС Altera Quartus II и Xilinx ISE	Стандартные задания	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.
	владеть навыками работы с САПР ПЛИС Altera Quartus II или Xilinx ISE (Vivado)	Прикладные задания	Продемонстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочетами.	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

#### **1. Как определяется Детерминированный сигнал?**

- а) Значение этого сигнала в любой момент времени определяется точно.
- б) В любой момент времени этот сигнал представляет собой случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью.
- в) В любой момент времени этот сигнал представляет собой не случайную
- г) Величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью.
- д) Значение этого сигнала нельзя определить точно в любой момент времени.

#### **2. Какими параметрами определяется гармонический сигнал?**

- а) Амплитудой  $A$  и частотой  $\omega$ .
- б) Амплитудой  $A$  и начальной фазой  $\varphi$ .
- в) Амплитудой  $A$ , частотой  $\omega$  и начальной фазой  $\varphi$ .
- г) Частотой  $\omega$  и начальной фазой  $\varphi$ .

#### **3. Какие условия Дирихле должен удовлетворять ряд Фурье что бы разложение существовало?**

- а) Не должно быть разрывов второго рода и число экстремумов должно быть конечным.
- б) Не должно быть разрывов второго рода, число разрывов первого рода должно быть конечным и число экстремумов должно быть конечным.
- в) Не должно быть разрывов второго рода и число разрывов первого рода должно быть конечным.
- г) Число разрывов первого рода должно быть конечным и число экстремумов должно быть конечным.

#### **4. Если в аналоговой системе произвольная задержка подаваемого на вход сигнала приводит лишь к такой же задержке выходного сигнала, не меняя его формы, система называется?**

- а) Стационарной.
- б) Не стационарной.
- в) Параметрической.
- г) Системой с переменными параметрами.

#### **5. Импульсная характеристика это: ?**

- а) Отклик на воздействие  $\delta$ -функции.
- б) Отклик на воздействие в виде функции Хевисайда.
- в) Отклик на воздействие в виде прямоугольного импульса.

г) Передаточная функция.

**6. Процесс преобразования аналогового сигнала в последовательность значений, называется?**

а) Квантование сигнала по уровню.

б) Получение цифрового сигнала.

в) Дискретизацией сигнала.

г) Модуляцией сигнала

**7. Какое свойство не относится к дискретному преобразованию Фурье?**

а) Линейность.

б) Круговая свёртка.

в) Задержка.

г) Симметрия.

**8. Z-преобразование имеет свойства?**

д) Нелинейность.

е) Цикличность.

ж) Линейность, задержка, свёртка.

з) Сопряжённость.

**9. Какие бывают формы дискретных фильтров?**

а) Каноническая, транспонированная, последовательная, эллиптическая.

б) Каноническая, балансная, параллельная, эллиптическая.

в) Транспонированная, последовательная, параллельная, каскадная.

г) Каноническая, транспонированная, последовательная, параллельная.

**10. При обработке сигналов приходится увеличивать или уменьшать частоту дискретизации сигналов. Что производит функция передискретизации?**

а) Повышает чистоту дискретизации в целое число раз.

б) Изменение частоты дискретизации в произвольное число раз.

в) Понижение частоты дискретизации в целое число раз.

г) Повышение частоты дискретизации в произвольное число раз.

**11. Дискретное преобразование Фурье используется для ?**

а) Корреляционного анализа.

б) Анализа предельных циклов.

в) Спектрального анализа.

г) Квантового анализа.

**7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Случайные стационарные процессы, это случайные процессы у которых:

а) Статистические характеристики, которых одинаковы во всех временных сечениях.

б) Статистические характеристики, которых различны в зависимости от временных сечений.

в) У которых, статистические характеристики стремятся к бесконечности.

г) Статистические характеристики, которых не могут принимать нулевые значения.

2. Линейная система устойчива, если:

а) Если при нулевом сигнале выходной сигнал равен 1 при любых начальных условиях.

б) Если при нулевом сигнале выходной сигнал возрастает при любых начальных условиях.

в) Если при нулевом сигнале выходной сигнал затухает при любых начальных условиях.

г) Если при нулевом сигнале выходной сигнал стремится к бесконечности при любых начальных условиях.

3. Единичная импульсная функция является дискретным аналогом дельта-функции и представляет собой:

а) Бесконечно узкий импульс с бесконечной амплитудой.

б) Одиночный отсчёт с единичным значением.

в) Сумму бесконечной геометрической прогрессии.

г) Отсчёты синусоиды с произвольной частотой и начальной

4. Как описывается линейная цепь в пространстве состояний?

а)  $s'(t)=As(t)$ .

б)  $s'(t)=Bs(t)$ .

в)  $y(t)=Cs(t)+Dx(t)$ .

г)  $s'(t)=As(t)+Bx(t)$ .

4. Синтезируйте нерекурсивный дискретный КИХ-фильтр на 32 отвода фильтра с линейной ФЧХ с помощью функции `remez` в системе Matlab. Порядок КИХ-фильтра 32, значения частот, нормированные к частоте Найквиста  $f=[0 \ 0.2 \ 0.25 \ 1]$ , вектор, содержащий значения амплитуд АЧХ  $a=[1 \ 1 \ 0 \ 0]$

$b=remez(32,f,a)$

5. Чему соответствует интегрирование в частотной области?

а) Умножению на  $j\omega$ .

б) Умножению на  $2\pi$ .

в) Умножению на  $1/(j\omega)$ .

г) Умножению на  $1/(2\pi)$

6. Два синусоидальных сигнала с периодами 10 мс и 30 мс складываются, в результате получается один сигнал. Для определения его частотного состава используется анализатор спектра. Какие частоты вы ожидаете увидеть?

а) 10Гц и 30Гц,

б) 40Гц,

- в) 100Гц и 33.3Гц,
- г) 133.3Гц.

7. Три синусоидальных сигнала с частотами 100Гц, 200Гц и 350Гц и амплитудами 1В, 2В и 3В соответственно, складываются, в результате получается один сигнал. Какой должна быть минимальная частота дискретизации для того, чтобы обеспечить приемлемое восстановление суммарного сигнала?

- а) 700Гц,
- б) 1025 Гц,
- в) 1050 Гц,
- г) 400 Гц.

8. Чисто синусоидальный сигнал с частотой 100Гц дискретизируется с частотой 150Гц. На какой из следующих частот ожидается элайсинг?

- а) 75 Гц,
- б) 100 Гц,
- в) 150 Гц,
- г) 50 Гц.

9. Сигнал имеет ширину полосы, равную 1кГц, с центральной частотой также равной 1кГц. Синусоидальный сигнал с частотой 1250 Гц складывается с исходным сигналом. Ширина полосы нового сигнала равна:

- а) 2250 Гц,
- б) неизменна, 1 кГц,
- в) 250 Гц,
- г) 1250 Гц.

10. Перед поступлением сигнала на вход АЦП его следует пропустить через:

- а) ограничитель спектра для того, чтобы самая высокая частота сигнала не превышала половины частоты дискретизации,
- б) сглаживающий фильтр для того, чтобы гарантировать отсутствие скачкообразных изменений в сигнале,
- в) ограничитель спектра для того, чтобы самая высокая частота сигнала не превышала удвоенной частоты дискретизации,
- г) компрессор частот.

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

#### **1. Корреляционная функция:**

- а) Прямоугольна.
- б) Не симметрична.
- в) Треугольная
- г) Симметрична.

**2. Случайные стационарные процессы, это случайные процессы у которых:**

а) Статистические характеристики, которых одинаковы во всех временных сечениях.

б) Статистические характеристики, которых различны в зависимости от временных сечений.

в) У которых, статистические характеристики стремятся к бесконечности.

г) Статистические характеристики, которых не могут принимать нулевые значения.

**3. Линейная система устойчива, если:**

а) Если при нулевом сигнале выходной сигнал равен 1 при любых начальных условиях.

б) Если при нулевом сигнале выходной сигнал возрастает при любых начальных условиях.

в) Если при нулевом сигнале выходной сигнал затухает при любых начальных условиях.

г) Если при нулевом сигнале выходной сигнал стремится к бесконечности при любых начальных условиях.

**4. Единичная импульсная функция является дискретным аналогом дельта-функции и представляет собой:**

а) Бесконечно узкий импульс с бесконечной амплитудой.

б) Одиночный отсчёт с единичным значением.

в) Сумму бесконечной геометрической прогрессии.

г) Отсчёты синусоиды с произвольной частотой и начальной фазой.

**5. Как описывается линейная цепь в пространстве состояний?**

а)  $s'(t)=As(t)$ .

б)  $s'(t)=Bs(t)$ .

в)  $y(t)=Cs(t)+Dx(t)$ .

г)  $s'(t)=As(t)+Bx(t)$ .

**6. Чему соответствует интегрирование в частотной области?**

а) Умножению на  $j\omega$ .

б) Умножению на  $2\pi$ .

в) Умножению на  $1/(j\omega)$ .

г) Умножению на  $1/(2\pi)$

**7. Фильтрацию лучше всего характеризовать как процесс:**

а) умножения частоты,

б) изменения фазы сигнала до требуемого значения,

в) масштабирования амплитуды сигнала,

г) удаления нежелательных и выделения полезных частотных составляющих.

**8. Два чисто синусоидальных сигнала имеют одинаковую амплитуду «А» и частоту «f». Разность фаз между ними составляет 180°. Если эти сигналы сложить, то каким будет суммарный сигнал?**

а) сигнала не будет,

б) синусоидальный сигнал с амплитудой 2А и частотой 2f,

в) синусоидальный сигнал с амплитудой  $A$  и сдвигом фазы  $90^\circ$  относительно первого и второго сигналов соответственно,

г) синусоидальный сигнал с амплитудой  $A/2$  и частотой  $f$ .

**9. Аналоговый НЧ фильтр представляет собой RC-цепочку, где  $R = 10\text{кОм}$  и  $C = 30\text{ нФ}$  ( $10\text{кОм} = 10000\text{ Ом}$ ,  $30\text{нФ} = 30 * 10^{-9}\text{ Ф}$ ) Чему равна частота среза фильтра?**

а) 600 Гц,

б) 531 Гц,

в) 166 Гц,

г) 3300 Гц.

10. Значение АЧХ фильтра в полосе пропускания равно «1», частота среза – 1 кГц. Значение АЧХ падает до 0.001 на частоте 10 кГц, которая является начальной точкой полосы задерживания. Какова скорость спада в дБ/декада?

а) нет достаточной информации для вычисления скорости спада,

б) –57 дБ/декада,

в) –60 дБ/декада,

г) плоская характеристика.

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Что изучается в Основах ЦОС? Обобщенная схема ЦОС.
2. Каковы преимущества и недостатки ЦОС?
3. Что такое дискретизация и квантование? Основные типы сигналов, нормированное время и нормированная частота.
4. Что такое Z-преобразование? Примеры Z-преобразования простейших функций.
5. Основные свойства Z-преобразования.
6. Как практически выполняется обратное Z-преобразование?
7. Что такое линейная система с постоянными параметрами?
8. Что такое импульсная характеристика? Формула свертки.
9. Что такое разностные уравнения? Рекурсивные и нерекурсивные системы.
10. Критерий устойчивости линейной дискретной системы во временной области.
11. Что такое передаточная функция? Нули и полюса.
12. Критерий устойчивости линейной дискретной системы в Z-области.
13. Экспресс-анализ АЧХ и ФЧХ звена 1 порядка.
14. Экспресс-анализ АЧХ и ФЧХ звена 2 порядка.
15. Минимально-фазовые и фазовые звенья.
16. Что такое частотная характеристика дискретной системы?

17. Каковы особенности частотных характеристик дискретных систем?
18. О чем говорится в теореме Котельникова?
19. Что такое дискретное преобразование Фурье (ДПФ)?
20. Свойства ДПФ.
21. Что такое круговая свертка, в чем ее отличие от линейной? Вычисление свертки с помощью ДПФ.
22. Что такое секционированная свертка? Перекрывание с суммирование, перекрывание с накоплением.
23. Что такое БПФ? Насколько эффективнее БПФ по сравнению с ДПФ?
24. Последовательность операций БПФ (прореживание по времени).
25. Последовательность операций БПФ (прореживание по частоте).
26. Как вычислить обратное дискретное преобразование Фурье с помощью БПФ?
27. К каким изменениям временного сигнала приводит дискретизация спектра?
28. Как изменится на выходе преобразователя ДПФ, если временную последовательность на входе дополнить нулями?
29. Что такое сглаживающий фильтр? Что такое анти-SINC?
30. К каким изменениям спектра приводит дискретизация непрерывного сигнала?
31. Что такое частота Найквиста?
32. Как ведет себя спектр гармонического сигнала при ограничении его во времени?
33. Что такое антиэлайзинговый фильтр?
34. Форматы представления чисел и способы кодирования в цифровых системах.
35. В чем причина появления шумов квантования?
36. Каковы статистические свойства (мат.ожидание, дисперсия) шумов квантования?
37. Как оценить статистические свойства шумов квантования на выходе системы ЦОС.
38. Динамический диапазон системы ЦОС, масштабирование.
39. Что такое предельные циклы в ЦОС? Что такое КИХ и БИХ фильтры? Простейшие примеры.
40. Каким образом определяется реакция ЛСПП на входной сигнал произвольного вида?
41. В каком случае КИХ-фильтр имеет линейную ФЧХ?
42. Для чего применяются окна? Явление Гиббса.
43. Какие виды окон вы знаете?
44. В чем заключается метод взвешивания при синтезе КИХ фильтров?
45. Построение БИХ-фильтров методом непосредственного задания нулей и полюсов.

46. Особенности АЧХ и ФЧХ фильтров Баттерворта, Чебышева и Кауэра (эллиптических). В чем их сильные и слабые стороны?

47. В чем суть метода инвариантного преобразования импульсной характеристики для синтеза БИХ фильтров на базе аналоговых прототипов?

48. В чем суть метода билинейного преобразования для синтеза БИХ фильтров на базе аналоговых прототипов?

### 7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

### 7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и 10 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Не зачет ставится в случае, если студент набрал менее 10 баллов.
2. Зачет ставится, если студент набрал от 10 до 20 баллов.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (темы)	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия ЦОС, дискретные схемы и сигналы	ПК-1	Тест, зачет, устный опрос
2	Частотно-временные преобразования дискретных сигналов	ПК-1	Тест, зачет, устный опрос
3	Основы цифровой фильтрации сигналов	ПК-1	Тест, зачет, устный опрос
4	Квантование в цифровых системах	ПК-1	Тест, зачет, устный опрос

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## 8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:

1. А.Б. Сергиенко Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие. - 2-е изд. - СПб. : Питер, 2006. - 751 с. - (Учебник для вузов). - ISBN 5-469-00816-9 : 321-00.
2. Айфичер Эммануил С. Цифровая обработка сигналов: Практический подход Digital Signal Processing / пер. с англ. И. Ю. Дорошенко, А. В. Назаренко . - 2-е изд. - Москва : Вильямс, 2004 (СПб. : Печатный двор).
3. А. Оппенгейм Цифровая обработка сигналов / под ред. А.Б. Сергиенко. - 2-е изд., испр. - М. : Техносфера, 2007. - 856 с.; . - (Мир цифровой обработки). - ISBN 978-5-94836-135-2 : 650-00.
4. С. Смит Цифровая обработка сигналов : Практическое руководство для инженеров и научных работников / перевод с англ. - М. : Додека -XXI, 2012. - 720 с. : ил. - ISBN 978-5-94120-145-7 : 977-00.
5. А.В. Строгонов Цифровая обработка сигналов в базе программируемых логических интегральных схем [Электронный ресурс] : Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. ( 34,3 Мб ). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 1 файл. - 30-00.
6. А.В. Строгонов Цифровая обработка сигналов в базе программируемых логических интегральных схем [Текст] : учебное пособие. - 3-е изд., стереотип. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2018. - 309 с. : ил. : табл. - Библиогр.: с. 305-307 (25 назв.). - ISBN 978-5-8114-1981-4 : 200-00.
7. Л.М. Гольденберг Цифровая обработка сигналов : Учеб. пособие для ин-тов связи спец. 2307, 2306, 2305. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Радио и связь, 1990. - 256 с. : ил. - ISBN 5-256-00678-9 : 0-50.
8. Л.М. Гольденберг Цифровая обработка сигналов : Справочник. - Москва : Радио и связь, 1985. - 312 с. : ил. - 1-40.
9. Г.М. Сидельников Цифровая обработка сигналов мультимедиа [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Г. М. Сидельников, А. А. Калачиков. - Цифровая обработка сигналов мультимедиа ; 2023-03-16. - Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. - 111 с. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 16.03.2023 (автопродлонгация). - ISBN 2227-8397. URL: <http://www.iprbookshop.ru/74664.html>.
10. В.Е. Иванова Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессоры [Электронный ресурс] : Учебное пособие / В. Е. Иванова, А. И. Тяжев; ред. А. И. Тяжев. - Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. - 253 с. - ISBN 2227-8397. URL: <http://www.iprbookshop.ru/75425.html>



**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer, пробная студенческая версия MATLAB (<https://matlab.ru/education/student-trial>).

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная плакатами и пособиями по профилю.

Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторных занятий (ауд.315/4).

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Цифровая обработка сигналов» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе. Практические и лабораторные занятия формируют навыки применения полученных знаний.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.</p> <p>Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетных заданий, решение задач по алгоритму.</p>
Подготовка к зачету	<p>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.</p>

### Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8 в части учебно-методического обеспечения дисциплины; в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем; Актуализирован раздел 9 в части материально-технической базы необходимой для проведения образовательного процесса.	29.08.2022	