

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

Институт радиоэлектроники и информационных технологий (ИРИТ)

(полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Мякинников А.В.  
подпись ФИО

“ 10 ” \_\_\_\_\_ июня 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.26      Схемотехника аналоговых электронных устройств**

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки специалистов

Направление подготовки: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность: «Радиолокационные системы и комплексы»

Форма обучения: очная

Год начала подготовки      2021

Выпускающая кафедра      ИРС

Кафедра-разработчик      ИРС

Объем дисциплины      252/7  
   часов/з.е

Промежуточная аттестация      экзамен

Разработчик: Когтева Л.В., к.т.н., доцент

Нижний Новгород, 2021 год

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 09 февраля 2018 года № 94 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ

протокол от 10.06.2021 г. № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры разработчика протокол от 03 июня 2021 г. № 9-1

Зав. кафедрой д.т.н, профессор, Рындык А.Г. \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИРИТ, Протокол от 10 июня 2021 г. № 1.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ \_\_\_\_\_ регистрационный № 11.05.01-р-20  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом НТБ \_\_\_\_\_ Н.И. Кабанина  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Цель и задачи освоения дисциплины .....	4
2.	Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	4
3.	Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	4
4.	Структура и содержание дисциплины .....	7
5.	Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины .....	14
6.	Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	17
7.	Информационное обеспечение дисциплины .....	18
8.	Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ .....	18
9.	Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	19
10.	Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины .....	20
11.	Оценочные средства для контроля освоения дисциплины ,,.,,.....	26
	Лист актуализации рабочей программы дисциплины .....	29

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1 Целью освоения дисциплины является освоение теоретических знаний и методов исследования, расчета и проектирования аналоговых устройств различного назначения.

1.2 Задачи освоения дисциплины:

- получить теоретические знания об основах схемотехники, технических характеристиках, элементной базе, методах анализа различных аналоговых электронных устройств;
- научиться осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования аналоговых электронных узлов;
- приобрести навыки решения задач проектирования электронных узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств» включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Основы теории цепей», «Электроника», «Радиоматериалы и радиокомпоненты», «Радиотехнические цепи и сигналы» в объеме программы специалитета.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств» являются «Основы теории цепей», «Электроника».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении дисциплин «Основы техники радиоприема», «Радиопередающие устройства» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины направлен на:

- формирование общепрофессиональных компетенций (ОПК) ОПК-4, ОПК-5 в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»:

ОПК-4: способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных;

ОПК-5: способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий.

В таблице 1 приведен перечень дисциплин, участвующих в процессе формирования этих компетенций.

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами.										
<b>Код компетенции ОПК-4</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
Метрология и радиоизмерения											
Проектно-технологическая (технологическая) практика											
Выполнение и защита ВКР											
<b>Код компетенции ОПК-5</b>											
Инженерная и компьютерная графика											
Ознакомительная практика											
Основы конструирования РЭС											
Выполнение и защита ВКР											

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 2.

## ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
<b>ОПК-4</b> Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.	ИОПК-4.1. Использует основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации.	<b>Знать:</b> основы схемотехники и элементную базу, основные технические характеристики, методы проведения экспериментальных исследований и методы обработки результатов для различных аналоговых электронных устройств.	<b>Уметь:</b> осуществлять хранение, обработку и анализ информации о характеристиках и схемной реализации аналоговых электронных устройств различного назначения, проводить по результатам исследований сравнительный анализ возможных способов их проектирования.	<b>Владеть:</b> методами и средствами проведения экспериментальных исследований усилительных и других аналоговых электронных устройств.	Выполнение лабораторных работ, курсового проекта	Вопросы для устного собеседования.
ОПК-5 Способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий.	ИОПК-5.2. Использует основные методы проектирования, исследования и эксплуатации специальных радиотехнических систем.	<b>Знать:</b> современную элементную и узловую базу радиоэлектронной техники; закономерности и основные направления развития электронных устройств.	<b>Уметь:</b> производить расчет и моделирование электрических узлов аналоговых устройств; применять современные программно-технические средства по представлению технических решений, разработке проектной и технической документации.	<b>Владеть:</b> методами и средствами инженерного проектирования различных аналоговых электронных устройств; типовыми программными средствами моделирования и подготовки технической документации на разрабатываемое аналоговое устройство.	Выполнение лабораторных работ Выполнение курсового проекта	Вопросы для устного собеседования.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач. ед. 252 часов, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3.1 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		5 сем	6 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	с использованием элементов электронного обучения		
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>252</b>	<b>108</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>94</b>	<b>53</b>	<b>41</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>85</b>	<b>51</b>	<b>34</b>
занятия лекционного типа (Л)	51	34	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)			
лабораторные работы (ЛР)	34	17	17
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	3		3
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2		2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>131</b>	<b>55</b>	<b>76</b>
реферат/эссе (подготовка)			
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	36		36
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.)	87	47	40
<b>Подготовка к зачету</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	
<b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>	<b>27</b>		<b>27</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 4.1 - Содержание дисциплины, структурированное по темам для очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
5 семестр									
ОПК-4: ИОПК-4.1; ОПК-5: ИОПК-5.2	Раздел 1. Общие сведения об аналоговых электронных устройствах					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6,1.2], [6.1.3]			
	Тема 1.1 Принцип электронного усиления.	2							
	Тема 1. 2 . Основные технические характеристики аналоговых электронных устройств.	4							
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				8				
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 1 разделу	6			8				
ОПК-4: ИОПК-4.1; ОПК-5: ИОПК-5.2	Раздел 2. Обратная связь в усилителях					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6,1.2], [6.1.3], [6.2.1]			
	Тема 2.1. Виды обратных связей.	2							
	Тема 2.2. Влияние обратной связи на основные технические характеристики аналоговых устройств.	2							
	Лабораторная работа №1. Обратная связь в усилителях		8			Подготовка к лабораторным	Групповая дискуссия; разбор конкретных практических		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						работам [6.3.1]	ситуаций (метод кейсов); «мозговой штурм».		
	Самостоятельная работа по Освоению2 раздела:				10				
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 2 разделу	4	8		10				
ОПК-4: ИОПК-4.1; ОПК-5: ИОПК-5.2	Раздел 3. Цепи смещения и стабилизации усилительных элементов					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]			
	Тема 3.1. Режимы работы усилительных элементов	4							
	Тема 3.2. Схемы смещения и стабилизации	4							
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				10				
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 3 разделу	8			10				
ОПК-4: ИОПК-4.1; ОПК-5: ИОПК-5.2	Раздел 4. Каскады предварительного усиления напряжения.					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.2], [6.2.3]			
	Тема 4.1. Многокаскадные усилители. Резисторные каскады предварительного усиления на биполярных транзисторах.	4							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 4.2. Предварительные усилители на полевых транзисторах.	4							
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				9				
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 4 разделу	8			9				
ОПК-4: ИОПК-4.1; ОПК-5: ИОПК-5.2	Раздел 5. Оконечные каскады усиления мощности					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2], [6.2.3]			
	Тема 5.1. Однотактные усилители мощности.	2							
	Тема 5.2. Двухтактные каскады усиления мощности.	2							
	Тема 5.3 Оконечные каскады усиления мощности с повышенным КПД	4							
	Лабораторная работа № 2. Двухтактный каскад усиления мощности		9			Подготовка к лабораторным работам [6.3.2]	Групповая дискуссия; разбор конкретных практических ситуаций (метод кейсов); «мозговой штурм».		
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				10				
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Итого по 5 разделу	8	9		10				
	Подготовка к зачету				8				
	6 семестр								
ОПК-4: ИОПК-4.1; ОПК-5: ИОПК-5.2	Раздел 6. Широкополосные усилители					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.2], [6.2.3]			
	Тема 6.1. Истоковый повторитель	1							
	Тема 6.2. Эмиттерный повторитель.	2							
	Лабораторная работа № 3 Эмиттерный и истоковый повторители		9			Подготовка к лабораторным работам [6.3.3]	Групповая дискуссия; разбор конкретных практических ситуаций (метод кейсов); «мозговой шторм».		
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				12				
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 6 разделу	3	9		12				
	ОПК-4: ИОПК-4.1; ОПК-5: ИОПК-5.2	Раздел 7. Интегральные усилители					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.2], [6.2.3]		
Тема 7.1. Основы схемотехники аналоговых интегральных усилителей (ИУ).		4							
Тема 7.2. Интегральные операционные усилители (ОУ).		2							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Лабораторная работа № 4. Интегральные операционные усилители и основные схемы их включения		8			Подготовка к лабораторным работам [6.3.4]	Групповая дискуссия; разбор конкретных практических ситуаций (метод кейсов); «мозговой шторм».		
	Самостоятельная работа по освоению 7 раздела:				14				
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 7 разделу	6	8		14				
ОПК-4: ИОПК-4.1; ОПК-5: ИОПК-5.2	Раздел 8. Активные RC – фильтры.					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.2]			
	Тема 8.1. Общие сведения об активных фильтрах, их классификация.	2							
	Тема 8.2. Базовые звенья активных фильтров.	6							
	Самостоятельная работа по освоению 8 раздела:				14				
	реферат, эссе (тема)								
	расчётно-графическая работа (РГР)								
	контрольная работа								
	Итого по 8 разделу	8			11				
	Курсовой проект (КП)				36				
	Подготовка к экзамену				27				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР 5	34	17		55				
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР 6	17	17		103				
	ИТОГО по дисциплине	51	34		158				

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: собеседование по теоретическим вопросам перед выполнением лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам, выполнение курсового проекта.

### 5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

- 1) Вопросы для подготовки к контрольным мероприятиям (текущий контроль) приведены в методических рекомендациях к лабораторным работам.
- 2) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в формах зачета и экзамена, предоставляется в электронном виде.

### 5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться балльно-рейтинговая система контроля и оценки текущей успеваемости студентов, таблица 5.

Таблица 5 - Балльно-рейтинговая система контроля и оценки текущей успеваемости студентов

Шкала оценивания	Экзамен/ Зачет с оценкой	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачтено
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачтено

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», либо «зачтено», «незачтено».

Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
<b>ОПК-4</b> Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.	ИОПК-4.1. Использует основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации.	Не умеет осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации о характеристиках и схемной реализации аналоговых электронных устройствах различного назначения, не умеет проводить сравнительный анализ возможных способов их проектирования.	Умеет осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации о характеристиках и схемной реализации аналоговых электронных устройствах различного назначения, допускает грубые ошибки при проведении сравнительного анализа возможных способов их проектирования.	Умеет осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации о характеристиках и схемной реализации аналоговых электронных устройствах различного назначения, не уверенно умеет проводить сравнительный анализ возможных способов их проектирования.	Умеет осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации о характеристиках и схемной реализации аналоговых электронных устройствах различного назначения, умеет проводить сравнительный анализ возможных способов их проектирования.
<b>ОПК-5</b> Способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных	ИОПК-5.2. Использует основные методы проектирования, исследования и эксплуатации специальных радиотехнических систем.	Не владеет способами схемотехнического проектирования усилительных и других аналоговых электронных устройств; не владеет способами формирования цепей обратной связи и регулировки с целью получения заданных технических характеристик.	Допускает грубые ошибки при проектировании усилительных и других аналоговых электронных устройств; владеет некоторыми способами формирования цепей обратной связи, не владеет способами формирования цепей регулировки с целью получения заданных технических характеристик.	Владеет способами схемотехнического проектирования усилительных и других аналоговых электронных устройств; владеет некоторыми способами формирования цепей обратной связи и регулировки с целью получения заданных технических характеристик.	Уверенно владеет способами схемотехнического проектирования усилительных и других аналоговых электронных устройств; владеет способами формирования цепей обратной связи и регулировки с целью получения заданных технических характеристик.

технологий.					
-------------	--	--	--	--	--

Таблица 7 - Шкала оценивания для курсового проекта

Оценка	Знаниевая компонента	Деятельностная компонента
Неудовлетворительно	Не знает особенности работы и схемной реализации разрабатываемого аналогового устройства. Не знает способы обеспечения заданных технических характеристик. Не знает методы анализа и расчета аналоговых электронных устройств, современную элементную базу, современные требования стандартов.	Техническое задание по проектированию аналоговых электронных схем не выполнено. Не проведено исследование способов проектирования и не выбрано наиболее экономичное решение с применением современной элементной базы. Не проведен полный электрический расчет основных характеристик аналоговых устройств. Проектно-техническая документация на проектируемое устройство не представлена.
Удовлетворительно	Знает особенности работы и схемной реализации разрабатываемого аналогового устройства. Знает некоторые способы обеспечения заданных технических характеристик. Слабо знает методы анализа и расчета аналоговых электронных устройств, современную элементную базу, современные требования стандартов.	Техническое задание по проектированию аналоговых электронных схем выполнено. Не проведено исследование способов проектирования с целью выбора оптимального решения. Проведен электрический расчет основных характеристик аналоговых устройств с некоторыми ошибками. Вся проектно-техническая документация оформлена с нарушениями требований Государственных стандартов. Слабо владеет навыками аргументированного и технически грамотного изложения результатов проектирования.
Хорошо	Знает особенности работы и схемной реализации разрабатываемого аналогового устройства. Знает способы обеспечения заданных технических характеристик. Знает основные методы анализа и расчета аналоговых электронных устройств, не в полном объеме знает современную элементную базу, современные требования стандартов.	Техническое задание по проектированию аналоговых электронных схем полностью выполнено. Проведено исследование способов проектирования и выбрано оптимальное решение с применением современной элементной базы. Проведен полный электрический расчет основных характеристик аналоговых устройств. Вся проектно-техническая документация оформлена в соответствии с требованиями Государственных стандартов с незначительными ошибками. На хорошем уровне владеет навыками технически грамотного изложения результатов проектирования.
Отлично	Знает особенности работы и схемной реализации разрабатываемого аналогового устройства. Знает способы обеспечения заданных технических характеристик. Знает методы анализа и расчета аналоговых электронных устройств, современную элементную базу, современные требования стандартов.	Техническое задание по проектированию аналоговых электронных схем полностью выполнено. Проведено исследование способов проектирования и выбрано наиболее экономичное решение с применением современной элементной базы. Проведен полный электрический расчет основных характеристик аналоговых устройств. Вся проектно-техническая документация оформлена в соответствии с требованиями Государственных стандартов. Владеет навыками аргументированного и технически грамотного изложения результатов проектирования.

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

### **6.1 Учебная литература**

- 6.1.1. Павлов В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В.Н.Павлов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.
- 6.1.2. Лаврентьев Б.Ф. Схемотехника электронных средств: Учеб. пособие / Б.Ф. Лаврентьев. – М.: Академия, 2010. – 336 с.
- 6.1.3. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника. Полный курс: Учебник / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; Под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005.- 768 с.

### **6.2. Справочно-библиографическая литература.**

- 6.2.1. Травин Г.А. Схемотехника и расчет бестрансформаторных усилителей с обратными связями: учебное пособие / Г.А.Травин, Д.С.Травин – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 152 с.  
Режим доступа: <https://reader.lanbook.com/book/206834#1>
- 6.2.2. Дуркин В.В. Схемотехника аналоговых электронных устройств. Базовые схемы основных функциональных устройств: учебное пособие / В.В. Дуркин, С.В. Тырыкин, М.А.Степанов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – 127 с.  
Режим доступа: <https://reader.lanbook.com/book/118049#1>
- 6.2.3. Антонов А.Ю. Схемотехника аналоговых электронных устройств: учебно-методическое пособие / А.Ю. Антонов, В.В. Афанасьев, М.П. Данилаев, И.И.Нуреев, Ю.Е.Польский, А.И.Усанов, А.А.Ценцевичский. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2018. – 56 с.  
Режим доступа: <https://reader.lanbook.com/book/193444#1>

### **6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

- 6.3.1. Обратная связь в усилителях. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Схемотехника аналоговых электронных устройств» / НГТУ; Л.В. Когтева, Нижний Новгород, 2021. - 25 с. (электронная версия)
- 6.3.2. Двухтактный каскад усиления мощности. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Схемотехника аналоговых электронных устройств» / НГТУ; Л.В. Когтева, Нижний Новгород, 2021. - 22 с. (электронная версия)
- 6.3.3. Эмиттерный и истоковый повторители. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Схемотехника аналоговых электронных устройств» / НГТУ; Л.В. Когтева Нижний Новгород, 2021.- 21 с. (электронная версия).
- 6.3.4 Интегральные операционные усилители и основные схемы их включения. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Схемотехника аналоговых электронных устройств» / НГТУ; Л.В. Когтева, Нижний Новгород, 2021. - 23 с. (электронная версия).

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа:  
<http://elibrary.ru/defaultx.asp>

### 7.2. Перечень информационных справочных систем

Таблица 8 - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts</a>
2	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
3	Информационно-справочная система «Техксперт»	доступ из локальной сети

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

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 - 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
--	---

	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

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

В таблице 11 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 НГТУ.

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	1	2	3
1.	<b>1324</b> учебная аудитория для проведения лекционных, практических занятий, самостоятельной работы, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.	10 рабочих мест для студентов, оборудованных: <ul style="list-style-type: none"> <li>• PC Intel Core i3 3 GHz/4 Gb RAM/HDD 250Gb/DVD-ROM;</li> <li>• ЖК монитор 19".</li> <li>• пакеты ПО общего назначения: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Slackware Linux 13.37</li> <li>– Microsoft Windows XP SP3;</li> <li>– Microsoft Office 2007 Professional Plus;</li> <li>– 7-zip;</li> <li>– Adobe Reader 9;</li> <li>– Dr.Web;</li> <li>– XnView;</li> </ul> </li> </ul> рабочее место преподавателя, оборудованное: <ul style="list-style-type: none"> <li>• PC Intel Pentium IV 3 GHz/1 Gb RAM/HDD 250Gb/DVD-ROM;</li> <li>• ЖК монитор 19".</li> <li>• пакеты ПО общего</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор от 21.10.14);</li> <li>• Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 64231296);</li> <li>• Dr.Web (с/н B241-3JB7-6EP7-BQB4 от 18.05.2020);</li> <li>• Консультант Плюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018).</li> </ul>

		назначения: – Slackware Linux 14 – Microsoft Windows XP SP3; – Microsoft Office 2007 Professional Plus; – 7-zip; – Adobe Reader 9; – Dr.Web. Проектор Benq.	
2.	<b>1326</b> специализированная учебная лаборатория (класс) для выполнения лабораторных работ; г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• макеты лабораторные работы;</li> <li>• осциллограф С1-68;</li> <li>• генератор сигналов низкочастотный ГЗ-102;</li> <li>• генератор сигналов высокочастотный ГЗ-109;</li> <li>• источник питания лабораторный;</li> <li>• милливольтметр ВЗ-41;</li> <li>• измеритель нелинейных искажений С6-1.</li> </ul>	

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 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: аудиторная, внеаудиторная, а также проводится в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением балльно-рейтинговой технологии оценивании. Итоги текущей успеваемости учитываются при проведении промежуточной аттестации.

### 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 (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

### **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 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 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.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

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

### **10.5. Методические указания для выполнения курсового проекта**

Целью курсового проектирования является закрепление теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины «Схемотехника аналоговых электронных устройств», приобретение практических навыков самостоятельного схемотехнического проектирования различных аналоговых узлов, приобретение опыта электрического расчета узлов с применением дискретной элементной базы и элементов, выполненных по интегральной технологии.

Курсовой проект выполняется по индивидуальному техническому заданию (ТЗ). В задании указаны основные технические характеристики разрабатываемого устройства, которые должны быть обязательно реализованы. Другие необходимые параметры и характеристики задаются стандартными и выбираются согласно ГОСТ на проектируемое устройство. Детальный электрический расчет производится для всех каскадов разрабатываемого устройства.

#### **Примерная тематика курсовых работ**

**1. Рассчитать активный RC-фильтр Баттерворта со следующими техническими характеристиками.**

- 1) Нижняя граничная частота 0 Гц.
- 2) Частота среза  $f_c = 3400$  Гц.
- 3) Неравномерность в полосе пропускания 3 дБ.
- 4) Коэффициент передачи в полосе пропускания 30.

**2. Рассчитать активный фильтр низких частот Чебышева со следующими техническими характеристиками.**

- 1) Частота среза  $f_c = 3$  кГц.
- 2) Неравномерность в полосе пропускания 0,5 дБ.
- 3) Ослабление на частоте 6 кГц не менее 30 дБ.
- 4) Коэффициент передачи в полосе пропускания равен 15.

**3. Рассчитать активный узкополосный полосовой фильтр со следующими техническими характеристиками.**

- 1) Резонансная частота  $f_0 = 3$  кГц.
- 2) Полоса пропускания 40 Гц.
- 3) Коэффициент передачи на резонансной частоте  $K_{рез} = 30$ .
- 4) Неравномерность в полосе пропускания 0,5 дБ.
- 5) Амплитуда выходного напряжения 4 В.
- 6) Сопротивление нагрузки 200 Ом.

**4. Рассчитать узкополосный активный режекторный фильтр на операционных усилителях со следующими техническими характеристиками.**

- 1) Центральная частота полосы заграждения  $f_0 = 100$  Гц.
- 2) Ширина полосы заграждения 20 Гц.
- 3) Коэффициент передачи в диапазоне пропускаемых частот  $K = 50$ .
- 4) Неравномерность в полосе пропускания 0,5 дБ.
- 5) Амплитуда выходного напряжения 5 В.
- 6) Сопротивление нагрузки 1 кОм.

**5. Рассчитать инвертирующий сумматор на операционных усилителях с развязанными входами.**

- 1) Входы сумматора подключаются к следующим источникам сигналов
  - к микрофону с напряжением 10 мВ;
  - к выходу предварительного усилителя с напряжением 100 мВ;
  - к выходу магнитофона с напряжением 300 мВ.
- 2) Сопротивление нагрузки 1 кОм.
- 3) Выходное напряжение сумматора 1 В от любого из входных сигналов в отдельности.

**6. Рассчитать усилитель для измерителя нелинейных искажений со следующими техническими характеристиками.**

- 1) Коэффициент усиления  $K = 100$ .
- 2) Полоса рабочих частот 50 Гц – 150 кГц.
- 3) Коэффициент частотных искажений  $M < 0,5$  дБ.
- 4) Коэффициент гармоник  $k_r < 4$  %.
- 5) Неравномерность в полосе пропускания 0,5 дБ.
- 6) Эффективное значение выходного напряжения 3 В.

**7. Рассчитать предварительный усилитель звуковых частот со следующими техническими характеристиками.**

- 1) Полоса рабочих частот 70 Гц – 12 кГц.
- 2) Входное сопротивление не менее 200 кОм.
- 3) Сопротивление нагрузки 1 кОм.
- 4) Эффективное значение входного напряжения 0,2 В.
- 5) Эффективное значение выходного напряжения 1 В.
- 6) Глубина регулировки тембра на низких и высоких частотах  $\pm 12$  дБ.

**8. Рассчитать оконечный усилитель звуковых частот с бестрансформаторным выходом со следующими техническими характеристиками.**

- 1) Полоса рабочих частот 200 Гц – 6 кГц.
- 2) Выходная мощность 4,5 Вт.
- 3) Входное сопротивление не менее 1,5 кОм.
- 4) Коэффициент гармоник  $k_T < 4 \%$ .
- 5) Коэффициент частотных искажений  $M < 2,5$  дБ.

В зависимости от варианта изменяются диапазон частот и параметры рассчитываемых устройств.

**Порядок выполнения курсовой работы.**

Для успешного прохождения курсового проектирования по дисциплине «Схемотехника аналоговых электронных устройств» студентам необходимо выполнять задания, необходимые расчеты и показывать результаты своей работы преподавателю в строгом соответствии с графиком выполнения курсового проекта, приведенном в таблице 12.

Таблица 12 - Календарный график выполнения курсовой работы

№ п/п	Наименование раздела выполнения	Трудоемкость, %	Срок вып. (нед.)
1.	Получение задания на курсовое проектирование.	1	1
2.	Подбор литературы и нормативной документации.	4	2
3.	Выбор и обоснование принципиальной схемы устройства	5	3
4.	Электрический расчет каскадов или звеньев устройства	40	7
5.	Выбор элементной базы	15	9
6.	Расчет амплитудно-частотной или переходной характеристики каскадов или звеньев; расчет чувствительностей.	10	12
7.	Оформление пояснительной записки	15	14
8.	Выполнение чертежа электрической схемы и перечня элементов	5	15
9.	Защита курсового проекта	5	16

**1. Получение задания на курсовое проектирование.** Задания на курсовое проектирование составлены по многовариантной системе в соответствии с требованиями ГОСТ. Индивидуальное техническое задание на курсовое проектирование выдается в течение первой учебной недели семестра.

**2. Подбор литературы и нормативной документации** включает проработку учебной, учебно-методической и нормативной документации, необходимой для курсового проектирования.

**3. Выбор и обоснование принципиальной схемы устройства.** При проектировании усилительного устройства обоснование схемы начинают с оконечного каскада, обязательно определив режим работы транзистора и выбрав нагрузку устройства. При выборе схемы оконечного каскада руководствуются необходимой амплитудой и мощностью выходного колебания, типом источника питания и требуемой полосой частот. При выборе схемы предварительного (входного) каскада необходимо обеспечить необходимое входное сопротивление, а в усилителях слабых сигналов еще и минимальный уровень шума. В последнем случае во входном каскаде нецелесообразно применять регуляторы и обратные связи.

При проектировании активных фильтров сначала определяют его порядок, число и типы звеньев, добротность отдельных колебательных звеньев. Затем выбирают и обосновывают его принципиальную схему. В зависимости от нагрузки фильтра решают вопрос о необходимости увеличения выходной мощности микросхемы за счет добавления окончательного усилительного каскада.

**4. Электрический расчет каскадов или звеньев устройства.** Расчет каждого каскада усиления или звена активного фильтра оформляется в виде отдельного подраздела. В начале каждого подраздела необходимо привести исходные данные для расчета и электрическую схему каскада (звена). Расчет должен сопровождаться выбором типов транзисторов и диодов, а также стандартных значений сопротивлений и емкостей.

**5. Выбор элементной базы.** Номинальные значения сопротивлений и емкостей принципиальной схемы после их расчета выбираются в соответствии со стандартными значениями. Некоторые номиналы имеются в каждом стандартном ряду, но различаются допусками. Чем меньше допуски, тем выше стоимость элементов. Поэтому ряды повышенной точности E48 (допуск  $\pm 2\%$ ) и E24 (допуск  $\pm 5\%$ ) без особой необходимости использовать не следует. Ряд E3 применим только для конденсаторов.

**6. Расчет амплитудно-частотной или переходной характеристики каскадов или звеньев; расчет чувствительностей.** Один из рассчитанных усилительных каскадов по указанию преподавателя может быть промоделирован на персональном компьютере с помощью одной из программ схемотехнического моделирования. При проектировании активных фильтров расчет амплитудно-частотной характеристики каждого звена и всего фильтра в целом является обязательным. Расчет чувствительностей производится для всех звеньев активных фильтров.

**7. Оформление пояснительной записки** производится в соответствии с требованиями, предъявляемыми к пояснительным запискам.

**8. Выполнение чертежа электрической схемы и перечня элементов.** Чертеж принципиальной электрической схемы выполняется по стандартам единой системы конструкторской документации (ЕСКД) на листах формата A3 (420 × 297) или A2 (594 × 420).

Условные графические обозначения элементов на схеме должны быть стандартными. Нумерация однотипных элементов на схеме производится слева направо. На чертеже указывается мощность резисторов, типы транзисторов, типы микросхем и номера их выводов, номинальные значения резисторов и конденсаторов, округленные до стандартных значений.

На электрической схеме рекомендуется указывать номинальное входное напряжение устройства, постоянные напряжения в одной или двух точках схемы. Около обозначения потенциометра можно наносить надписи, поясняющие его назначение, например, «Громкость», «Тембр», «Усиление», «Балансировка» и т.п.

Все элементы электрической схемы заносятся в перечень элементов, который размещают на листе чертежа над основной надписью и заполняют сверху вниз. Допускается перечень элементов оформлять в виде отдельного документа, выполненного на листах формата A4.

Обозначения элементов, подлежащих индивидуальному подбору при наладке устройства, на схеме и в перечне элементов отмечаются звездочкой, например, R1\*. В этом случае на поле схемы делают сноску: «R1\* подбирается при регулировке», а пределы изменения величины указывают в графе «Примечание» перечня элементов.

**9. Защита курсового проекта.** Курсовой проект, представляемый к защите, должен содержать принципиальную электрическую схему разработанного устройства, перечень элементов принципиальной схемы, пояснительную записку, выполненную в соответствии с требованиями ЕСКД.

Студентам необходимо подготовиться к защите курсового проекта, повторив теоретический материал по теме курсового проекта, методики расчетов, проанализировав полученные результаты. Для защиты курсового проекта готовится выступление на 4-5 минут, в котором освещаются задачи, поставленные на курсовое проектирование, способы решения задач, достигнутые результаты. При этом можно придерживаться следующего плана.

По итогам защиты курсового проекта выставляется оценка.

### **Требования к пояснительной записке и графическим материалам.**

Выполненный курсовой проект оформляется в виде пояснительной записки и графической части, оформленных в соответствии с ГОСТ. Объем пояснительной записки должен составлять 25-30 страниц формата А4.

#### **Содержание пояснительной записки**

Пояснительная записка должна содержать следующее :

- 1) Титульный лист.**
- 2) Содержание (оглавление).**
- 3) Техническое задание на курсовое проектирование.**
- 4) Введение.**

Во введении излагаются задачи и особенности проектирования разрабатываемого устройства, пути реализации технического задания.

- 5) Выбор и обоснование принципиальной схемы устройства.**
- 6) Электрический расчет каскадов или звеньев устройства.**
- 7) Расчет и построение амплитудно-частотной или переходной характеристики усилительных каскадов или звеньев активных фильтров.**
- 8) Расчет сдвигов нуля операционных усилителей. Расчет чувствительностей.**
- 9) Заключение.**

В заключении (объемом не более двух страниц) дают краткий анализ результатов проектирования, указывают степень выполнения требований технического задания; причины, которые не позволили выполнить требования технического задания; приводят соображения о возможных путях усовершенствования разработанного устройства.

#### **10) Список литературы.**

#### **11) Приложения.**

В приложения выносят материалы, дополняющие текст пояснительной записки. В них можно поместить графический материал, большие таблицы, теоретические исследования, результаты эксперимента, описание алгоритмов и программ, справочные материалы и т.п. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, они должны иметь заголовки. На все приложения в тексте пояснительной записки должны быть ссылки.

**Графические материалы курсового проекта** должны содержать следующее.

1. Схема принципиальная электрическая проектируемого устройства (один или несколько листов формата А3 или А2).
2. Перечень элементов к электрической принципиальной схеме проектируемого устройства.

Графические материалы являются самостоятельной частью проекта и не подшиваются в пояснительную записку.

На принципиальной схеме детально отображаются все рассчитанные каскады. Источники питания изображаются на схеме в виде функциональных элементов в соответствии с принятыми ГОСТ обозначениями. Для источников питания указываются номиналы снимаемых напряжений в цепи потребителя.

Оформленная пояснительная записка и графические материалы сдаются преподавателю на проверку, после чего назначается дата защиты проекта

#### **4. Порядок защиты курсового проекта.**

Курсовой проект принимается к защите при условии выполнения студентом всех пунктов проектного задания, оформления пояснительной записки и графических работ в соответствии с вышеуказанными требованиями.

Защита проводится в виде выступления студента. По итогам защиты выставляется оценка за курсовой проект.

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

выполнение лабораторных работ;

сдача этапов выполнения курсового проектирования.

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

### **11.1. Типовые задания для лабораторных работ**

Типовые задания для лабораторных работ и контрольные вопросы для проверки теоретических знаний приведены в учебно-методических пособиях по проведению лабораторных работ.

### **11.2. Типовые контрольные вопросы для оценки знаний, умений, навыков в ходе промежуточной аттестации по дисциплине в формах зачета и экзамена**

#### **Контрольные вопросы для сдачи зачета, 5 семестр**

1. Общие сведения об аналоговых электронных устройствах. Принцип электронного усиления.
2. Основные технические показатели усилителей: коэффициенты передачи (по напряжению, по току, по мощности, сквозные); входное и выходное сопротивления, коэффициент гармоник.
3. Основные технические показатели усилителей: АЧХ, ФЧХ, коэффициент частотных искажений, время запаздывания, амплитудная характеристика, динамический диапазон.
4. Основные технические показатели усилителей: КПД, собственные шумы и помехи, коэффициент шума.
5. Многокаскадные усилители: назначение и функции отдельных каскадов, режимы работы и схемная реализация каскадов, определение технических характеристик многокаскадного усилителя.
6. Три способа включения усилительного элемента по переменному току.
7. Линии нагрузки и динамические характеристики усилительного элемента.
8. Выбор положения исходной рабочей точки и режимы работы усилительного элемента (А, В, АВ, С).
9. Режим работы D усилительного элемента, режим с плавающей рабочей точкой.
10. Схемы смещения и стабилизации. Схема комбинированной стабилизации рабочей точки биполярного транзистора. Схемы с термокомпенсацией.

11. Схемы смещения и стабилизации. Схемы эмиттерной и коллекторной стабилизации.
12. Схемы смещения и стабилизации полевых транзисторов.
13. Обратная связь в усилителях. Виды обратных связей.
14. Петля обратной связи и ее параметры.
15. Влияние частотно-независимой отрицательной ОС на амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики усилителя.
16. Влияние ОС на нелинейные искажения, входное и выходное сопротивления усилителя.
17. Коэффициент усиления усилителя с ОС, расчетная формула, расшифровка входящих в нее величин. Влияние отрицательной ОС на неустойчивость коэффициента усиления.
18. Влияние отрицательной ОС на переходную характеристику и фазовые сдвиги усилителя.
19. Каскады предварительного усиления напряжения: назначение, режимы работы, особенности анализа.
20. Полная принципиальная схема каскада с ОЭ, основные характеристики каскада, назначение элементов.
21. Резисторный каскад с ОБ: схема, основные характеристики каскада.
22. Зависимость входного и выходного сопротивлений биполярного транзистора от сопротивлений источника сигнала и нагрузки.
23. Оконечные усилители мощности. Однотактный трансформаторный каскад в режиме А: схема, графики мощностей, их обоснование.
24. Определение коэффициента нелинейных искажений методом пяти ординат.
25. Двухтактный трансформаторный каскад в режиме В, его анализ, энергетические характеристики.
26. Двухтактный трансформаторный каскад в режиме АВ.
27. Двухтактный трансформаторный каскад в режиме А.
28. Бестрансформаторные двухтактные усилители мощности, их преимущества и недостатки.
29. Составные транзисторы: назначение, характеристики составного транзистора. Составной транзистор Дарлингтона, транзистор Шиклаи.
30. Оконечные каскады усиления мощности с повышенным КПД. Усилители мощности класса D.

### **Контрольные вопросы для сдачи экзамена (за весь курс), 6 семестр**

В экзаменационные билеты входят все вопросы, выносимые на зачет за 1-ю часть курса, и следующие вопросы 2-ой части курса.

1. Эмиттерный повторитель: назначение, схема электрическая принципиальная, входное и выходное сопротивление, склонность к самовозбуждению
2. Истоковый повторитель: назначение, схема электрическая принципиальная, входное и выходное сопротивление, склонность к самовозбуждению.
3. Проблема устойчивости эмиттерных и истоковых повторителей. Сложные повторители с улучшенными характеристиками.
4. Типовой вид АЧХ эмиттерного повторителя (при резистивной нагрузке, при резистивно-емкостной нагрузке).
5. Особенности схемотехники аналоговых интегральных усилителей.

6. Двухтранзисторный каскад с эмиттерной связью (простейший дифференциальный каскад), работа каскада в качестве фазоинверсного.
7. Двухтранзисторный каскад с эмиттерной связью (простейший дифференциальный каскад), работа каскада в качестве дифференциального. Понятие синфазной помехи. Коэффициент ослабления синфазного напряжения (помехи).
8. Генераторы стабильного тока и напряжения. Схемы сдвига уровня. Токовые зеркала и их применение в простом дифференциальном каскаде.
9. Интегральные операционные усилители: назначение, классификация, основные параметры.
10. Инвертирующий и неинвертирующий усилители на базе ОУ.
11. Инвертирующий и неинвертирующий сумматоры на базе ОУ.
12. Неинвертирующий повторитель напряжения, дифференциальный усилитель с ОС, построенные на ОУ.
13. Активные фильтры: принципы построения, классификация, базовые звенья.
14. Звенья ФНЧ и ФВЧ 1-го порядка на базе ОУ.
15. Активные звенья ФНЧ (ФВЧ) 2-го порядка на базе усилителя с неограниченным и ограниченным коэффициентами усиления. Зависимость АЧХ звеньев от их добротности.
16. Активные полосовые фильтры на базе ОУ.
17. Активные режекторные фильтры на базе ОУ.
18. Фазовращатели на базе ОУ. Устройства задержки.

### **11.3. Перечень вопросов к защите курсовой работы.**

1. Назначение разрабатываемого устройства.
2. Выбор принципиальной схемы устройства. Сравнительный анализ различных способов построения устройств.
3. Чем определяется выбор режимов работы отдельных усилительных каскадов или выбор типов звеньев активных фильтрующих устройств?
4. Как производился выбор активных элементов?
5. Как производился выбор элементной базы?
6. Трудности, с которыми столкнулись при проектировании, способы решения проблемы.
7. Степень выполнения технического задания.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИРИТ

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**  
**Б1.Б.26 «Схемотехника аналоговых электронных устройств»**  
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки специалистов

Направление: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность: «Радиолокационные системы и комплексы»

Форма обучения очная

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_

Курс 3

Семестр 5, 6

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1) .....
- 2) .....
- 3) .....

Разработчик (и): \_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание) «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ИРС \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.