

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева»  
АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

---

---

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

Глебов В.В.

« 29 » 01 2025 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.07 Цифровая обработка сигналов  
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров/магистров

Направление подготовки 12.04.01 – «Приборостроение»  
(код и направление подготовки)

Направленность Информационно-измерительная техника и технологии  
(наименование профиля, программы магистратуры)

Форма обучения очная, очно-заочная  
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2024

Объем дисциплины 180/5  
(часов/з.е)

Промежуточная аттестация экзамен  
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра «Авиационные приборы и устройства»  
(наименование кафедры)

Кафедра-разработчик «Авиационные приборы и устройства»  
(наименование кафедры)

Разработчик(и): Поздьяев В.И., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас  
2025 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение, утвержденного приказом Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 957 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от 29.01.2025 г. № 1

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 15.01.2025 г. № 1

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гуськов А.А.  
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,  
протокол от 29.01.2025 г. № 1

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_ Шурыгин А.Ю.  
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 12.04.01-07

Начальник УО \_\_\_\_\_ Мельникова О.Ю.  
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки \_\_\_\_\_ Старостина О.Н.  
(подпись)

## Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
1.1. Цель освоения дисциплины (модуля).....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	6
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам.....	6
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам.....	7
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	10
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	10
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	14
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости.....	14
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине.....	19
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине.....	22
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	24
6.1 Основная литература.....	24
6.2 Дополнительная литература.....	24
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	24
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	25
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы.....	25
7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	25
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....	25
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	25
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	26
10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии.....	26
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа.....	27
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах.....	27
10.4 Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях.....	27
10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся.....	28
10.6. Методические указания для выполнения Контрольной работы.....	28
10.7. Методические указания для выполнения курсовой работы (проекта).....	28
10.8 Методические указания по обеспечению образовательного процесса.....	28

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» является изучение основ фундаментальной теории цифровой обработки сигналов и методов анализа и синтеза систем цифровой обработки.

### 1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля)

- изучение линейных математических моделей дискретных сигналов и дискретных систем во временной и частотной областях, в т. ч. дискретного и быстрого преобразования Фурье;
- овладение основными навыками и методами решения прикладных задач цифровой обработки сигналов, в т. ч. задач анализа прохождения сигналов через цифровые фильтры;
- изучение характеристик и основных методов синтеза цифровых фильтров и этапов их проектирования;
- формирование навыков теоретического анализа и синтеза структур систем цифровой обработки сигналов, умения работать с технической литературой по цифровой обработке.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Цифровая обработка сигналов» включена в перечень дисциплин вариативной части (части, формируемой участниками образовательных отношений), определяющих направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП по направлению подготовки 12.04.01 – Приборостроение.

Базируется на следующих дисциплинах программы бакалавриата: «Математика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Цифровые устройства и элементы электронных средств», «Основы автоматического управления», «Аналоговые и цифровые измерительные устройства», «Преобразование измерительных сигналов».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины «Цифровая обработка сигналов», необходимы при освоении дисциплины «Методы и средства обработки измерительной информации» и при подготовке выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Теория цифровой обработки сигналов» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

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

Процесс изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» направлен на формирование элементов общепрофессиональной компетенции ОПК-1 в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 12.04.01 – Приборостроение.

Таблица 3.1.а – Формирование компетенции дисциплинами (очная форма обучения)

Код компетенции/наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины.			
	1	2	3	4
ОПК-1				
Цифровая обработка сигналов	+			
Методология научных исследований	+			
Схемотехника аналоговых и цифровых преобразователей		+		
Учебная (Проектно-конструкторская практика)		+		
Производственная (Проектно-конструкторская практика)		+		
Защита интеллектуальной собственности			+	
Научно-исследовательская работа	+	+	+	+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				+

Код компетенции/наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины.			
	1	2	3	4
Государственная итоговая аттестация				+

Таблица 3.1.6 – Формирование компетенции дисциплинами (очно-заочная форма обучения)

Код компетенции/наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины. Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра/магистра				
	1	2	3	4	5
ОПК-1					
Цифровая обработка сигналов	+				
Защита интеллектуальной собственности		+			
Методология научных исследований		+			
Схемотехника аналоговых и цифровых преобразователей				+	
Учебная (Проектно-конструкторская практика)		+			
Производственная (Проектно-конструкторская практика)		+			
Научно-исследовательская работа	+	+	+	+	+
Государственная итоговая аттестация					+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					+

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Цифровая обработка сигналов», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
ОПК-1. Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики научных исследований для создания разнообразных методик, аппаратуры и технологий производства в приборостроении.	ИОПК-1.3 - Формулирует задачи и определяет пути их решения на основе оценки эффективности выбора с учетом специфики научных исследований в сфере обработки, передачи и измерения сигналов различной физической природы в сложных измерительных трактах.	Знать: - Структуру устройства цифровой обработки сигналов и алгоритм «оцифровки» аналогового сигнала; - математические модели дискретных сигналов и дискретных цепей во временной и частотной областях; - основные методы спектрального анализа дискретных сигналов: дискретное и быстрое преобразование Фурье, z-преобразование, и их свойства; - методы синтеза КИХ- и БИХ-фильтров; - шумы квантования и методы анализа их влияния на характеристики цифровых фильтров.	Уметь: - выполнять дискретизацию по времени и квантование по уровню аналогового сигнала, - проводить спектральный анализ дискретных сигналов; - формализовать модели дискретных цепей во временной и частотной области; - решать задачи синтеза КИХ- и БИХ-фильтров обработки сигналов, используемых в приборостроении.	Владеть: - методами спектрального и временного анализа дискретных сигналов и методами анализа устройств цифровой обработки сигналов; - навыками проектирования КИХ- и БИХ-фильтров и других устройств цифровой обработки сигналов.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. ед. или 180 часов, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной / заочной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам 1 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>180/180</b>	<b>180/180</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>88/54</b>	<b>88/54</b>
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>82/48</b>	<b>82/48</b>
занятия лекционного типа (Л)	36/16	36/16
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	34/24	34/24
лабораторные работы (ЛР)	12/8	12/8
<b>Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>6/6</b>	<b>6/6</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП), расчетно-графическая работа (РГР), контрольная работа (к.р.) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4/4	4/4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2/2	2/2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>92/126</b>	<b>92/126</b>
реферат/эссе (подготовка)		
расчетно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	56/90	56/90
Подготовка к экзамену (контроль)*	36/36	36/36
Подготовка к зачету / зачету с оценкой (контроль)		

## 4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО РАЗДЕЛАМ, ТЕМАМ

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной/заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов		
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия			
1 семестр/- семестр							
ОПК-1 ИОПК-1.3	Раздел 1. Дискретизация аналоговых сигналов; математическое описание дискретных и цифровых сигналов						
	Тема 1.1 Введение в ЦОС. Аналого-цифровое преобразование непрерывных сигналов.	2/1			2/3	Проработка теоретического материала по курсу; [6.1.1] - [6.1.4] Решение задач по темам; [6.1.1], [6.2.2], [6.3.1], [6.3.2]	
	Тема 1.2 Теорема Котельникова. Расчет квантов дискретизации.	2/1		2/2	2/3		
	Практическое занятие № 1. «Оцифровка» аналоговых сигналов; математические модели. (Тема 1.1)						
	Итого по 1 разделу	4/2		2/2	4/6		
	Раздел 2. Спектральное представление цифровых сигналов						
	Тема 2.1. Спектр аналогового и дискретного сигнала, свойства спектра и восстановление континуальной структуры сигнала по дискретному спектру.	2/1	4/0		2/4	Проработка теоретического материала по курсу; [6.1.1] - [6.1.4] Решение задач по темам; [6.1.1], [6.2.2], [6.3.1], [6.3.2]	
	Тема 2.2 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и его свойства; обратное дискретное преобразование Фурье (ОДПФ).	2/1		2/2	2/3		
	Тема 2.3 Быстрое преобразование Фурье (БПФ) и алгоритмы его вычисления.	2/1			2/2		
		Практическое занятие № 2. Дискретное преобразование Фурье прямое и обратное. (Тема 2.2)					Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы [6.3.3]
		Лабораторная работа №1. Моделирование процесса дискретизации аналогового сигнала и восстановления его континуальной структуры. (Темы 1.1, 1.2, 2.1)					
		Итого по 2 разделу	6/3	4/0	2/2	6/9	
							Проработка теоретического материала по курсу; [6.1.1] - [6.1.4]
		Раздел 3. Основы теории z-преобразования.					
	Тема 3.1 Представление дискретных сигналов с помощью z-преобразования; его свойства.	2/1		2/1	4/6		
	Тема 3.2 Дискретная свертка и ее применение при анализе сигналов	2/1		2/1	4/6		

	Практическое занятие № 3. Прямое и обратное z-преобразование дискретных сигналов. (Тема 3.1)					Решение задач по темам; [6.1.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.3.1], [6.3.2]
	Практическое занятие № 4. Анализ дискретных сигналов методом свертки. (Тема 3.2)					
	<b>Итого по 3 разделу</b>	<b>4/2</b>		<b>4/2</b>	<b>8/12</b>	
	<b>Раздел 4. Цифровая фильтрация одномерных сигналов</b>					Проработка теоретического материала по курсу; [6.1.1] - [6.1.4], [6.2.1], [6.2.2]  Решение задач по темам; [6.1.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.3.1], [6.3.2]
	Тема 4.1 Основные операции цифровой обработки: линейная свертка, корреляция, алгоритм линейной цифровой фильтрации, цифровая фильтрация методом ДПФ, модуляция сигналов.	2/1		2/1	3/6	
	Тема 4.2 Классификация ЦФ, математические модели ЦФ во временной и частотной области.	2/0,5		2/2	3/6	
	Тема 4.3 Связь временных и частотных характеристик ЦФ. Устойчивость и показатели качества ЦФ.	2/1		2/1	3/6	
	Тема 4.4 Структурные схемы ЦФ и их классификация. Сравнительные характеристики КИХ-фильтров и БИХ-фильтров.	2/0,5		2/2	3/6	
	Практическое занятие № 5. Цифровая обработка сигналов. (Тема 4.1)					
	Практическое занятие № 6. Получение математических моделей ЦФ. (Тема 4.2)					
	Практическое занятие № 7. Анализ качества ЦФ. (Тема 4.3)					
	Практическое занятие № 8. Построение структурных схем ЦФ и их анализ. (Тема 4.4)					
	<b>Итого по 4 разделу</b>	<b>8/3</b>		<b>8/6</b>	<b>12/24</b>	
	<b>Раздел 5. Проектирование цифровых фильтров</b>					Проработка теоретического материала по курсу; [6.1.1] - [6.1.4], [6.2.1], [6.2.2]  Решение задач по темам; [6.1.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.3.1], [6.3.2]  Подготовка отчета о выполнении лабораторных работ [6.3.3]
	Тема 5.1 Обзор методов проектирования ЦФ и их сравнительный анализ	2/1		2/1	2/2	
	Тема 5.2 Методы проектирования БИХ-фильтров.	2/1	4/4	6/4	6/10	
	Тема 5.3 Проектирование КИХ-фильтров.	2/1	4/4	4/2	6/10	
	Тема 5.4 Эвристический синтез ЦФ; оптимальный синтез фильтров при случайных воздействиях.	2/1		4/3	4/5	
	Практическое занятие № 9. Сравнительный анализ методов проектирования БИХ-фильтров. (Тема 5.1)					
	Практическое занятие № 10. Синтез ЦФ методом инвариантности временных характеристик. (Тема 5.2)					
	Практическое занятие № 11. Синтез ЦФ методом инвариантности частотных характеристик. (Тема 5.2)					
	Практическое занятие № 12. Синтез БИХ-фильтров методом дискретизации дифференциального уравнения аналогового прототипа. (Тема 5.2)					
	Практическое занятие № 13. Проектирование КИХ-фильтров методом окон. (Тема 5.3)					
	Практическое занятие № 14. Проектирование КИХ-фильтров методом частотной выборки. (Тема 5.3)					
	Практическое занятие № 15. Синтез ЦФ линейного и нелинейного прогноза. (Тема 5.4)					
	Практическое занятие № 16. Оптимальный синтез ЦФ в классе стационарных линейных систем с бесконечной памятью при случайных сигналах на входе. (Тема 5.4)					



	Лабораторная работа № 2. Синтез линейных БИХ-фильтров по аналоговому фильтру-прототипу и сравнение методов синтеза по точности аппроксимации АЧХ. (Тема 5.2)					
	Лабораторная работа № 3. Анализ и проектирование КИХ-фильтров. Исследование влияния параметров дискретизации на точность работы ЦФ. (Тема 5.3)					
	<b>Итого по 5 разделу</b>	<b>8/4</b>	<b>8/8</b>	<b>16/10</b>	<b>18/27</b>	
	<b>Раздел 6. Эффекты квантования в цифровых фильтрах</b>					
	Тема 6.1 Анализ составляющих погрешностей ЦФ: погрешности квантования (шума квантования) выходного сигнала АЦП, погрешности квантования коэффициентов линейного разностного уравнения дискретной цепи; погрешности округления при умножении и переполнения при сложении.	2/1			2/3	Проработка теоретического материала по курсу; [6.1.1] - [6.1.4]
	Тема 6.2 Шумовые модели ЦФ и расчет погрешности выходного сигнала.	2/0,5		2/2	4/6	Решение задач по темам; [6.1.1], [6.2.2], [6.2.3], [6.3.1], [6.3.2]
	Тема 6.3 Способы снижения влияния шума измерений на выходной сигнал.	2/0,5			2/3	
	Практическое занятие № 17. Расчет параметров шума квантования на выходе ЦФ. (Тема 6.2)					
	<b>Итого по 6 разделу</b>	<b>6/2</b>		<b>2/2</b>	<b>8/12</b>	
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>36/16</b>	<b>12/8</b>	<b>34/24</b>	<b>56/90</b>	

Используемые активные и интерактивные технологии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Практические занятия, лабораторные работы	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Технология коллективной работы Информационно-коммуникационные технологии

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **5.1. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ**

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях, ответы на вопросы преподавателя при работе в интерактивном режиме. На практических занятиях предполагается решение задач по конкретным темам курса студентами совместно с преподавателем и студентами самостоятельно (выполнение индивидуальных заданий). При выполнении индивидуального практического задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, полнота ответов на вопросы преподавателя. Лабораторные работы выполняются по индивидуальным заданиям. При их выполнении оценивается уровень знаний по соответствующей теме, умения и навыки проведения исследований, качество оформления отчета, умение представить и объяснить ход выполнения работы, умение провести критический анализ полученных результатов.

Самостоятельная работа включает проработку теоретического материала по изучаемой дисциплине, выполнение индивидуальных практических заданий по конкретным темам курса, подготовку отчетов по лабораторным работам, выполнение тестов промежуточного контроля.

Текущая аттестация проводится в форме контроля и оценивания решения задач на практических занятиях и анализа отчетов по лабораторным работам и качества их защиты; а по итогам изучения отдельных тем и разделов курса проводится в форме тестирования в СДО Moodle. Контрольное тестирование по разделам дисциплины проводится в рамках самостоятельной работы. Контрольный тест содержит 10 тестовых вопросов, время на проведение тестирования – 10 минут.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Студент допускается к промежуточной аттестации при условии выполнения не менее 50 процентов практических заданий в рамках текущего контроля по каждой теме и выполнения и защиты всех лабораторных работ.

Промежуточная аттестация студентов очной формы обучения проводится в форме экзамена (1-й семестр). Промежуточная аттестация студентов заочной формы обучения проводится в форме экзамена (1-й семестр). Билет для промежуточной аттестации содержит 2 теоретических вопроса и 2 задачи; время на подготовку ответов и решение задач – 60 минут. Промежуточная аттестация считается пройденной, если студент набрал не менее 3 баллов.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2.

Итоговая оценка по дисциплине формируется по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (таблица 5.3).

Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			0 баллов	1 балл (уровень – «достаточный»)	
<b>ОПК-1</b> Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики научных исследований для создания разнообразных методик, аппаратуры и технологий производства в приборостроении.	<b>ИОПК-1.3</b> - Формулирует задачи и определяет пути их решения на основе оценки эффективности выбора с учетом специфики научных исследований в сфере обработки, передачи и измерения сигналов различной физической природы в сложных измерительных трактах.	<b>Знать:</b> - Структуру устройства цифровой обработки сигналов и алгоритм «оцифровки» аналогового сигнала; - математические модели дискретных сигналов и дискретных цепей во временной и частотной областях; - основные методы спектрального анализа дискретных сигналов: дискретное и быстрое преобразование Фурье, z-преобразование, и их свойства; - методы синтеза КИХ- и БИХ-фильтров; - шумы квантования и методы анализа их влияния на характеристики цифровых фильтров.	а) не проявляет активности в дискуссиях по вопросам теории и методам решения задач в рамках изучаемой дисциплины; б), в) не уверенно отвечает на вопросы по методам решения задач цифровой обработки сигналов и по результатам выполнения лабораторных работ; г) верно выполнено менее 50% заданий в тестах	а) проявляет активность в дискуссиях по вопросам теории цифровой обработки, методам анализа и синтеза цифровых фильтров; б), в) уверенно отвечает на вопросы по методам решения задач цифровой обработки сигналов и по результатам выполнения лабораторных работ; г) выполнено не менее 50% заданий в тестах*	а) Учет посещения занятий и оценка активности участия в дискуссиях при работе в интерактивном режиме; б) Проверка решений задач по 6 разделам; в) Оценка качества выполнения и защиты отчетов по лабораторным работам (1 балл за каждую работу); г) Тестирование (1 балл по каждому разделу).
		<b>Уметь:</b> - выполнять дискретизацию по времени и квантование по уровню аналогового сигнала; - проводить спектральный анализ дискретных сигналов; - формализовать модели дискретных цепей во временной и частотной области; - решать задачи синтеза КИХ- и БИХ-фильтров обработки сигналов, используемых в приборостроении.	а) в большей части ответов не показывает умения формализовать модели сигналов и дискретных цепей во временной и частотной области; не решает задач синтеза фильтров; выполнено менее 50% практических заданий; б) не защищены все отчеты по лабораторным работам	а) демонстрирует умения формализовать модели сигналов и дискретных цепей во временной и частотной области; решать задачи синтеза фильтров; выполнено не менее 50% практических заданий**; б) защищены все отчеты по лабораторным работам	а) Устный опрос на практических занятиях при защите решений индивидуальных задач и проверка письменных ответов решений задач по 6 разделам (1 балл за каждый раздел); б) Защита отчетов о выполнении лабораторных работ
		<b>Владеть:</b> - методами спектрального и временного анализа дискретных сигналов и методами анализа устройств цифровой обработки сигналов; - навыками проектирования КИХ- и БИХ-фильтров и других устройств цифровой обработки сигналов.	а) не демонстрирует навыков расчета цифровых фильтров и анализа прохождения сигналов через дискретные цепи; выполнено менее 50% практических заданий; б) не защищены все отчеты по лабораторным работам в) выполнено менее 50% тестов	а) демонстрирует навыки расчета характеристик цифровых фильтров и анализа прохождения сигналов через дискретные цепи; выполнено не менее 50% практических заданий** б) защищены все отчеты по лабораторным работам; в) выполнено не менее 50% тестов*.	а) Оценка активности участия в совместном решении задач на практических занятиях и проверка письменных ответов; б) Защита отчетов по лабораторным работам; в) выполнение тестов по отдельным темам

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			2 балла	1 балл	0 баллов	
<b>ОПК-1</b> Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики научных исследований для создания разнообразных методик, аппаратуры и технологий производства в приборостроении.	<b>ИОПК-1.3</b> - Формулирует задачи и определяет пути их решения на основе оценки эффективности выбора с учетом специфики научных исследований в сфере обработки, передачи и измерения сигналов различной физической природы в сложных измерительных трактах.	<b>Знать:</b> - Структуру устройства цифровой обработки сигналов и алгоритм «оцифровки» аналогового сигнала; - математические модели дискретных сигналов и дискретных цепей во временной и частотной областях; - основные методы спектрального анализа дискретных сигналов: дискретное и быстрое преобразование Фурье, $z$ -преобразование, и их свойства; - методы синтеза КИХ- и БИХ-фильтров; - шумы квантования и методы анализа их влияния на характеристики цифровых фильтров.	Представлены развернутые ответы на каждый вопрос	Представлены неполные ответы на вопросы	Ответы на вопросы отсутствуют	Ответы на теоретические вопросы экзаменационного билета
		<b>Уметь:</b> - выполнять дискретизацию по времени и квантование по уровню аналогового сигнала; - проводить спектральный анализ дискретных сигналов; - формализовать модели дискретных цепей во временной и частотной области; - решать задачи синтеза КИХ- и БИХ-фильтров обработки сигналов, используемых в приборостроении.	Задание решено верно	Задание решено с ошибками	Задание не решено	Решение задач билета
		<b>Владеть:</b> - методами спектрального и временного анализа дискретных сигналов и методами анализа устройств цифровой обработки сигналов; - навыками проектирования КИХ- и БИХ-фильтров и других устройств цифровой обработки сигналов.				

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию

Баллы за текущую успеваемость*	Баллы за промежуточную аттестацию		Оценка
	Суммарное количество баллов**	Из них баллы за решение задач**	
Менее 6 баллов	(не допускается к экзамену)		–
не менее 6 баллов	0...1 балла	0 баллов	«неудовлетворительно»
не менее 8 баллов	2 балла	1 балл	«удовлетворительно»
не менее 13 баллов	3 балл	2 балла	«хорошо»
15 баллов	4 балла	2 балла	«отлично»

\*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.;

\*\*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

## 5.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.2.1 ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ХОДЕ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

Для текущего контроля знаний и умений студентов по дисциплине проводится комплексная оценка, включающая:

- выполнение практических заданий (решение задач, ответы на контрольные вопросы) по оценке освоения разделов дисциплины;
- выполнение лабораторных работ с подготовкой отчета и последующей защитой отчета;
- тестирование по всем разделам дисциплины.

#### Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям

#### Раздел 1. Дискретизация аналоговых сигналов; математическое описание дискретных и цифровых сигналов

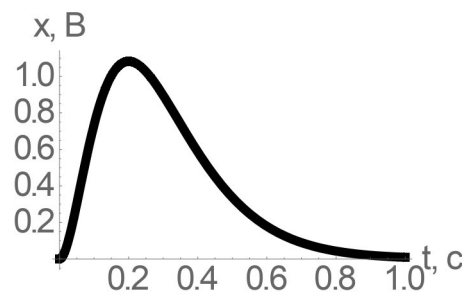
Практическое занятие № 1. «Оцифровка» аналоговых сигналов; математические модели.

Задание 1.1. Подавляющее большинство наиболее динамичных сигналов  $x(t)$  из ансамбля входных сигналов (см. рисунок) АЦП может быть охарактеризовано математической моделью в виде следующей функции времени:

$$x(t) = x_0 t^2 e^{-\gamma} [s(t) - s(t-1)],$$

где параметры равны:  $x_0=200 \text{ Вс}^{-2}$ ;  $\gamma=10 \text{ с}^{-1}$ .

Рассчитайте квант равномерной дискретизации по времени из условия восстановления непрерывного сигнала путем линейной интерполяции при допустимой погрешности в 1%.



#### Раздел 2. Спектральное представление цифровых сигналов

Практическое занятие № 2. Дискретное преобразование Фурье прямое и обратное.

Задание 2.1. Рассчитайте спектр дискретной последовательности  $X(n)=\{1,0,1,1\}$  в алгебраической и экспоненциальной форме и проиллюстрируйте  $X(n)$ , АЧХ и ФЧХ ее спектра.

Задание 2.2. Восстановите отсчеты дискретного сигнала по его спектру:  $\{c_n\}=(2,5; 0; -1,5; 0)$ .

#### Раздел 3. Основы теории z-преобразования.

Практическое занятие № 3. Прямое и обратное z-преобразование дискретных сигналов.

Задание 3.1. Найти  $z$ -изображение типового воздействия в виде функции Хевисайда  $\sigma(t)$ , подвергнутой равномерной дискретизации по времени (единичной ступенчатой последовательности).

Задание 3.2. По  $z$ -образу сигнала  $X(z) = z^{-3} / (-3z^{-1} + 10z^{-2})$  найти  $x(n)$ .

Практическое занятие № 4. Анализ дискретных сигналов методом свертки.

Задание 3.3. Импульсная характеристика (решетчатая весовая функция) линейного цифрового фильтра представляет собой дискретную последовательность  $g(n) = \{10, 3, 1, 0, \dots\}$ . Вычислите выходной сигнал ЦФ как дискретную свертку импульсной характеристики и дискретного входного сигнала  $x(n) = \{3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 2, 1, 0, 0, \dots\}$ .

## Раздел 4. Цифровая фильтрация одномерных сигналов

Практическое занятие № 5. Цифровая обработка сигналов.

Задание 4.1. Определите разными способами выходной сигнал  $y(nT)$  ЦФ, выполняющего функции интегратора (сумматора – в цифровой технике), если на входе – сигнал «треугольной» формы вида  $x(n) = \{0, 1, 2, 1, 0\}$ . Проиллюстрируйте процессы на входе и выходе ЦФ.

Практическое занятие № 6. Получение математических моделей ЦФ.

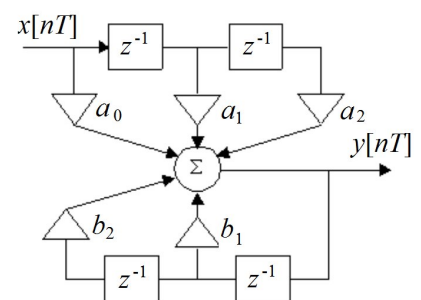
Задание 4.2. Цифровой фильтр должен выполнять операцию дифференцирования входного решетчатого сигнала. Найдите уравнение работы ЦФ в конечных разностях, дискретную передаточную функцию. К какому классу относится такой ЦФ?

Практическое занятие № 7. Анализ качества ЦФ.

Задание 4.3. Задан алгоритм работы трансверсального фильтра:  $y(n) = 12x(n) - 4x(n-1) + 2x(n-2) - x(n-3)$ . Предлагается записать импульсную характеристику, передаточную функцию, переходную функцию; построить решетчатый переходный процесс и определить показатели качества.

Практическое занятие № 8. Построение структурных схем ЦФ и их анализ.

Задание 4.4. По структурной схеме ЦФ (рисунок) определить уравнение в конечных разностях, дискретную передаточную функцию. Составить структурную схему в канонической форме.



## Раздел 5. Проектирование цифровых фильтров

Практическое занятие № 9. Сравнительный анализ методов проектирования БИХ-фильтров.

Задание 5.1. Спроектируйте цифровой аналог ФНЧ Баттерворта 1-го порядка тремя разными методами и исследуйте изменение АЧХ и ФЧХ в зависимости от соотношения постоянной времени фильтра и кванта дискретизации по времени; сравните методы проектирования по результатам исследования АФЧХ.

Практическое занятие № 10. Синтез ЦФ методом инвариантности временных характеристик

Задание 5.2. Рассчитайте ЦФ – аналог ФВЧ Чебышева 1-го порядка и постройте переходный процесс. Принять частоту среза 100 рад/с; граничную частоту спектра сигнала – 250 Гц.

Практическое занятие № 11. Синтез ЦФ методом инвариантности частотных характеристик

Задание 5.3. Спроектируйте методом билинейного преобразования ФНЧ Чебышева 2-го порядка, постройте частотную характеристику. Коэффициент передачи мощности на частоте среза 150 Гц равен 0,8. Граничная частота спектра сигнала – 2000 Гц.

Практическое занятие № 12. Синтез БИХ-фильтров методом дискретизации дифференциального уравнения аналогового прототипа

Задание 5.4. Спроектируйте методом дискретизации дифференциального уравнения аналогового прототипа ФНЧ Чебышева 2-го порядка, постройте структурную схему и частотную характеристику. Коэффициент передачи мощности на частоте среза 150 Гц равен 0,8. Граничная частота спектра сигнала – 2000 Гц.

Практическое занятие № 13. Проектирование КИХ-фильтров методом окон.

Задание 5.5. Постройте методом взвешивания (взять прямоугольное окно шириной в 101 отсчет) цифровой фильтр с частотной характеристикой:

$$W(f) = \begin{cases} 1, & f \leq f_c \\ 0, & f > f_c \end{cases} \text{ Equation.3}$$

Квант дискретизации по времени  $Dt=0,1$  мс; частота среза  $f_c=1000$  Гц.

Практическое занятие № 14. Проектирование КИХ-фильтров методом частотной выборки

Задание 5.6. Какова должна быть частотная выборка из 10 точек для реализации КИХ-фильтра со следующей частотной характеристикой:

$$W(w) = \begin{cases} 1, & w \leq \pi/10 \\ 0, & w > \pi/10 \end{cases} \text{ Equation.3}$$

Практическое занятие № 15. Синтез ЦФ линейного и нелинейного прогноза.

Задание 5.7. Рассчитайте цифровой фильтр прогноза по трем отсчетам входного сигнала (текущему и двум предыдущим) на 2 такта вперед. Составьте структурную схему, найдите передаточную функцию, классифицируйте фильтр.

Практическое занятие № 16. Оптимальный синтез ЦФ в классе стационарных линейных систем с бесконечной памятью при случайных сигналах на входе.

Задание 5.8. Непосредственно измеряемый сигнал  $M(t)$  случайной природы с известной корреляционной функцией  $R_M(t)=\sigma^2 e^{-\alpha|t|}$  зашумлен аддитивно случайной помехой  $N(t)$  в виде белого шума:  $R_N(t)=N^2\delta(t)$ . Оба случайных процесса являются стационарными, гауссовскими, эргодическими и имеют нулевые средние значения. Рассчитайте в общем виде оптимальную передаточную функцию измерительного устройства по критерию минимума среднего квадрата ошибки и его цифровой аналог.

## Раздел 6. Эффекты квантования в цифровых фильтрах

Практическое занятие № 17. Расчет параметров шума квантования на выходе ЦФ.

Задание. Задан ЦФ с передаточной функцией  $W(z)=1/(1-5z^{-1}+6z^{-2})$ , на вход которого поступает сигнал с АЦП, имеющий дисперсию шума  $S_{\text{вх}}^2$  Equation.3. Определить изменение во времени дисперсии  $S^2(n)$  шума на выходе ЦФ, построить (качественно) график.

## Типовые задания на выполнение лабораторных работ

**Лабораторная работа № 1** «Моделирование процесса дискретизации аналогового сигнала и восстановления его континуальной структуры» (к разделу 1 – Дискретизация аналоговых сигналов; математическое описание дискретных и цифровых сигналов и разделу 2 – Спектральное представление цифровых сигналов).



**Цель работы** - Освоение теории и практики дискретизации аналогового сигнала и его восстановления по дискретным отсчетам.

**В содержание работы** входит теоретическое решение задач на дискретизацию аналоговых сигналов и восстановление, подготовка к машинному моделированию, разработка программ.

**В задание** на выполнение работы входит:

- а) построение спектров дискретных сигналов, полученных дискретизацией заданных аналоговых сигналов;
- б) исследование спектра дискретной синусоиды при различных соотношениях между частотой сигнала и частотой дискретизации;
- в) моделирование работы ЦАП и сглаживающего фильтра;
- г) Моделирование работы ЦАП и сглаживающего фильтра.

**Контрольные вопросы к работе:**

1. Дайте классификацию измерительных сигналов по различным признакам.
2. Каково назначение каждого блока в блок-схеме устройства цифровой обработки?
3. Принцип действия дискретизатора аналоговых сигналов.
4. Из каких условий выбирается частота дискретизации аналоговых сигналов?
5. В чем состоит сходство и различие спектров дискретного и аналогового сигналов?
6. Можно ли по спектру дискретного сигнала найти спектр исходного аналогового сигнала?
7. Основные свойства спектров аналогового и дискретного сигналов.
8. Как меняется форма спектра дискретного сигнала при изменении длительности импульса дискретизации?
9. В чем заключается эффект наложения спектров при дискретизации сигналов и к каким результатам это приводит? Приведите пример.

**Лабораторная работа № 2.** Синтез линейных БИХ-фильтров по аналоговому фильтру-прототипу и сравнение методов синтеза по точности аппроксимации АЧХ. (к разделу 5 – Проектирование цифровых фильтров).

**Цель работы** – Изучение методов проектирования цифровых фильтров (ЦФ) и анализа их частотных характеристик.

**В содержание работы** входит освоение методов синтеза цифровых фильтров и анализа характеристик; приобретение навыков машинного моделирования ЦФ.

**В задание** на выполнение работы входит:

- а) расчет дискретной передаточной функции ЦФ по аналоговому прототипу различными методами;
- б) получение частотных характеристик;
- в) сравнение точности аппроксимации по амплитудно-частотным характеристикам при одинаковых условиях (частота среза, коэффициент неравномерности характеристики в рабочей полосе);
- г) разработка программы вывода графиков АФЧХ и вычисления погрешности аппроксимации.

**Контрольные вопросы к работе:**

1. Классификация ЦФ.
2. Динамические модели и характеристики ЦФ. Как связаны между собой импульсная характеристика ЦФ и его дискретная передаточная функция?
3. Методы синтеза ЦФ.
4. Структурные схемы ЦФ. Что означает «каноническая структура» ЦФ и как она составляется?
5. Частотные характеристики ЦФ. Чем они отличаются от аналогичных характеристик непрерывных фильтров?
6. Сравнительные оценки БИХ- и КИХ-фильтров.
7. К чему приводит появление очередной дискреты на входе ЦФ для рекурсивного фильтра и нерекурсивного?
8. Как анализируется устойчивость БИХ-фильтра?
9. Как обстоит дело с определением устойчивости цифрового сумматора – аналога интегрирующего звена?

10. Почему КИХ-фильтры не анализируют на устойчивость?

### Типовые тестовые задания

1. Цифровой фильтр обрабатывает сигналы:

- а) квантованные только по уровню;
- б) квантованные только по времени;
- в) квантованные по времени и уровню,
- г) с модуляцией видов АИМ, ЧИМ, ШИМ.

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

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

3. Если дискретный сигнал  $x(n)$  содержит  $N$  отсчётов, то число различных спектральных составляющих при дискретном преобразовании Фурье равно (в общем случае):

- а)  $N$ ;      б)  $2N$ ;      в)  $N^2$ ;      г)  $N/2$ .

4. Нулевой спектральный коэффициент  $c_0$  четырехточечного ДПФ

$\{u_0, u_1, u_2, u_3\} = (1, 2, 5, 2)$  равен:

- а) 10;      б) 2,5;      в)  $3/4 - 3/4j$ ;      г)  $3/4 + 3/4j$ .

5. Спектральные коэффициенты ДПФ  $\{c_0, c_1\} = (4, -2)$  соответствуют отсчетам сигнала, равным:

- а) (6, 2),      б) (2, 6),      в) (8, -4),      г) (-2, 4).

6. Свертка импульсной характеристики  $w[n] = (4, 2, 1, 0)$  и входной последовательности  $x[n] = (1, 1, 1, 1)$  дает следующий результат  $y[n] =$ :

- а) (4, 6, 7, 7, 3, 1, 0, 0),
- б) (4, 2, 1, 0, 4, 2, 1, 0, 4, 2, 1, 0, 4, 2, 1, 0),
- в) (4, 2, 1, 0, 8, 4, 2, 0, 12, 6, 3, 0, 16, 8, 4, 0),
- г) (0, 4, 6, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7).

7. Какое из уравнений описывает нерекурсивную дискретную цепь:

- а)  $y(n) = \sum_{k=0}^m a_k x(n-k) + \sum_{k=1}^n b_k y(n-k)$ ;
- б)  $y(n) = \sum_{k=0}^m a_k x(n-k) - \sum_{k=1}^n b_k y(n-k)$ ;
- в)  $y(n) = \sum_{k=0}^m a_k x(n-k)$ .
- г)  $\sum_{k=0}^m a_k x(n-k) = \sum_{k=0}^n b_k y(n-k)$ ;

8. Для чего предназначены «временные окна» при синтезе КИХ-фильтров:

- а) формирования линейной ФЧХ;
- б) минимизации числа элементов задержки;
- в) улучшения качества аппроксимации АЧХ;
- г) улучшения динамической устойчивости.

9. Установившееся значение решетчатого переходного процесса цифрового фильтра с передаточной функцией  $F(z) = 2z/(z^2 - z + 0,5)$  Equation.3 равно:

а) =0, б) =1, в) =2, г) =4, д) =8.

10. К эффектам конечной разрядности представления чисел в ЦФ не относятся:

- а) шум АЦП;
- б) отклонение от расчётных характеристик из-за квантования коэффициентов;
- в) некоррелированный шум округления;
- г) погрешность аппроксимации желаемой функции передачи КИХ-фильтров.

## **5.2.2 ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА В ХОДЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: *экзамен*.

**Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ОПК-1; ИОПК-1.3):**

1. Измерительный сигнал и его модель; способы представления сигнала
2. Блок-схема системы цифровой обработки сигналов. Состав, назначение и работа компонентов системы. Предотвращение ошибок наложения.
3. Преимущества цифровой обработки сигналов перед аналоговой
4. Аналого-цифровые преобразователи: схемы, принцип действия
5. Дискретизация и восстановление континуальной структуры сигналов. Теорема Котельникова.
6. Расчет кванта дискретизации по уровню
7. Расчет интервала дискретизации по времени из условия восстановления сигнала в ЭВМ по его дискретным отсчетам
8. Алгоритм оцифровки аналогового сигнала
9. Алгоритм кодирования отсчётов дискретного квантованного сигнала :ИКМ- сигнал и его разновидности.
10. Простейшие дискретные последовательности
11. Что такое «спектр сигнала»? Спектр дискретного сигнала.
12. В чем сходство и различие спектров дискретного сигнала и его аналогового прототипа?
13. Дискретная автокорреляционная функция (АКФ).
14. Дискретные сигналы с наилучшей структурой АКФ. Коды Баркера.
15. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Геометрический и физический смысл ДПФ.
16. Алгоритм обратного дискретного преобразования Фурье.
17. Основные свойства ДПФ.
18. На каком принципе основан алгоритм быстрого преобразования Фурье? Вычисление коэффициентов БПФ.
19. Дискретное преобразование Лапласа;  $z$ -преобразование (прямое и обратное)
20. Основные свойства  $z$ -преобразования
21. Методы вычисления обратного  $z$ -преобразования
22. Применение  $z$ -преобразования для анализа дискретных сигналов и фильтров.
23. Дискретная свертка. Построение реакции ЦФ на произвольный цифровой входной сигнал.
24. Алгоритм линейной цифровой фильтрации.
25. Классификация цифровых фильтров. Рекурсивные и нерекурсивные ЦФ.
26. Элементы структурных схем дискретных фильтров
27. Структурные схемы ЦФ.
28. Импульсная характеристика ЦФ.

29. Дискретная передаточная (системная) функция ЦФ.
30. Частотная характеристика ЦФ.
31. Связь между передаточной функцией и импульсной характеристикой дискретной системы
32. Формы реализации ЦФ
33. Чем отличаются рекурсивные (БИХ-фильтры) и нерекурсивные (КИХ-фильтры) цифровые фильтры друг от друга? Как определяется их устойчивость?
34. Получение канонических схем рекурсивных цифровых фильтров.
35. Методы и приемы синтеза линейных цифровых фильтров.
36. Примеры синтеза цифровых фильтров прогноза будущего значения измеряемого сигнала.
37. Метод инвариантных импульсных характеристик.
38. Метод инвариантных частотных характеристик.
39. Синтез ЦФ на основе дискретизации дифференциального уравнения аналогового фильтра.
40. «Оконный» метод синтеза
41. Синтез КИХ фильтров методом частотной выборки
42. Реализация алгоритмов цифровой фильтрации.
43. Анализ устойчивости ЦФ.
44. Анализ качества ЦФ.
45. Методы построения решетчатого переходного процесса ЦФ.
46. Источники ошибок в цифровых фильтрах и их влияние на характеристики ЦФ
47. Математические модели погрешностей при квантовании чисел и сигналов ЦФ
48. Влияние квантования входного сигнала на работу ЦФ
49. Эффекты квантования результатов при арифметических операциях
50. Шумовая модель ЦФ
51. Расчет шумов квантования на выходе ЦФ при разных источниках шума и исследование влияния структурной реализации ЦФ.
52. Способы снижения влияния шума измерений на выходной сигнал.
53. Сравнительные характеристики цифровых и аналоговых фильтров.

### **Примеры заданий в контрольно-экзаменационных работах для проведения экзамена**

#### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Классификация цифровых фильтров.
2. Расчет интервала дискретизации по времени из условия восстановления сигнала в ЭВМ по его дискретным отсчетам.
3. Рассчитайте дискретную автокорреляционную функцию М-последовательности Баркера: (1, 1, -1, 1), проиллюстрируйте.
4. Спроектируйте двумя разными методами БИХ-фильтр – аналог ФНЧ Баттерворта 1-го порядка с постоянной времени 0,1 с. Частота дискретизации 100 Гц. Выведите в общем виде и постройте АФЧХ фильтра.

#### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**

1. Дискретная свертка. Построение реакции ЦФ на произвольный цифровой входной сигнал.
2. Билинейное преобразование в синтезе БИХ-фильтров.
3. Спроектируйте цифровой фильтр прогноза на 3 такта вперед по двум значениям входного сигнала: текущему и предыдущему. Определите передаточную функцию, уравнение работы; составьте функциональную схему.
4. Дискретизированный сигнал задан на интервале своей периодичности четырьмя равноотстоящими отсчетами:  $\{x\} = (0, 1, 2, 1)$ . Рассчитайте коэффициенты  $C_n$  дискретного преобразования Фурье этого импульса.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Получение частотной характеристики ЦФ.
2. Спектр дискретного сигнала (модулированной импульсной последовательности).
3. Математическая модель ЦФ:  $y_n = y_{n-1} - y_{n-2} + y_{n-3} + x_n + x_{n-1}$ . Как называются такая модель и фильтр, работающий по подобному алгоритму? Найдите передаточную функцию и реакцию на входной единичный импульс; составьте структурную схему.
4. Восстановите исходный дискретизированный сигнал по набору коэффициентов дискретного преобразования Фурье:  $\{C_n\} = (1, -1/2, 0, -1/2)$ .

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Способы реализации цифровых фильтров.
2. Свойства дискретного преобразования Фурье.
3. Известна решетчатая весовая функция ЦФ:  $w(t) = (0, 2, 3, 2, 0, -1, -1.5, -1, 0)$ . Определите переходной процесс ЦФ, изобразите графически.
4. Рассчитайте цифровой аналог ФНЧ Баттерворта 1-го порядка методом замены дифференциального уравнения уравнением в конечных разностях, постройте структурную схему.

### **5.3. ПРОЦЕДУРА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процедура оценивания формируемых в рамках дисциплины «Цифровая обработка сигналов» компетенций (элементов компетенций) состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).

2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, задания в п. 5.2.2).

Для элементов компетенции ОПК-1, формируемых в рамках дисциплины, приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.4).

Таблица 5.4 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения – «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение – «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение – «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение – «отлично»	
<b>ОПК-1</b> - Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики научных исследований для создания разнообразных методик, аппаратуры и технологий производства в приборостроении. <b>ИОПК-1.3</b> - Формулирует задачи и определяет пути их решения на основе оценки эффективности выбора с учетом специфики научных исследований в сфере обработки, передачи и измерения сигналов различной физической природы в сложных измерительных трактах.					
<b>Знать:</b> - Структуру устройства цифровой обработки сигналов и алгоритм «оцифровки» аналогового сигнала; - математические модели дискретных сигналов и дискретных цепей во временной и частотной областях; - основные методы спектрального анализа дискретных сигналов: дискретное и быстрое преобразование Фурье, z-преобразование, и их свойства; - методы синтеза КИХ- и БИХ-фильтров; - шумы квантования и методы анализа их влияния на характеристики цифровых фильтров	Отсутствие усвоения знаний знания в области цифровой обработки сигналов	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания в области цифровой обработки сигналов; в ответах допускает некритические неточности и ошибки	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания в области цифровой обработки сигналов; в ответах допускает некоторые неточности, исправляемые в ходе дискуссии	Отлично понимает и может объяснять полученные знания в области цифровой обработки сигналов, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	- Контроль активности участия в дискуссиях на лекциях при работе в интерактивном режиме; - обсуждение на практических занятиях решений индивидуальных задач - защита отчетов о выполнении лабораторных работ - выполнение тестов по отдельным темам - промежуточная аттестация
<b>Уметь:</b> - выполнять дискретизацию по времени и квантование по уровню аналогового сигнала; - проводить спектральный анализ дискретных сигналов; - формализовать модели дискретных цепей во временной и частотной области; - решать задачи синтеза КИХ- и БИХ-фильтров обработки сигналов, используемых в приборостроении.	Не демонстрирует умений в решении прикладных задач цифровой обработки сигналов	Не уверенно демонстрирует умения при решении прикладных задач цифровой обработки сигналов; допускает неточности при обосновании решений	Достаточно уверенно демонстрирует умения при решении прикладных задач цифровой обработки сигналов; допускает некоторые некритические неточности при обосновании своих решений, исправляемые в ходе дискуссии	Отлично демонстрирует умения при решении прикладных задач цифровой обработки сигналов, в т. ч. по синтезу ЦФ; квалифицированно обосновывает свои решения	- обсуждение на практических занятиях решений индивидуальных задач - защита отчетов о выполнении лабораторных работ - выполнение тестов по отдельным темам - промежуточная аттестация
<b>Владеть навыками:</b> - спектрального и временного анализа дискретных сигналов и анализа устройств цифровой обработки сигналов различными методами; - проектирования КИХ- и БИХ-фильтров и других устройств цифровой обработки сигналов.	Не демонстрирует владение навыками решения прикладных задач цифровой обработки сигналов	Не уверенно демонстрирует навыки решения прикладных задач цифровой обработки сигналов, в т. ч. по синтезу цифровых фильтров; допускает ошибки в решениях	Достаточно уверенно демонстрирует навыки решения прикладных задач цифровой обработки сигналов, но допускает некоторые неточности в решениях, исправляемые в ходе обсуждения	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки решения прикладных задач цифровой обработки сигналов, в т. ч. по синтезу цифровых фильтров	- выполнение и защита лабораторных работ - выполнение и защита практических заданий - выполнение тестов по отдельным темам г) промежуточная аттестация

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

- 6.1.1. Зельманов, С.С. Основы теории цифровой обработки сигналов [Текст]: Учебное пособие /С.С. Зельманов. - Рекомендовано Ученым советом Волго-Вятского филиала Московского технич. университета связи и информатики. - Н.Новгород: ВВФ МТУСИ, 2013. - 80 с.
- 6.1.2. Федосов, В.П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW [Текст] /В.П. Федосов, А.К. Нестеренко; Под ред. В.П. Федосова. - М.: ДМК Пресс, 2007. - 472 с.
- 6.1.3. Умняшкин С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов [Текст]: Учебное пособие /С.В. Умняшкин. - Допущено УМО. - М.: Форум, 2012. – 304с.
- 6.1.4. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов [Текст]: Учебник для вузов. 2-е изд. /А.Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2006. – 751 с.

### **6.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

- 6.2.1 Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов [Текст] /Р. Лайонс; Пер. с англ. под ред. А.А. Бритова. - 2-е изд. - М.: Бином-Пресс, 2006. - 656 с.
- 6.2.2 Лэй, Э. Цифровая обработка сигналов для инженеров и технических специалистов [Текст]: Практическое руководство /Э. Лэй; Перев. с англ. Н.С. Соголюб. - М.: Группа ИДТ, 2007. - 336 с.
- 6.2.3 Смит С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: ДМК Пресс, 2011. – 720 с. – Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/60986> (дата обращения: 29.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **6.3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ**

- 6.3.1 Ямпурин, Н.П. Теория цифровой обработки сигналов: Методические указания для практических занятий и самостоятельной работы бакалавров всех форм обучения направлений 09.03.02 «Информационные системы», 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» /Сост. Н.П.Ямпурин, В.И. Логинов. - Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2015. - 58 с.
- 6.3.2 Поздьяев В.И., Ямпурин Н.П. Цифровая обработка сигналов: элементы теории, примеры и задачи: Практикум для аудиторных занятий и самостоятельной работы. Рекомендовано заседанием кафедры «Авиационные приборы и устройства» АПИ НГТУ, протокол № 4 от 04 июня 2021 г. / размещен в СДО MOODLE по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=269>
- 6.3.3 Методические указания и задания к лабораторным работам по дисциплине «Цифровая обработка сигналов». /Составитель: Поздьяев В.И. Рекомендовано заседанием кафедры «Авиационные приборы и устройства» АПИ НГТУ, протокол № 4 от 04 июня 2021 г. / размещены в СДО MOODLE по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=269>

## **7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), ВКЛЮЧАЯ ЭЛЕКТРОННЫЕ БИБЛИОТЕЧНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

- 7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru).
- 7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com>.
- 7.1.3 Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU». Режим доступа:



<http://elibrary.ru>.

7.1.4 Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>.

7.1.5 Информационный портал «INGENERYI.INFO». Режим доступа: <https://ingeneryi.info>.

7.1.6 Единое окно доступа к образовательным ресурсам. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>.

## 7.2 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

7.2.1 Пакет прикладных программ *MatLab*

7.2.2 Пакет *Microsoft Office*

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение <b>IPR BOOKS WV-Reader</b>
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю) «Цифровая обработка сигналов»

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
<b>Кафедра АПУ (ауд. 4) –</b>	-12 компьютеров с установленным специализированным программным

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
<b>мультимедийный класс</b> для проведения практических и лабораторных занятий. <b>Арзамас, ул. Калинина, д. 19</b>	обеспечением (см. п.7.2) и офисным программным обеспечением (Microsoft Office). Подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ к ресурсам ЭБС и СДО Moodle АПИ НГТУ (см. п. 7.1). Подключены к локальной сети АПИ НГТУ для обмена данными с ПК преподавателя. -Мультимедийное оснащение (проектор, экран проектора); доска магнитно-маркерная -Посадочные места для студентов и преподавателя.
<b>316 ауд. - кабинет самоподготовки</b> студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	-26 компьютеров с установленным офисным программным обеспечением (Microsoft Office), из них 5 подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ к ресурсам ЭБС и СДО Moodle АПИ НГТУ (см. п. 7.1). Подключены к локальной сети АПИ НГТУ для обмена данными -Мультимедийное оснащение (телевизионный монитор LG)

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 10.1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины «Цифровая обработка сигналов» используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для практических и лабораторных занятий находятся в свободном доступе в системе MOODLE на странице курса «Цифровая обработка сигналов» по адресу <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=269> и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях, практических и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл.

5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2 и 5.3.

## **10.2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (см. табл. 4.1, 4.2) . Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим, лабораторным занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

## **10.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является решение конкретных задач и выполнение комплексных практических заданий, а также разбор наиболее проблемных и сложных вопросов и примеров по отдельным темам в аудиторных условиях.

Практические занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков владения методами решения прикладных задач цифровой обработки сигналов, в т. ч. синтеза цифровых фильтров;
- подведение итогов занятий (результаты тестирования, готовность отчетов по практическим занятиям, готовность домашних заданий, выполненных в ходе самостоятельной работы).

## **10.5 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной и дополнительной литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

#### **10.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Учебным планом не предусмотрено.

#### **10.7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ (ПРОЕКТА)**

Учебным планом не предусмотрено.

#### **10.8 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

[https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/metod\\_rekom\\_auditorii.PDF](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF).

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/metod\\_rekom\\_srs.PDF](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF).

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf).

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf).

## Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины

на 20\_\_\_/20\_\_\_ уч. г.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Глебов В.В.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

(ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_ Шурыгин А.Ю.

(подпись)

Согласовано:

Начальник УО \_\_\_\_\_ Мельникова О.Ю.

(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки \_\_\_\_\_ Старостина О.Н.

(подпись)