ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2FC246F6C833D54EB0E94DC866E3EC1124321638
Владелец: Глебов Владимир Владимирович
Действителен: с 07.09.2021 до 07.12.2022

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

УТВЕРЖДАЮ:
Директор АПИ НГТУ:
_____ Глебов В.В.
(подпись) *(ФИО)*
«__22_» _июня_____2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.13 Теория цифровой обработки сигналов
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: Проектирование и технология радиоэлектронных средств
(наименование профиля, программы магистратуры)

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

Год начала подготовки: 2018

Объем дисциплины: 144 / 4
(часов/з.е.)

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

Выпускающая кафедра: КиТ РЭС
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: КиТ РЭС
(аббревиатура кафедры)

Разработчик(и): Ямпурин Н.П., д.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас
2021 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного приказом Минобрнауки России от 19 сентября 2017г. № 928 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ,

протокол от 09.06.2021 г. № 4

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 15.06.2021 г. № 8

Заведующий кафедрой _____ Ямпурин Н.П.

(подпись) *(ФИО)*

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,

протокол от 22.06.2021 г. № 15

Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.

(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 11.03.03-43

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) 7
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам 7
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам 7
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) 9
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания ... 9
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины 15
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости 15
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе промежуточной аттестации 19
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 25
6.1 Основная литература 25
6.2 Дополнительная литература 25
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям 25
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 26
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ 26
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ) 26
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) 27
10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии 27
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа 27
10.3 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа 27
10.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся 28
10.5 Методические указания по обеспечению образовательного процесса 28

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Теория цифровой обработки сигналов» является изучение теоретических основ обработки, передачи и преобразования информации с применением цифровых устройств.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

К основным задачам освоения дисциплины относятся:

– изучение базовых принципов цифровой обработки сигналов;

– знакомство с математическими моделями и представлением цифровых сигналов и цепей в частотной и временной областях;

– классификация, математические модели и методы синтеза цифровых фильтров;

– методы анализа прохождения цифровых сигналов через дискретные системы и цепи;

– использование современных информационных технологий при анализе цифровых сигналов и фильтров;

– ознакомление с реализацией устройств цифровой обработки сигналов, их характеристиками и основными направлениями применения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Теория цифровой обработки 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 базируется на следующих дисциплинах: «Математика», «Информатика» «Физические основы микро- и нанотехнологии», «Микропроцессорные устройства» ,«Теория вероятностей и математическая статистика», «Цифровые устройства и элементы электронных средств», «Основы электротехники», «Схемотехника».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины «Теория цифровой обработки сигналов», необходимы при освоении дисциплины «Компьютерное проектирование и моделирование электронных средств» 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 «Теория цифровой обработки сигналов» направлен на формирование элементов профессиональных компетенций ПКС-1 и ПКС-2 в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств.

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра / магистра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов								
Введение в специальность								
Материалы электронной техники								

Специальные главы физики			■					
Физические основы микро- и наноэлектроники			■					
Основы электротехники				■				
Проектирование механических узлов электронных средств				■				
Колебательные процессы в электронных средствах				■				
Специальные разделы математики				■				
Математические основы проектирования электронных средств				■				
Математические основы автоматизации				■				
Технологическая (проектно-технологическая) практика				■				
Физико-химические основы технологии электронных средств					■			
Управление техническими системами					■			
Цифровые устройства и элементы электронных средств					■			
Управление качеством электронных средств					■			
Схемотехника						■		
Теоретические основы радиотехники						■		
Теория информации и кодирования						■		
Проектирование функциональных узлов						■		
Технологическая (проектно-технологическая) практика						■		
Основы конструирования электронных средств						■	■	
Техническая электродинамика							■	
Теория цифровой обработки сигналов							■	
Компьютерное проектирование и моделирование электронных средств								■
Преддипломная практика								■
Выполнение и защита ВКР								■
ПКС-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений								
Микропроцессорные устройства			■					
Правоведение				■				
Проектирование механических узлов электронных средств				■				
Технологическая (проектно-технологическая) практика				■				
Безопасность жизнедеятельности					■			
Компоненты электронной техники					■			
Управление техническими системами					■			
Основы финансовой грамотности					■			
Надежность электронных средств					■			
Цифровые устройства и элементы электронных средств					■			
Схемотехника						■		
Промышленные САПР						■		
Технологическая (проектно-технологическая) практика						■		
Методология синтеза конструкторско-технологических решений электронных средств						■		
Приборы и системы							■	
Теория цифровой обработки сигналов							■	
Компоненты устройств СВЧ							■	
Автоматизация технологических процессов							■	
Проектирование СВЧ устройств								■
Компьютерное проектирование и моделирование электронных средств								■
Преддипломная практика								■
Выполнение и защита ВКР								■

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Теория цифровой обработки 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		
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов	ИПКС-1.2. Строит простейшие физические и математические модели аналоговых и цифровых схем, а также использует стандартные программные средства их компьютерного моделирования	**Знать:** Структурную схему устройства дискретной (цифровой) обработки сигналов и алгоритм «оцифровки» аналогового сигнала. Основные методы спектрального анализа дискретных сигналов: дискретное и быстрое преобразование Фурье, z-преобразование и их свойства. Описание дискретных цепей в частотной и временной областях и их основные характеристики . Характеристики и формы реализации дискретных фильтров , методы синтеза КИХ- и БИХ-фильтров . Шумы квантования и методы анализа их влияния на параметры ЦФ. Области применения устройств цифровой обработки сигналов	**Уметь:** Проводить «оцифровку» аналогового сигнала, спектральный анализ дискретных сигналов , описывать дискретные цепи во временной и частотной области. Решать задачи синтеза КИХ- и БИХ-фильтров обработки сигналов, используемых в радиоэлектронных устройствах или системах характеристики.	**Владеть:** Методами спектрального анализа дискретных сигналов. Навыками проектирования КИХ- и БИХ-фильтров , устройств цифровой обработки сигналов.
ПКС-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений	ИПКС-2.1. Оценивает современный уровень развития микропроцессоров, микропроцессорных систем, программируемых логических интегральных схем на основе анализа актуальной научно-технической литературы, в том числе на иностранном языке.	**Знать:** Классификацию и архитектуру процессоров цифровой обработки сигналов и программируемых логических схем, их использование для цифровой обработки сигналов в системах реального масштаба времени. Основы цифровой схемотехники и современную элементную базу. Современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, системных и сетевых задач .Назначение, технические характеристики, конструктивные особенности, принципы работы и правила эксплуатации используемого оборудования. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники .	**Уметь:** Проводить эскизное проектирование устройств цифровой обработки сигналов на основе процессоров цифровой обработки сигналов и программируемых логических схем. Отбирать оптимальные проектные решения на всех этапах проектного процесса от технического задания до производства изделий . Согласовывать технические условия и задания на проектируемую цифровую радиоэлектронную систему . Осуществлять расчет основных показателей качества устройств цифровой обработки сигналов. .	**Владеть:** Методами проектирования электрических принципиальных схем цифровой обработки сигналов Навыками анализа, уточнения и согласования технического задания на проектируемое радиоэлектронное устройство . Навыками определения вариантов структурной схемы радиоэлектронного устройства или системы; выбора оптимального алгоритма цифровой обработки сигнала. Навыками выбора структурной схемы радиоэлектронного устройства или системы путем сопоставления различных вариантов с учетом технических и экономических требований.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. ед. или 144 часа, 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 очного обучения / заочного обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		7 семестр/ 8 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	**144/144**	**144/144**
1. Контактная работа:	**71/29**	**71/29**
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	**64/20**	**64/20**
занятия лекционного типа (Л)	32/8	32/8
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	16/12	16/12
лабораторные работы (ЛР)	16/–	16/–
1.2. Внеаудиторная, в том числе	**7/7**	**7/7**
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	1/1	1/1
текущий контроль, консультации по дисциплине	4/4	4/4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2/2	2/2
2. Самостоятельная работа (СРС)	**73/115**	**73/115**
реферат/эссе (подготовка)	–	–
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	18/18	18/18
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.)	19/61	19/61
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**		
7 семестр/7 семестр						
ПКС-1 ИПКС-1.2	**Раздел 1.Аналого-цифровое преобразование сигналов. Спектральный анализ дискретных сигналов**					
ПКС-2 ИПКС-2.1	Тема 1.1. Введение в ЦОС. Структурная схема устройства цифровой обработки сигналов и ее узлы, термины и определения. Тема 1.2. Алгоритм «оцифровки» аналогового сигнала. Тема 1.3. Описание сигналов дискретными последовательностями. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье. Особенности Быстрого Преобразования Фурье.	6/3			2/10	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2]

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		
	Тема 1.4. z-преобразование и его свойства. Дискретное косинусное преобразование					
	Практическое занятие №1. Формирование ИКМ сигнала. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье. Практическое занятие №2 Анализ дискретных сигналов на основе теории прямого и обратного z-преобразования.			3/2 3/2	2/4	Подготовка к практическим занятиям [6.3.1], [6.2.1]
	Лабораторная работа №1. Квантование сигнала с округлением. Лабораторная работа №2. Дискретизация узкополосного сигнала.		4/0 4/0			Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2] [6.3.1]
	Итого по 1 разделу	**6/3**	**8/0**	**6/4**	**4/14**	
	Раздел 2. Дискретные цепи и их характеристики					
	Тема 2.1. Обобщенная структурная схема дискретной цепи, ее уравнение и методы его решения. Тема 2.2. Применение z-преобразования к анализу дискретных цепей. Характеристики дискретных цепей Тема 2.3. Связь между z- и p-плоскостями. Устойчивость КИХ-и БИХ-фильтров.	6/3			2/13	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3]
	Практическое занятие №3. Методы анализа дискретных цепей: непосредственной подстановки и дискретной свертки Практическое занятие№4.Расчет характеристик и анализ дискретных цепей методом z-преобразования.			2/2 2/2	4/4	Подготовка к практическим занятиям [6.3.1]
	Итого по 2 разделу	**6/3**	**-**	**4/4**	**6/17**	
	Раздел 3. Цифровые фильтры и их проектирование					
	Тема 3.1. Структурные схемы цифровых фильтров. Тема 3.2 .Классификация и анализ свойств КИХ-фильтров во временной области .Методика расчета симметричных/асимметричных КИХ-фильтров. Тема 3.3. .Методики расчета КИХ-фильтров с линейной ФЧХ во временной области и с произвольной ФЧХ в частотной области. Тема 3.2. .Классификация методов расчета БИХ-фильтров. Метод расчета БИХ-фильтров методом билинейного преобразования.	6/2			2/8	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3]
	Практическое занятие№5.Проектирование симметричных/асимметричных КИХ-фильтров во временной и частотной области.			4/2	2/2	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.2], [6.2.1] [6.3.2]
	Лабораторная работа №3. Синтез рекурсивных цифровых фильтров. Лабораторная работа №4. Быстрое преобразование Фурье с использованием весовых функций.		4/0 4/0			
	Итого по 3 разделу	**6/2**	**8/0**	**4/2**	**4/10**	
	Раздел 4. Эффекты конечной разрядности и их учёт при проектировании ЦФ					
	Тема 4.2 Представление и кодирование чисел, эффекты квантования и округления. Шум квантования и шумовая модель. Модели ЦФ с учётом эффекта квантования. Тема 4.2.Влияние шумов квантования на	6/2			2/10	

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		
	характеристики цифровых фильтров(динамический диапазон, чувствительность и тд)					
	Практическое занятие №6.Расчет параметров шума квантования на выходе цифрового фильтра			2/2	2/2	
	Итого по 4 разделу	**6/2**		**2/2**	**4/12**	
	Раздел 5.Реализация устройств цифровой обработки сигналов и их применение					
	Тема 5.1. Классификация методов реализации устройств цифровой обработки сигналов. Архитектура ПЛИС, процессоров ЦОС и их применение для реализации устройств ЦОС. Тема 5.2 .Применение процессоров ЦОС для обработки сигналов в системах реального масштаба времени.	**4/0**			**1/8**	
	Итого по 5 разделу	**4/0**			**1/8**	
	ИТОГО за семестр	**32/8**	**16/–**	**16/12**	**19/61**	
	ИТОГО по дисциплине	**32/8**	**16/–**	**16/12**	**19/61**	

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	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 текущего контроля успеваемости по дисциплине «Теоретические основы радиотехники» проводятся преподавателем дисциплины.

Для оценки текущего контроля **знаний** используются тесты, сформированные в системе MOODLE.

Тесты по разделам 1-5 содержат по 10 тестовых вопросов, время на проведение тестирования раздела 10 минут. На каждый тест дается 2 попытки.

Для оценки текущего контроля **умений** и **навыков** проводятся практические занятия в форме выполнения заданий. При выполнении практического задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Самостоятельная работа включает выполнение самостоятельных заданий в форме

индивидуальных заданий расчетно-графической работы.

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

Студент допускается к промежуточной аттестации (экзамену), если в результате изучения разделов дисциплины в ходе текущего контроля ответил верно на 60% вопросов тестов и предоставил отчеты по всем практическим работам.

Билет для промежуточной аттестации содержит 2 теоретических вопроса и практическое задание, время на подготовку ответов и решение задания - 45 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
			1 балл	0 баллов	
ПКС-1 Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов	ИПКС-1.2 Строит простейшие физические и математические модели аналоговых и цифровых схем, устройств и установок электроники различного функционального назначения, а также использует стандартные программные средства их компьютерного моделирования	**Знать:** Структурную схему устройства дискретной (цифровой) обработки сигналов и алгоритм «оцифровки» аналогового сигнала. Основные методы спектрального анализа дискретных сигналов: дискретное и быстрое преобразование Фурье, z-преобразование и их свойства. Описание дискретных цепей в частотной и временной областях и их основные характеристики. Характеристики и формы реализации дискретных фильтров, методы синтеза КИХ- и БИХ-фильтров. Шумы квантования и методы анализа их влияния на параметры ЦФ. Области применения устройств цифровой обработки сигналов	Верно выполнено 60 процентов и более вопросов каждого теста*	Верно выполнено менее 60 процентов вопросов каждого теста	а) Контроль посещения лекций б) Контроль участия в дискуссиях на лекциях в) Проверка конспектов лекций г) Тестирование
		Уметь: Проводить «оцифровку» аналогового сигнала, спектральный анализ дискретных сигналов , описывать дискретные цепи во временной и частотной области. Решать задачи синтеза КИХ- и БИХ-фильтров обработки сигналов, используемых в радиоэлектронных устройствах или системах характеристики.	Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Практические задания не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения и защиты лабораторных работ и практических заданий: ЛР№1,2, ПЗ №1-6.
		Владеть: Методами спектрального анализа дискретных сигналов. Навыками проектирования КИХ- и БИХ-фильтров , устройств цифровой обработки сигналов.	Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Практические задания не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения и защиты лабораторных работ и практических заданий: ЛР№3,4.
ПКС-2 . Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с	ИПКС-2.1 Оценивает современный уровень развития микропроцессоров, микропроцессорных систем, программируемых логических интегральных схем на основе анализа	**Знать:** Классификацию и архитектуру процессоров цифровой обработки сигналов и программируемых логических схем, их использование для цифровой обработки сигналов в системах реального масштаба времени. Основы цифровой схемотехники и современную элементную базу. Современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, системных и сетевых задач .Назначение, технические характеристики, конструктивные особенности, принципы работы и правила эксплуатации	Верно выполнено 60 процентов и более вопросов каждого теста*	Верно выполнено менее 60 процентов вопросов каждого теста	а) Контроль посещения лекций б) Контроль участия в дискуссиях на лекциях в) Проверка конспектов лекций г) Тестирование д) Контроль выполнения самостоятельной работы (РГР)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			1 балл	0 баллов	
использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений	актуальной научно-технической литературы, в том числе на иностранном языке	используемого оборудования. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники .			
		Уметь: Проводить эскизное проектирование устройств цифровой обработки сигналов на основе процессоров цифровой обработки сигналов и программируемых логических схем. Отбирать оптимальные проектные решения на всех этапах проектного процесса от технического задания до производства изделий. Согласовывать технические условия и задания на проектируемую цифровую радиоэлектронную систему . Осуществлять расчет основных показателей качества устройств цифровой обработки сигналов..	Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Практические задания не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения и защиты лабораторных работ и практических заданий: ЛР№3,4, ПЗ №3-5. Контроль выполнения самостоятельной работы (РГР)
		Владеть: Методами проектирования электрических принципиальных схем цифровой обработки сигналов Навыками анализа, уточнения и согласования технического задания на проектируемое радиоэлектронное устройство . Навыками определения вариантов структурной схемы радиоэлектронного устройства или системы; выбора оптимального алгоритма цифровой обработки сигнала. Навыками выбора структурной схемы радиоэлектронного устройства или системы путем сопоставления различных вариантов с учетом технических и экономических требований.	Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Практические задания не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения и защиты лабораторных работ и практических заданий: ЛР№3, ПЗ №4,5. Контроль выполнения самостоятельной работы (РГР)

**) за каждый тест назначается по 1 баллу;*

***) за каждое практическое занятие назначается по 1 баллу.*

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			2 балла	1 балл	0 баллов	
ПКС-1 Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов	ИПКС-1.2 Строит простейшие физические и математические модели аналоговых и цифровых схем, устройств и установок электроники различного функционального назначения, а также использует стандартные программные средства их компьютерного моделирования	**Знать:** Структурную схему устройства дискретной (цифровой) обработки сигналов и алгоритм «оцифровки» аналогового сигнала. Основные методы спектрального анализа дискретных сигналов: дискретное и быстрое преобразование Фурье, z-преобразование и их свойства. Описание дискретных цепей в частотной и временной областях и их основные характеристики. Характеристики и формы реализации дискретных фильтров, методы синтеза КИХ- и БИХ-фильтров. Шумы квантования и методы анализа их влияния на параметры ЦФ. Области применения устройств цифровой обработки сигналов	Представлен развернутый ответ на вопрос	Представлен не полный ответ на вопрос	Ответ на вопрос отсутствует	Ответ на теоретический вопрос билета
			Представлен развернутый ответ на вопрос	Представлен не полный ответ на вопрос	Ответ на вопрос отсутствует	Ответ на дополнительные вопросы
		Уметь: Проводить «оцифровку» аналогового сигнала, спектральный анализ дискретных сигналов , описывать дискретные цепи во временной и частотной области. Решать задачи синтеза КИХ- и БИХ-фильтров обработки сигналов, используемых в радиоэлектронных устройствах или системах характеристики.	Задание решено верно	Задание решено с ошибками	Задание не решено	Решение задач билета
ПКС-2 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного	ИПКС-2.1 Оценивает современный уровень развития микропроцессоров, микропроцессорных систем, программируемых логических интегральных схем на основе анализа актуальной научно-технической литературы, в том	**Знать:** Классификацию и архитектуру процессоров цифровой обработки сигналов и программируемых логических схем, их использование для цифровой обработки сигналов в системах реального масштаба времени. Основы цифровой схемотехники и современную элементную базу. Современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, системных и сетевых задач .Назначение, технические характеристики, конструктивные особенности, принципы работы и правила эксплуатации используемого оборудования. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники .	Представлен развернутый ответ на вопрос	Представлен не полный ответ на вопрос	Ответ на вопрос отсутствует	Ответ на теоретический вопрос билета
			Представлен развернутый ответ на вопрос	Представлен не полный ответ на вопрос	Ответ на вопрос отсутствует	Ответ на дополнительные вопросы

проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений	числе на иностранном языке	**Уметь:** Проводить эскизное проектирование устройств цифровой обработки сигналов на основе процессоров цифровой обработки сигналов и программируемых логических схем. Отбирать оптимальные проектные решения на всех этапах проектного процесса от технического задания до производства изделий. Согласовывать технические условия и задания на проектируемую цифровую радиоэлектронную систему . Осуществлять расчет основных показателей качества устройств цифровой обработки сигналов..	Задание решено верно	Задание решено с ошибками	Задание не решено	Решение задач билета

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию

Баллы за текущую успеваемость*	Баллы за промежуточную аттестацию		Оценка
	Суммарное количество баллов**	Баллы за решение задач**	
0 баллов	0…2 баллов	0 баллов	«неудовлетворительно»
13 баллов	3 балла	не менее 1 балла	«удовлетворительно»
13 баллов	4…5 баллов	не менее 2 баллов	«хорошо»
13 баллов	6 баллов	не менее 2 баллов	«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 лабораторных работ (выполнение заданий , ответы на контрольные вопросы) с оформлением отчетов ;
- выполнение практических заданий (решение задач, ответы на контрольные вопросы) с выполнением контрольных работ по тематике практических занятияй;
- тестирование по всем разделам дисциплины.

Типовые контрольные вопросы для лабораторных работ

Раздел 1. Аналого-цифровое преобразование сигналов. Спектральный анализ дискретных сигналов

Лабораторная работа №1. Квантование сигнала с округлением

1. От каких параметров АЦП зависит погрешность квантования сигнала по уровню?
2. При каком условии квантованный и не квантованный по уровню сигналы можно считать адекватными?
3. Укажите способы уменьшения искажений сигнала при квантовании по уровню.
4. Можно ли повысить отношение сигнал-шум, не увеличивая разрядности АЦП?
5. Для чего применяют квантующие устройства с переменным шагом, какой должна быть характеристика такого устройства?
6. Как изменяется спектр сигнала при цифроаналоговом преобразовании?

Лабораторная работа №2. Дискретизация сигналов

1. Как преобразуется непрерывный сигнал при вводе в цифровую систему?
2. Что такое дискретный сигнал, дискретная последовательность, цифровой сигнал, идеальная и естественная дискретизация?
3. В чем сходство и различие спектров дискретного и аналогового сигналов?
4. Можно ли по спектру дискретного сигнала найти спектр исходного аналогового сигнала?
5. Как по спектру аналогового сигнала определить его спектр после дискретизации ?
6. В чем заключается эффект наложения спектров при дискретизации сигналов и к каким результатам он приводит?
7. Из каких условий выбирается частота дискретизации аналоговых сигналов?
8. Как по спектру сигнала с идеальной дискретизацией получить спектр сигнала, отсчеты которого – прямоугольные импульсы с амплитудами, равными величине сигнала в момент отсчета, и с длительностью, равной временному интервалу дискретизации?

Раздел 3. Проектирование цифровых фильтров

Лабораторная работа №3. Синтез рекурсивных цифровых фильтров

1. По какому алгоритму обрабатывается сигнал рекурсивным цифровым фильтром?

2. Что такое импульсная характеристика, какие цифровые фильтры называют фильтрами БИХ и КИХ типа?

3. Какова связь передаточной функции и частотной и импульсной характеристик?

4. На какое количество отсчетов выходного сигнала влияет один отсчет входного сигнала рекурсивного и нерекурсивного фильтра?

5. Приведите пример неустойчивого рекурсивного фильтра.

Лабораторная работа №4. Быстрое преобразование Фурье с использованием весовых функций

1. Объясните причину появления боковых лепестков спектра однотонального гармонического сигнала ограниченной длительности.

2. Как изменится спектр прямоугольного импульса при сглаживании фронтов импульса?

3. Что является причиной растекания спектра?

4. Какой полезный эффект дает использование весовой функции?

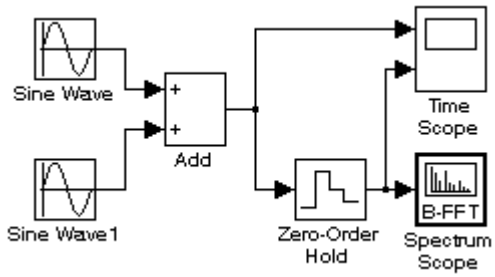
5. Как изменится спектр сигнала, если увеличить длительность сигнала, дополнив рядом нулевых отсчетов?

Типовые задания для лабораторных работ

Раздел 1. Аналого-цифровое преобразование сигналов. Спектральный анализ дискретных сигналов

Лабораторная работа №1. Дискретизация сигнала

1. Запустите программное обеспечение MatLab и среду моделирования Simulink.
2. Соберите схему согласно рисунка



и установите следующие начальные значения параметров элементов.

- Блок Spectrum Scope: размер буфера - 256, перекрытие буфера – 0, длина БПФ – 256, шкала оси Y-дБ и частотный диапазон 0 – F_s (в меню Axis properties).
- Блок Zero-Order Hold: частота дискретизации F_s=20000 Гц.
- Блок Sine Wave: сигнал синусоидальный, амплитуда 1.
- Блок Sine Wave 1: сигнал синусоидальный, амплитуда 0.

3. Исследуйте влияние дискретизации на спектр гармонического сигнала, изменяя частоту сигнала с блока Sine Wave в диапазоне 0…1,5 F_s . Представьте в отчете примеры спектров сигналов с частотами в диапазонах $f < 0{,}5F_s$; $0{,}5\ F_s < f < F_s$; $f > F_s$. По результатам исследования постройте график зависимости частоты сигнала после дискретизации от исходной частоты непрерывного сигнала.

4. Исследуйте влияние эффекта наложения на спектр двухтонального гармонического сигнала. Для этого установите в блоке Sine Wave частоту сигнала $f < 0{,}5F_s$, а в блоке Sine Wave 1 – частоту ($F_s - f$) и амплитуду 0,9. Установите масштаб шкалы оси Y блока Spectrum Scope – Magnitude Squared. Постройте график зависимости амплитуды дискретного сигнала от начальной фазы сигнала с блока Sine Wave 1. Приведите в отчете примеры спектров дискретного сигнала и осциллограмм аналогового и дискретного сигналов при разных начальных фазах интерферирующих гармоник.

Типовые тестовые задания для текущего контроля

Тесты для текущего контроля знаний обучающихся сформированы в системе MOODLE и находятся в свободном доступе на странице курса «Теория цифровой обработки сигналов» по адресу: https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=43.

Раздел 1. Аналого-цифровое преобразование сигналов. Спектральный анализ дискретных сигналов

1.1. Какая из форм представления дискретных последовательностей не является частотной:

а) дискретное преобразование Фурье;

б) Z преобразование;

в) дискретный гармонический сигнал:

S(n) = cos (ωб.n), где ωб – безразмерная частота

ANSWER: в)

1.2. Быстрое преобразование Фурье (БПФ) позволяет:

а) быстро вычислять коэффициенты ДПФ;

б) быстро извлекать отсчёты из памяти ЭВМ;

в) повышать быстродействие ЭВМ.

ANSWER: а)

Раздел 2. Дискретные цепи и их характеристики

2.1. Главное преимущество цифровых фильтров заключается в том, что они:

а) более дешевые,

б) легче проектируются,

в) программируемые,

г) обеспечивают крутой спад в переходной полосе.

ANSWER: в)

2.2. Цифровой фильтр, в котором для формирования выходного значения используется выборка из текущего и предыдущих значений входного сигнала, называется:

а) рекурсивным,

б) трансверсальным,

в) прогнозирующим,

ANSWER: а)

Раздел 3. Проектирование цифровых фильтров

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

а) формирования линейной ФЧХ;

б) минимизации числа элементов задержки;

в) улучшения качества аппроксимации АЧХ. .

ANSWER: в)

3.2 В основе метода билинейного преобразования лежит общем случае:

а) специальное преобразование переменной z на комплексную переменную p;

б) трансформация АЧХ цифрового фильтра;

в) специальное преобразование комплексной переменной p на переменную z, в результате которого передаточная функция аналоговой цепи переходит в системную функцию цифрового фильтра

ANSWER: в)

Раздел 4. Эффекты конечной разрядности и их учёт при проектировании ЦФ

4.1. В чем различие между процессорами с фиксированной запятой (ФЗ) и плавающей запятой (ПЗ)?

а) приборы с ПЗ работают в меньшем диапазоне чисел, чем приборы с ФЗ,

б) приборы с ФЗ работают в меньшем диапазоне чисел, чем приборы с ПЗ,

в) приборы с ФЗ более точны, чем приборы с ПЗ,

г) приборы с ПЗ применяются в аналогово-цифровом преобразовании.

ANSWER: б)

4.2. Почему легче улучшать свойства системы цифровой обработки сигналов, чем ее аналогового двойника?

а) их легче переконструировать,

б) производители часто разрабатывают новые процессоры,

в) они более стабильны,

г) они программируемы.

ANSWER: г)

Раздел 5. Реализация устройств цифровой обработки сигналов и их применение

5.1. Какие специальные обработки сигналов реализуются только цифровыми методами:

а) режекторные фильтры с полным подавлением на одной частоте
б) компрессия без потери качества,
в) фильтры с линейной фазой,
г) узкополосные фильтры.
ANSWER: а),б),в).

5.2. Почему цифровая обработка сигналов требует специальных процессоров-ПЦОС?
а) оно необходимо для выполнения как аналоговых, так и цифровых функций,
б) микропроцессоры общего назначения не могут выполнять операции умножения, сложения и накопления (A=B*C+D) достаточно быстро,
в) микропроцессоры общего назначения могут складывать, но не могут умножать,
г) цифровое суммирование должно использовать специальные методы.
ANSWER: б)

Типовые задания для практических занятий

Раздел 1. Аналого-цифровое преобразование сигналов. Спектральный анализ дискретных сигналов

Практическое занятие №1. Формирование ИКМ сигнала. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье

Задание. Сформируйте ИКМ-сигнал для значений аналогового сигнала $И_к$, заданного в таблице, если ΔU=1мВ, а частота f=(0,3÷3,4)кГц

k	1	2	3	4	5	6	7
$И_к$,мВ	18,3	20,8	25,3	28,1	30,6	17,4	17,9

Задание. Определите спектр последовательности S(n) = {2,0,1,1}. Постройте графики S(n), АЧХ и ФЧХ его спектра. Найдите по спектру отсчёты, используя ОДПФ.

Практическое занятие №2. Анализ дискретных сигналов на основе теории прямого и обратного z-преобразования

Задание. Определите дискретный сигнал x (n) по известному X(z) = $z^{-1}/(1-z^{-1}+z^{-2})$.

Задание. Найти *z* – преобразование *S*(z) сигнала $S(t) = \exp(p_1 t) = \exp\left[\delta_1 + j\overline{\omega_1}\right] t$ $(t \geq 0)$, дискретизированного с шагом *T*. Определить полюсы *S*(z) -в трёх частных случаях: а) $p_1 = 0$; б) ($p_1 = \delta_1 < 0$; $\overline{\omega_1} = 0$); в) $p_1 = j\overline{\omega_1}, \delta_1 = 0$, где $\overline{\omega_1}$ – безразмерная частота.

Практическое занятие №3. Методы анализа дискретных цепей: непосредственной подстановки и дискретной свертки

Задание. Методом непосредственной подстановки найти y(n) и построить его график для входного сигнала $x(n) = \delta_1 - \delta_1(n-1) + \delta_1(n-2)$ и фильтра, заданного разностным уравнением $y(n) = y(n-3) + \frac{1}{2}[x(n) + x(n-1) + x(n-2)]$. Начальные условия – нулевые. Построить структурную схему фильтра.

Задание. По заданному входному сигналу x(n)={ 1 , 0 , 2 } и известной импульсной характеристике g(n)={1 , 2 , 1 } определите методом дискретной свёртки выходной сигнал y(n). Правильность результата проверьте с помощью 3-го свойства *z* – преобразования.

Практическое занятие №4. Расчет характеристик и анализ дискретных цепей методом z-преобразования

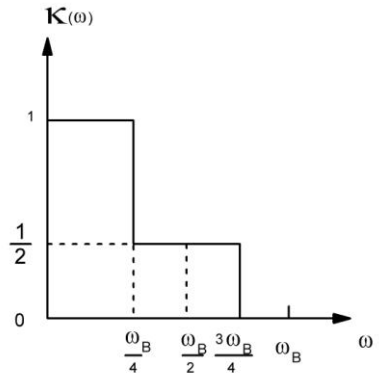
Задание. С помощью метода z-преобразования найти передаточную характеристику фильтра, заданного разностным уравнением $y(n) = \frac{1}{2}y(n-3) + \frac{1}{2}x(n)$ при входном воздействии $x(n) = \delta_1(n-1)$. Используя обратное z-преобразование , найти y(n) и определить его значение при n≤2. Построить структурную схему.

Задание. Методом непосредственной подстановки найти y(n) и построить его график для входного сигнала $x(n) = 1(n) - 1(n-4)$ и фильтра, заданного импульсной характеристикой $g(n) = 1(n) - 1(n-7)$. Начальные условия – нулевые. Построить структурную схему фильтра.

Раздел 3. Проектирование цифровых фильтров

Практическое занятие№5. Проектирование симметричных/асимметричных КИХ-фильтров во временной и частотной областях .

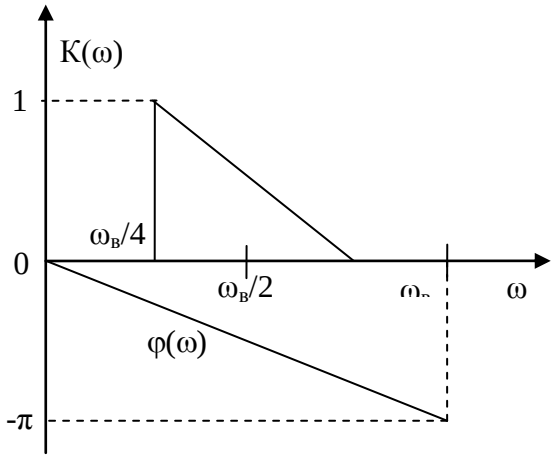
Задание. Синтезируйте во временной области КИХ-фильтр с линейной фазой по заданной АЧХ, постройте схему фильтра. Приведите формулы для расчетов АЧХ и ФЧХ, проведите расчеты в точках взятия частотных выборок.



.

.

Задание. Синтезируйте КИХ-фильтр, используя метод частотной выборки ,по заданным АЧХ и ФЧХ; постройте схему фильтра. Приведите формулы для расчетов АЧХ и ФЧХ, проведите расчеты в точках взятия частотных выборок.



Раздел 4. Эффекты конечной разрядности и их учёт при проектировании ЦФ

Практическое занятие№6. Расчет параметров шума квантования на выходе цифрового фильтра

Задание .Пусть есть ЦФ, описываемый уравнением $y(n) = x(n) + by(n-1)$, где $(|b| < 1)$. Найти дисперсию шума квантования на выходе ЦФ, если дисперсия шума квантования на выходе обусловлена шумами АЦП.

Задание. Пусть есть ЦФ с $H(z)=1/(1-5z^{-1}+6z^{-2})$, на вход которого поступает сигнал с АЦП с дисперсией шума $\sigma^2_{вх}$. Найти дисперсию $\sigma^2(n)$ шума на выходе, т.е. её изменение во времени.

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе промежуточной аттестации

Защита расчетно-графической работы

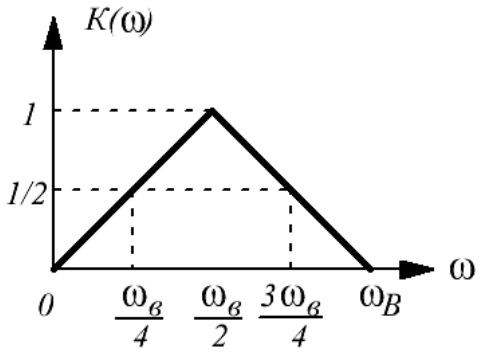
Результаты защиты расчетно-графической работы (РГР) выставляются по системе зачет/незачет.

РГР по дисциплине «Теория цифровой обработки сигналов» представляет собой совокупность графических (схемы, графики) и текстовых (пояснительная записка) документов.

Тема РГР – «Проектирование КИХ-фильтра». Исходным документом для выполнения РГР является задание, пример которого приведен ниже

1.Синтезируйте во временной области КИХ – фильтр с линейной фазой по заданной АЧХ:

- задайте частоту дискретизации, определите тип фильтра (симметричный /асимметричный) и вид АЧХ;
- задайте число отводов N и запишите уравнение ФЧХ;
- сформируйте массив комплексных частотных отсчётов K(jkΩ_1);
- используя ОДПФ, найдите a_n и запишите разностное уравнение;
- постройте схему фильтра;
- приведите формулы для расчётов АЧХ и ФЧХ, нарисуйте их графики и сделайте выводы о соответствии заданию.



2.Найдите дисперсию шума квантования на выходе полученного в п.1 КИХ – фильтра, обусловленную конечной разрядностью АЦП, учитывать только ошибки округления при шаге квантования Δ_0. Для этого:

- постройте шумовую модель фильтра;
- выведите формулу для расчета выходной дисперсии.

Перечень вопросов к защите расчетно-графической работы:

1. Какие основные этапы проектирования выделяются при разработке ЦФ?
2. Понятие о синтезе и классификация методов синтеза КИХ- фильтров.
3. Синтез КИХ фильтров по временным характеристикам в общем виде.
4. Этапы синтеза КИХ фильтров с ЛФЧХ по временным характеристикам .
5. Этапы синтеза КИХ фильтров методом частотной выборки.
6. Этапы синтеза БИХ фильтров по временным характеристикам.
7. Метод билинейного преобразования и область его использования.
8. Область использования метода «временного окна».
9. Классификация методов синтеза БИХ- фильтров.
10. Когда выгодно пользоваться при синтезе КИХ-фильтров методом частотной выборки?
11. Чем выгодны симметричные/асимметричные КИХ-фильтры при их реализации ?
12. Почему КИХ-фильтры называют симметричными/асимметричными ?
13. Почему при синтезе ЦФ не берут частоту дискретизации много больше наибольшей частоты в спектре сигнала?
14. Какова связь коэффициентов и порядка КИХ-фильтра с его импульсной характеристикой?
15. Какие требования предъявляются к весовым функциям при синтезе фильтра?
16. От каких параметров АЦП зависит погрешность квантования сигнала по уровню?
17. Как рассчитать теоретически дисперсию ошибки квантования?
18. При каком условии квантованный и не квантованный по уровню сигналы можно считать адекватными?
19. Укажите способы уменьшения искажений сигнала при квантовании по уровню.
20. Можно ли повысить отношение сигнал-шум, не увеличивая разрядности АЦП?
21. Поясните источники ошибок в цифровых фильтрах и их влияние на характеристики ЦФ
22. Математические модели погрешностей при квантовании чисел и сигналов Ц
23. Эффекты квантования результатов при арифметических операциях
24. Шумовая модель ЦФ при арифметических операциях.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Преимущества цифровой обработки сигналов перед аналоговой
2. Структурная схема устройства ЦОС
3. Алгоритм оцифровки аналогового сигнала

4. Алгоритм кодирования отсчётов дискретного квантованного сигнала :ИКМ- сигнал и его разновидности.
5. Простейшие дискретные последовательности
6. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье
7. Основные свойства ДПФ
8. Быстрое преобразование Фурье
9. Прямое и обратное дискретное преобразование Лапласа, его недостатки.
10. Прямое и обратное z-преобразование
11. Основные свойства z-преобразования
12. Методы вычисления обратного z-преобразования
13. Дискретное косинусное преобразование и его применение в ЦОС
14. Дискретные системы (цепи) и их характеристики
15. Элементы структурных схем дискретных фильтров
16. Нерекурсивный ЦФ и его структурная схема
17. Рекурсивный ЦФ и его структурная схема
18. Общее уравнение дискретных систем и методы его решения
19. Системная функция и частотный коэффициент передачи дискретной системы
20. Связь между передаточной функцией и импульсной характеристикой дискретной системы
21. Связь между z- и p -плоскостями.
22. Условия устойчивости и физической реализуемости ЦФ
23. Формы реализации ЦФ
24. Каноническая форма РЦФ
25. Понятие о синтезе и классификация методов синтеза цифровых фильтров
26. Синтез КИХ фильтров по временным характеристикам в общем виде
27. Синтез КИХ фильтров по временным характеристикам с ЛФЧХ
28. Синтез КИХ фильтров методом частотной выборки
29. Синтез БИХ фильтров по временным характеристикам
30. Метод билинейного преобразования
31. Метод «временного окна»
32. Методы реализации алгоритмов ЦОС
33. Источники ошибок в цифровых фильтрах и их влияние на характеристики ЦФ
34. Математические модели погрешностей при квантовании чисел и сигналов ЦФ
35. Влияние квантования входного сигнала на выходной сигнал ЦФ
36. Эффекты квантования результатов при арифметических операциях
37. Шумовая модель ЦФ для прямой формы реализации
38. Классификация методов реализации ЦФ, критерии качества реализации.
39. Оценка быстродействия КИХ-фильтров при реализации на дискретной элементной базе
40. Реализация КИХ-фильтров на ПЛИС
41. Особенности архитектуры процессоров цифровой обработки сигналов
42. Области использования современных ПЦОС: кодирование речи
43. Области использования современных ПЦОС: полосовые вокодеры
44. Области использования современных ПЦОС: кодирование изображений
45. Области использования современных ПЦОС: кодирование изображений преобразованием
46. Сжатие видеоизображений при ДКП
47. Сжатие видеоизображений в стандартах серии H
48. Стандарты для сжатия изображений

Перечень заданий для подготовки к экзамену

Задача 1. Сформируйте ИКМ-сигнал для значений аналогового сигнала $И_к$, заданного в таблице, если ΔU=0,5мВ, а частота f=(0,03÷16)кГц

k	1	2	3	4	5	6
$И_к$,мВ	20,3	19,1	17,4	31	24,7	48,1

Задача 2. Определите спектр последовательности S(n) = {0,1,1,1,0}. Постройте графики S(n), АЧХ и ФЧХ его спектра. Найдите по спектру отсчёты, используя ОДПФ.

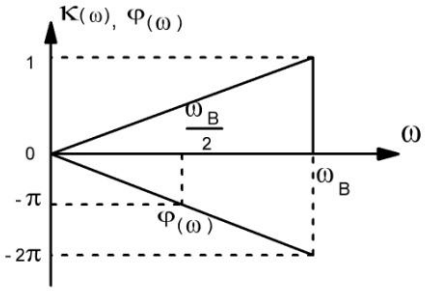
Задача 3. Определите дискретный сигнал x (n) по $X(z) = z^{-1}/(1-z^{-1}+z^{-2})$.

Задача 4. Методом непосредственной подстановки найти y(n) и построить его график для входногсигнала $x(n) = \delta_1(n)$ и фильтра, заданного разностным уравнением $y(n) = y(n-3) + [x(n) + x(n-1)]/2$.Начальные условия – нулевые. Построить структурную схему фильтра

.

Задача 5. С помощью метода z-преобразования найти передаточную характеристику фильтра, заданного разностным уравнением $y(n) = 2y(n-2) + y(n-3) + \frac{1}{2}x(n-1)$ при входном воздействии $x(n) = \delta_1(n)$. Используя обратное z-преобразование , найти y(n) и определить его значение при n≥1. Построить структурную схему фильтра.

Задача 6. Синтезируйте КИХ-фильтр используя метод частотной выборки по заданным АЧХ и ФЧХ; постройте схему фильтра.



Задача 7 Определите дисперсию шума квантования на выходе ЦФ, обусловленную конечной разрядностью цифровых умножителей, если разностное уравнение ЦФ имеет вид: y(n)=3x(n)-x(n-1)+2x(n-2). Учесть ошибки усечения при шаге квантования $\Delta_{цу}$.

Итоговый тест для проведения промежуточной аттестации

Итоговый тест для проведения промежуточной аттестации обучающихся сформирован в системе MOODLE и находятся в свободном доступе на странице курса «Теория цифровой обработки сигналов» по адресу: https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=43.

Регламент проведения промежуточной аттестации в форме тестирования в MOODLE

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых студенту	Время на тестирование, мин.
60	30	30

5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине

Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине «Теория цифровой обработки сигналов» 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 ПКС-1,2 формируемых в рамках дисциплины, приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.4).

Таблицы 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»	
ПКС-1 Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов **ИПКС-1.2** Строит простейшие физические и математические модели аналоговых и цифровых схем, устройств и установок электроники различного функционального назначения, а также использует стандартные программные средства их компьютерного моделирования					
Знать: Структурную схему устройства дискретной (цифровой) обработки сигналов и алгоритм «оцифровки» аналогового сигнала. Основные методы спектрального анализа дискретных сигналов: дискретное и быстрое преобразование Фурье, z-преобразование и их свойства. Описание дискретных цепей в частотной и временной областях и их основные характеристики. Характеристики и формы реализации дискретных фильтров, методы синтеза КИХ- и БИХ-фильтров. Шумы квантования и методы анализа их влияния на параметры ЦФ. Области применения устройств цифровой обработки сигналов	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: Проводить «оцифровку» аналогового сигнала, спектральный анализ дискретных сигналов , описывать дискретные цепи во временной и частотной области. Решать задачи синтеза КИХ- и БИХ-фильтров обработки сигналов, используемых в радиоэлектронных устройствах или системах характеристики.	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение и защита лабораторных работ. Выполнение и защита практических заданий. Выполнение и защита индивидуальных заданий расчетно-графической работы Промежуточная аттестация
Владеть: Методами спектрального анализа дискретных сигналов. Навыками проектирования КИХ- и БИХ-фильтров , устройств цифровой обработки сигналов.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение и защита лабораторных работ. Выполнение и защита практических заданий. Выполнение и защита индивидуальных заданий расчетно-графической работы

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»	
ПКС-2 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений **ИПКС-2.1** Оценивает современный уровень развития микропроцессоров, микропроцессорных систем, программируемых логических интегральных схем на основе анализа актуальной научно-технической литературы, в том числе на иностранном языке.					
Знать: Классификацию и архитектуру процессоров цифровой обработки сигналов и программируемых логических схем, их использование для цифровой обработки сигналов в системах реального масштаба времени. Основы цифровой схемотехники и современную элементную базу. Современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, системных и сетевых задач .Назначение, технические характеристики, конструктивные особенности, принципы работы и правила эксплуатации используемого оборудования. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники.	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: Проводить эскизное проектирование устройств цифровой обработки сигналов на основе процессоров цифровой обработки сигналов и программируемых логических схем. Отбирать оптимальные проектные решения на всех этапах проектного процесса от технического задания до производства изделий. Согласовывать технические условия и задания на проектируемую цифровую радиоэлектронную систему . Осуществлять расчет основных показателей качества устройств цифровой обработки сигналов..	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение и защита лабораторных работ. Выполнение и защита практических заданий. Выполнение и защита индивидуальных заданий расчетно-графической работы Промежуточная а аттестация
Владеть: Методами проектирования электрических принципиальных схем цифровой обработки сигналов Навыками анализа, уточнения и согласования технического задания на проектируемое радиоэлектронное устройство. Навыками определения вариантов структурной схемы радиоэлектронного устройства или системы; выбора оптимального алгоритма цифровой обработки сигнала. Навыками выбора структурной схемы радиоэлектронного устройства или системы путем сопоставления различных вариантов с учетом технических и экономических требований.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение и защита лабораторных работ. Выполнение и защита практических заданий. Выполнение и защита индивидуальных заданий расчетно-графической работы

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

6.1.1. Зельманов С.С. Основы теории цифровой обработки сигналов: учебное пособие для вузов рекомендовано ученым советом ВВФ МТУСИ / С.С. Зельманов; ВВФ МТУСИ – Н.Новгород, 2013. - 80с.

6.1.2. Федосов В.П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В.П. Федосов, А.К. Нестеренко. – М.: ДМК – Пресс, 2007.– 472с.

6.1.3. Умняшкин С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов: учебное пособие/ Умняшкин С.В. – Электрон. текстовые данные. – М.: Техносфера, 2012. – 368 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: практическое руководство /Э. Лэй; Перев. с англ. Н.С. Соголюб. – М.: Группа ИДТ, 2007. – 336 с.

6.2.3 Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов / В.И. Гадзиковский. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2017. – 766 с. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – Режим доступа: https://www.iprbookshop.ru/90342.html.

6.2.4.Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учебник для вузов / А.Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2006. – 751с.

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 направлении 09.03.02 « Информационные системы» , 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» / Сост. Н.П.Ямпурин ,Логинов В.И.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород , 2015. – 58 с.

6.3.2 Логинов В.И., Преображенский А.В., Ямпурин Н.П. Моделирование процессов цифровой обработки сигналов в пакете MATLAB/Simulink: Учебно-методическое пособие для студентов очной и заочной формы обучения, обучающихся по специальности 162107 – Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования и направлению 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств.- Н.Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО ВГУВТ, 2015. – 65с. размещено в локальной сети Арзамасского политехнического института (филиала) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

6.3.3 Поздяев В.И., Ямпурин Н.П. Цифровая обработка сигналов: элементы теории, примеры и задачи: Практикум для аудиторных занятий и самостоятельной работы. Рекомендовано заседанием кафедры «Конструирование и технология РЭС» АПИ НГТУ, протокол № 6 от 25 мая 2021 г. / размещен 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.

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.

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

7.2.1 MATLab Simulink R2011b

7.2.2 MS Office: Excel

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 **IPR BOOKS WV-Reader**
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

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
317 - Компьютерный класс г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Персональный компьютер (Intel Core i3-4130/8 Gb RAM/NVIDIA GeForce GT 730/HDD 1000) с подключением к интернету (11 шт.); Персональный компьютер Экран - (1 шт.); 4. Доска маркерная (1 шт.); 5. Стол компьют. с нишей (11 шт.); 6. Стол для препод. (1 шт.); 7. Стул (23) Посадочных мест - 22.
316 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 26 шт; ПК, с выходом на телевизор LG - 1 шт. ПК с подключением к интернету -5шт.

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, 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 занятий находятся в свободном доступе в СДО MOODLE на странице курса 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 и практических 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.

Инициируется 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 с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2.

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 . 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 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 занятиях семинарского типа

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Практические (семинарские) занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков в рамках материалу дисциплины.

Приводятся конкретные методические указания для обучающихся по выполнению работ, требования к их оформлению, порядок сдачи.

10.4 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 учебной и справочно-библиографической 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.

10.5 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.

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.

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.

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.

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)