

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Тверской государственный технический университет»**  
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ Э.Ю. Майкова  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины Блока 1 «Дисциплины (модули)»  
**«Схемотехника аналоговых электронных устройств»**

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы  
и комплексы

Направленность (профиль) – Радиолокационные системы и комплексы

Типы задач профессиональной деятельности – научно-исследовательский

Форма обучения – очная

Факультет информационных технологий  
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»

Тверь 2020

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки специалистов в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы:  
доцент кафедры РИС

В.А. Павлов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РИС  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г., протокол №\_\_\_\_.

Заведующий кафедрой РИС

С.Ф. Боев

Согласовано  
Начальник учебно-методического  
отдела УМУ

Д.А. Барчуков

Начальник отдела  
комплектования  
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

## **1. Цели и задачи дисциплины**

**Целью** изучения дисциплины «Схемотехника аналоговых электронных устройств» является формирование у студентов системы знаний по основам построения и функционирования аналоговых электронных устройств в радиотехнических системах, а также умений применять их в профессиональной деятельности.

**Задачами дисциплины** являются:

- усвоение обучающимися основных понятий и определений в области схемотехники аналоговых электронных устройств;
- освоение методов решения задач анализа и расчета параметров аналоговых электронных устройств современной электроники;
- развитие умений анализировать и исследовать рынок аналоговых электронных устройств и выбирать необходимые для решения задач профессиональной деятельности;
- освоение пакетов прикладных программ для исследования аналоговых электронных устройств и приобретение навыков их применения при решении задач профессиональной деятельности;
- ознакомление обучающихся с историей развития, состоянием и тенденциями развития аналоговых электронных устройств;
- формирование навыков работы с литературой по вопросам построения, анализа, расчета параметров и функционирования аналоговых электронных устройств.

## **2. Место дисциплины в образовательной программе**

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса требуются знания, умения и навыки, полученные в ходе изучения дисциплин «Информатика», «Физика», «Основы теории цепей», «Электроника и электронные приборы», «Радиотехнические цепи и сигналы».

Приобретенные знания и умения в рамках данной дисциплины необходимы в дальнейшем при изучении дисциплин «Основы моделирования и оценки эффективности радиоэлектронных систем», «Вычислительные устройства и системы», «Статистическая теория радиотехнических систем», «Устройства генерирования и формирования сигналов», «Радиоприемные устройства радиолокационных систем», «Системотехника», «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных систем», прохождении практик и при выполнении выпускной квалификационной работы.

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

#### **3.1. Перечень компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП**

Компетенция, закреплённая за дисциплиной в ОХОП:

ОПК-2. Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения.

**Индикатор компетенции, закреплённый за дисциплиной в ОХОП:**

ИОПК-2.1. Осуществляет поиск и предоставление актуальной информации о состоянии предметной области.

**Показатели оценивания индикатора достижения компетенции ИОПК-2.1:**

**Знать:**

31. Теоретические основы, принципы построения и функционирования аналоговых электронных устройств в радиотехнических системах.

32. Основные аспекты, проблемы и методы проектирования, разработки АЭУ.

33. Назначение и порядок применения пакетов прикладных программ для исследования аналоговых электронных устройств.

34. Историю развития, состояние и тенденции развития аналоговых электронных устройств.

**Уметь:**

У1. Использовать приобретенные знания основ, принципов построения и функционирования аналоговых электронных устройств при решении стандартных профессиональных задач.

У2. Формулировать требования к создаваемым узлам и блокам радиотехнических систем, выбирать необходимые для решения задач профессиональной деятельности.

У3. Способен разрабатывать электрические схемы АЭУ радиотехнических систем и устройств с использованием компьютеров.

У4. Учитывать в профессиональной деятельности современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники.

У5. Осуществлять поиск и предоставление актуальной информации о состоянии предметной области.

#### **3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций**

Проведение лекционных и практических занятий, лабораторных работ, выполнение курсового проекта.

#### 4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	6	216
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		90
В том числе:		
Лекции		30
Практические работы (ПР)		15
Лабораторные работы (ЛР)		45
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		126
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрены
Курсовой проект		64
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Другие виды самостоятельной работы:		20
- подготовка к защите лабораторных работ		22
- подготовка к защите практических работ		
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		20
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		0

#### 5. Структура и содержание дисциплины

Структура и содержание дисциплины построены по модульно-блочному принципу. Под модулем дисциплины понимается укрупненная логико-понятийная тема, характеризующаяся общностью использованного понятийно-терминологического аппарата.

##### 5.1. Структура дисциплины.

Таблица 2. Модули (разделы) дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№ п/п	Наименование модуля	Трудоемкость, часы	Лекции	Практ. занятия, (в т.ч. семинары)	Лаб. занятия	Самостоятельная работа
1	Основы схемотехники аналоговых электронных устройств	52	10	4	8	30
2	Схемотехника резисторных усилительных каскадов в АЭУ	68	8	4	14	42

3	Схемотехника усилительных каскадов на операционных усилителя	45	6	4	9	26
4	Схемотехника линейных и нелинейных аналоговых преобразователей	51	6	3	14	20+8 (зач.)=28
Всего на дисциплину		216	30	15	45	126

## 5.2. Содержание учебно-образовательных модулей

### МОДУЛЬ 1. «ОСНОВЫ СХЕМОТЕХНИКИ»

Введение (в рамках темы 1 модуля 1)

Цель, предмет и задачи изучения учебной дисциплины. Роль и место дисциплины в системе подготовки специалиста. Схемотехника как наука. Общие сведения об аналоговых электронных устройствах. Назначение, классификация аналоговых электронных устройств (АЭУ). Структура и принцип работы усилительного каскада. Основные параметры аналоговых электронных устройств. Характеристики и нелинейные свойства аналоговых электронных устройств. Виды обратных связей, используемых в аналоговых электронных устройствах. Влияние обратных связей на параметры и характеристики аналоговых электронных устройств. Основные компьютерные пакеты прикладных программ для исследования аналоговых электронных устройств. Применение компьютерных пакетов прикладных программ для исследования аналоговых электронных устройств.

### МОДУЛЬ 2. «СХЕМОТЕХНИКА РЕЗИСТОРНЫХ УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ В АЭУ»

Устройство, принципы функционирования и способы стабилизации параметров каскадов с общим эмиттером в АЭУ. Устройство, принципы функционирования и способы стабилизации параметров каскадов с общей базой в АЭУ. Экспериментальное исследование каскада предварительного усиления на биполярном транзисторе. Устройство и принципы функционирования каскадов с общим истоком (ОИ) АЭУ. Особенности устройства и принципа функционирования усилительных каскадов с общим катодом аналоговых электронных устройств. Устройство и принципы функционирования эмиттерных повторителей АЭУ. Устройство и принципы функционирования истоковых повторителей АЭУ. Особенности катодных повторителей. Методики расчета и оценки основных параметров каскада с ОЭ, ОИ в разных частотных областях. Методики расчета и оценки основных параметров повторителей напряжения в разных частотных областях. Устройство и принципы функционирования устройств высокочастотной коррекции свойств АЭУ. Устройство и принципы функционирования устройств низкочастотной коррекции свойств АЭУ. Устройство и принципы функционирования балансных каскадов АЭУ. Устройство и принципы

функционирования многокаскадных усилителей АЭУ. Экспериментальное исследование усилителя с коррекцией. Устройство, принципы функционирования одноконтурных оконечных каскадов АЭУ. Базовые схемные конфигурации аналоговых интегральных схем. Расчет и анализ параметров базовых схемных конфигураций аналоговых интегральных схем. Схемотехника оконечных каскадов АЭУ. Расчет и анализ параметров оконечных каскадов АЭУ.

### **МОДУЛЬ 3. «СХЕМОТЕХНИКА УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ НА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ»**

Операционные усилители, их параметры и схемотехника. Расчет и анализ параметров усилительных каскадов на ОУ. Экспериментальное исследование и измерение параметров усилительных каскадов на ОУ.

### **МОДУЛЬ 4. «СХЕМОТЕХНИКА ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ АНАЛОГОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ»**

Схемотехника линейных и нелинейных аналоговых преобразователей. Расчет и анализ параметров аналоговых преобразователей. Схемотехника аналоговых компараторов и перемножителей. Схемотехника активных RC-фильтров. Анализ и расчет аналоговых компараторов и активных RC-фильтров. Экспериментальное исследование и измерение параметров схем аналоговых устройств.

Заключение (в рамках темы 10 модуля 4)

Научно-технические проблемы и современные тенденции развития аналоговой электроники. Обзор изученного материала и рекомендации по подготовке к зачету.

### **5.3. Лабораторный практикум**

Таблица 3. Лабораторные работы и их трудоемкость.

<b>Порядковый номер модуля. Цели лабораторных работ</b>	<b>Наименование лабораторных работ</b>	<b>Трудоемкость в часах</b>
<b>Модуль 1</b> <b>Цель:</b> исследование общих характеристик АЭУ (усилительного каскада на постоянном токе).	ЛР №1. Исследование усилительного каскада на постоянном токе.	4
	ЛР №2. Исследование влияния обратных связей на параметры и характеристики аналоговых электронных устройств.	4
<b>Модуль 2</b> <b>Цель:</b> исследование свойств и характеристик резисторных	ЛР №3. Исследование усилительного каскада на переменном токе.	4

усилительных каскадов в АЭУ.	ЛР №4. Исследование схем регулировок усиления (пассивных и активной).	2
	ЛР №5. Расчет режима транзисторного каскада по постоянному току.	4
	ЛР №6. Расчет АЧХ каскада с общим эмиттером (ОЭ).	4
<b>Модуль 3</b> <b>Цель:</b> исследование операционных усилителей, анализ их параметров и схемотехники.	ЛР №7. Расчет и анализ параметров базовых схемных конфигураций усилительных каскадов на ОУ	5
	ЛР №8. Расчет и анализ параметров усилительных каскадов на ОУ	4
<b>Модуль 4</b> <b>Цель:</b> исследование линейных и нелинейных аналоговых преобразователей.	ЛР №9. Исследование и измерение параметров схем аналоговых устройств.	6
	ЛР №10. Расчет и анализ аналоговых компараторов и перемножителей	4
	ЛР №11. Анализ и расчет аналоговых компараторов и активных RC-фильтров.	4

#### 5.4. Практические занятия

Таблица 3. Тематика практических занятий и их трудоемкость

№ п/п	Учебно – образовательный модуль Цели практикума	Примерная тематика практического занятия	Трудоемкость в часах
1.	<b>Модуль 1. «Основы схемотехники».</b> <b>Цель:</b> изучение основных особенностей и	ПЗ1. Основные параметры аналоговых электронных устройств. Характеристики и нелинейные свойства аналоговых электронных устройств.	2



	способов применения транзисторных каскадов	ПЗ2. Виды обратных связей, используемых в аналоговых электронных устройствах.	2
2	<b>Модуль 2.</b> «Схемотехника резисторных усилительных каскадов в АЭУ». <b>Цель:</b> Изучение схемотехники резисторных усилительных каскадов в АЭУ	ПЗ3. Усилитель постоянного тока (УПТ) с гальваническими связями.	2
		ПЗ4. Двухтактный усилитель мощности (УМ). Дифференциальный усилитель.	2
3	<b>МОДУЛЬ 3.</b> «Схемотехника усилительных каскадов на операционных усилителях» <b>Цель:</b> Изучение схемотехники усилительных каскадов на ОУ.	ПЗ5. Устройство и исследование операционного усилителя (ОУ).	2
		ПЗ6. Операционный усилитель на активных RC фильтрах.	2
4	<b>МОДУЛЬ 4.</b> «Схемотехника линейных и нелинейных аналоговых преобразователей» <b>Цель:</b> Изучение схемотехники линейных и нелинейных аналоговых преобразователей	ПЗ7. Устройство и исследование компаратора напряжения	2
		ПЗ8. Исследование влияния обратной связи (ОС) на параметры усилителя.	1

## **6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости**

### **6.1. Цели самостоятельной работы**

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

### **6.2. Организация и содержание самостоятельной работы**

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к практическим занятиям, к текущему контролю успеваемости, выполнению курсовых проектов, зачету.

После вводных лекций, в которых обозначается содержание дисциплины, ее проблематика и практическая значимость, студентам выдается задание на практические занятия.

В рамках дисциплины выполняется 8 практических занятий и 11 лабораторных работ (с использованием пакета MS Office, которые защищаются посредством тестирования или устным опросом. Максимальная оценка за каждое выполненное задание – 5 баллов, минимальная – 3 балла. Выполнение всех заданий обязательно.

Выполнение всех лабораторных и практических работ обязательно. В случае невыполнения лабораторной или практической работы по уважительной причине студент имеет право выполнить письменный реферат, по согласованной с преподавателем теме по модулю, по которому пропущена лабораторная или практическая работа. Возможная тематическая направленность реферативной работы для каждого учебно-образовательного модуля представлена в таблице 5.

При отрицательных результатах по формам текущего контроля и (или) наличии пропусков преподаватель проводит с обучающимся индивидуальную работу по ликвидации задолженности.

Текущий контроль успеваемости осуществляется с использованием модульно-рейтинговой системы обучения и оценки текущей успеваемости обучающихся в соответствии с СТО СМК 02.102-2012.

Таблица 5. Темы рефератов

№ п/ п	Модули	Возможная тематика самостоятельной реферативной работы
1.	Модуль 1	1. Метрологические характеристики средств измерения и контроля. 2. Классификация усилительных устройств (УУ). 3. Исследование области использования положительной обратной связи.
2.	Модуль 2	1. Методы расчета режима транзисторного каскада по постоянному току. 2. Методы расчета усилительного каскада с общим эмиттером
3.	Модуль 3	1. Операционный усилитель (ОУ): его характеристики и применение. 2. Методы расчета и анализ параметров усилительных каскадов на ОУ.
4	Модуль 4	1. Анализ применимости бестрансформаторных усилителей мощности. 2. Методы анализа и расчета аналоговых компараторов и активных RC-фильтров. 3. Методы расчета и анализа аналоговых компараторов и перемножителей.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Лаврентьев, Б.Ф. Схемотехника электронных средств: учеб. пособие для вузов по направлению подгот. "Проектирование и технология электронных средств": в составе учебно-методического комплекса / Б.Ф. Лаврентьев. - М.: Академия, 2010. - 333, [1] с.: ил. - (Высшее профессиональное образование. Радиоэлектроника) (УМК-У). - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-7695-5898-6: 433 р. 40 к. - (ID=84589-5).

2. Красько, А. С. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учебное пособие / А. С. Красько. — Москва: ТУСУР, 2006. — 180 с. — ISBN 5-902958-05-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10930> (дата обращения: 05.02.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=153498-0).

3. Попов, Д. И. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учебное пособие / Д. И. Попов. — Рязань: РГРТУ, 2015. — 56 с. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168228> (дата обращения: 05.02.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=153497-0).

4. Ромаш, Э.М. Электронные устройства информационных систем и автоматики: учебник для вузов по спец. "Сервис", "Прикладная информатика", "Автоматизация технологических процессов и производств", "Информационные системы и технологии", "Бытовая радиоэлектронная аппаратура". / Э.М. Ромаш, Н.А. Феоктистов, В.В. Ефремов; Московский гос. ун-т дизайна и технологий. - М.: Дашков и К, 2012. - 247 с. - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-394-01701-8. (ID=95442-2).

### 7.2. Дополнительная литература

1. Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника : учебник для вузов по напр. подготовки бакалавров и магистров "Биомед. инженерия" и по напр. подготовки дипломир. специалистов "Биомед. техника" : в составе учебно-методического комплекса / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - 3-е изд. ; перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2005. - 790 с. - (УМК-У). - Библиогр. : с. 786 - 787. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-06-004271-5 : 275 р. 50 к. - (ID=22457-88).

2. Щука, А.А. Электроника : учебник для вузов : в 4 частях. Часть 2 : Микроэлектроника / А.А. Щука, А.С. Сигов; ответственный редактор А.С. Сигов. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-01867-7. - URL: <https://urait.ru/book/elektronika-v-4-ch-chast-2-mikroelektronika-490607> . - (ID=147344-0).

3. Щука, А.А. Электроника : учебник для вузов : в 4 частях. Часть 4 : Функциональная электроника / А.А. Щука, А.С. Сигов; ответственный редактор А.С. Сигов. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-01873-8. - URL: <https://urait.ru/book/elektronika-v-4-ch-chast-4-funkcionalnaya-elektronika-490609> . - (ID=147343-0).

4. Щука, А.А. Электроника : учебник для вузов : в 4 частях. Часть 1 : Вакуумная и плазменная электроника / А.А. Щука, А.С. Сигов; ответственный редактор А.С. Сигов. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-01763-2. - URL: <https://urait.ru/book/elektronika-v-4-ch-chast-1-vakuumnaya-i-plazmennaya-elektronika-490033> . - (ID=147342-0).

5. Щука, А.А. Электроника : учебник для вузов : в 4 частях. Часть 3 : Квантовая и оптическая электроника / А.А. Щука, А.С. Сигов; ответственный редактор А.С. Сигов. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-01870-7. - URL: <https://urait.ru/book/elektronika-v-4-ch-chast-3-kvantovaya-i-opticheskaya-elektronika-490608> . - (ID=147341-0).

6. Опадчий, Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника. Полный курс : учебник для вузов по спец. "Проектирование и технология радиоэлектр. средств" / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; под ред. О.П. Глудкина. - Москва : Горячая линия -Телеком, 2000. - 768 с. : ил. - Библиогр. : с. 763. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-93517-002-7 : 128 р. - (ID=8768-9).

7. Кравченко, В.Б. Электроника и схемотехника: учеб. пособие для среднего проф. образования / В.Б. Кравченко, Е.А. Бородкин. - Москва: Академия, 2018. - 304 с. - (Профессиональное образование). - Текст: непосредственный. - ISBN 978-05-4468-7317-3: 952 р. 27 к. - (ID=134331-6).

8. Кузовкин, В.А. Электроника. Электрофизические основы, микросхемотехника, приборы и устройства : учебник для вузов по напр. и спец. техники и технологии / В.А. Кузовкин. - Москва : Логос, 2005. - 327 с. - (Новая университетская библиотека). - Библиогр. : с. 327. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-98704-025-6 : 230 р. 07 к. - (ID=58567-41).

9. Новожилов, О.П. Электроника и схемотехника : учебник для вузов : в 2 ч. : в составе учебно-методического комплекса. Ч. 2 / О.П. Новожилов; Новожилов О.П. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование) (УМК-У). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-03515-5. - URL: <https://urait.ru/bcode/490826> . - (ID=136105-0).

10. Новожилов, О.П. Электроника и схемотехника : учебник для вузов : в составе учебно-методического комплекса : в 2 ч. Ч. 1 / О.П. Новожилов; Новожилов О.П. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее

образование) (УМК-У). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-03513-1. - URL: <https://urait.ru/bcode/490825> . - (ID=136104-0).

11. Новожилов, О.П. Схемотехника радиоприемных устройств : учебное пособие для среднего профессионального образования / О.П. Новожилов. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - (Профессиональное образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-09925-6. - URL: <https://urait.ru/bcode/493650> . - (ID=136103-0).

12. Дуркин, В. В. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учебно-методическое пособие / В. В. Дуркин, С. В. Тырыкин, Р. Ю. Белоруцкий. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 88 с. — ISBN 978-5-7782-3937-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152143> (дата обращения: 05.02.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=153492-0).

13. Дуркин, В. В. Схемотехника аналоговых электронных устройств. Базовые схемы основных функциональных устройств : учебное пособие / В. В. Дуркин. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 127 с. — ISBN 978-5-7782-3335-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118049> (дата обращения: 05.02.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=153493-0).

14. Дуркин, В. В. Схемотехника аналоговых электронных устройств. Основные понятия, обратные связи, работа усилительного элемента в схеме : учебное пособие / В. В. Дуркин, С. В. Тырыкин. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 100 с. — ISBN 978-5-7782-3206-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118160> (дата обращения: 05.02.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=153494-0).

15. Антонов, А. Ю. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учебно-методическое пособие / А. Ю. Антонов. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2018. — 56 с. — ISBN 978-5-7579-2315-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/193444> (дата обращения: 05.02.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=153495-0).

16. Антонов, А. Ю. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Основы курсового проектирования : учебно-методическое пособие / А. Ю. Антонов. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2017. — 52 с. — ISBN 978-5-7579-2239-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/193441> (дата обращения: 05.02.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=153496-0).

17. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Общая электротехника и электроника", "Основы электроники : методические указания / составитель Н. Д. Полевик. — Челябинск : ИАИ ЮУрГАУ, 2010 — Часть 2 : Аналоговая схемотехника. Линейные

электронные устройства — 2010. — 85 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/9532> (дата обращения: 05.02.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=153499-0).

### 7.3. Методические материалы

1. Учебно-методический комплекс дисциплины обязательной части Блока 1 "Схемотехника аналоговых электронных устройств". Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиотехнические системы и комплексы: ФГОС 3++ / Каф. Радиотехнические и информационные системы ; сост. - Тверь, 2022. - (УМК). - Текст: электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/150410>. - (ID=150410-0).

2. Михальцов, Н.Г. Схемотехника : электронный учебный курс / Н.Г. Михальцов; Тверской гос. техн. ун-т, Центр дистанционного обучения и коллективного пользования информационными ресурсами (ЦДОКП). - Тверь: ТвГТУ, 2008. - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - (ID=72488-1).

### 7.4. Программное обеспечение

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2010 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

### 7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭКТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ" : сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.]. Диск 1,2,3,4. - М. : Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 p. – (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>
10. Федеральный образовательный портал «Информационные и коммуникационные технологии в образовании» <http://www.ict.edu.ru>.

## **8. Материально-техническое обеспечение**

При изучении дисциплины используется оборудование учебного кабинета (для проведения лекционного курса и практических занятий): посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; проекционное оборудование.

На каждом компьютере должна быть установлена операционная система Windows (не ниже Windows 7). Необходимое программное обеспечение: MS Office 2010 и выше.

## **9. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации**

### **9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена**

Учебным планом экзамен по дисциплине не предусмотрен.

### **9.2. Оценочные средства для проведения аттестации в форме зачета**

1. Шкала оценивания промежуточной аттестации – «зачтено», «не зачтено».

2. Вид промежуточной аттестации в форме зачета.

Вид промежуточной аттестации устанавливается преподавателем:

по результатам текущего контроля знаний и умений обучающегося без дополнительных контрольных испытаний или по результатам выполнения дополнительного итогового контрольного испытания при наличии у студентов задолженностей по текущему контролю.

3. Для дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке предоставляется:

база заданий, предназначенных для предъявления обучающемуся на дополнительном итоговом контрольном испытании (типовой образец задания приведен в Приложении), задание выполняется письменно;

методические материалы, определяющие процедуру проведения дополнительного итогового испытания и проставления зачёта.

При ответе на вопросы допускается использование справочными данными, нормативно-правовыми актами, в том числе ГОСТами, методическими указаниями по выполнению практических работ в рамках данной дисциплины.

Пользование различными техническими устройствами не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время дополнительного итогового контрольного испытания задание после возвращения студента ему заменяется.



Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов вопросы задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках задания, выданного студенту.

**Перечень вопросов дополнительного итогового контрольного  
испытания за 4 семестр:**

- 1) Сравните работу реостатного каскада на полевом и биполярном транзисторах верхних и средних частотах.
- 2) Требования, предъявляемые к усилителям мощности, их учет при построении схем. Режимы работы усилительных элементов в усилителях мощности.
- 3) Диаграммы Боде, их особенности при однополюсных и многополюсных коэффициентах передачи. Использование диаграмм Боде при оценке устойчивости операционных усилителей.
- 4) Какие соображения и как учитываются при выборе сопротивления в цепи коллектора выходного реостатного каскада при расчете усилителя гармонических сигналов?
- 5) Какие соображения и как учитываются при выборе сопротивления в цепи коллектора реостатного каскада при расчете усилителя импульсных сигналов?
- 6) УПТ с преобразованием. Принцип работы, источники погрешности.
- 7) Назначение разделительных конденсаторов реостатного каскада и выбор их емкости. Ограничения сверху и снизу на выбор емкости разделительных конденсаторов.
- 8) Регулировка усиления и ВЧ коррекция УПТ при построении его на базе параллельных балансных схем.
- 9) Влияние обратной связи на коэффициент передачи при различных видах обратной связи.
- 10) Поясните эпюрами напряжений и на частотных характеристиках принцип работы корректирующего фильтра. Сравните работу на высокоомную и низкоомную нагрузки.
- 11) Принципиальная и эквивалентная схемы реостатного каскада на полевом транзисторе, назначение элементов схемы, ограничения сверху и снизу на выбор сопротивления в цепи стока.
- 12) Схемы коллекторной стабилизации без ОС на переменном токе. Выбор элементов этих схем и их влияние на качественные показатели усилительных устройств.
- 13) Связь коэффициента передачи и переходной характеристики устройства линейной обработки сигналов. Каким образом используется эта связь для анализа и расчета устройств аналоговой обработки сигналов? Приведите примеры.
- 14) Особенности стабилизации режима фиксированным током базы.
- 15) Входная емкость и входное сопротивление реостатного каскада на биполярном транзисторе. Как объяснить, что вклад входной и проходной емкостей во входную динамическую емкость различен?

16) Принцип работы эмиттерной термостабилизации. Каковы ограничения сверху и снизу на выбор сопротивления в цепи эмиттера и сопротивлений делителя в цепи базы?

17) Схемы регулировки усиления, их сравнение, ограничения сверху и снизу на выбор регулировочного сопротивления.

18) Эпюрами напряжений и на частотных характеристиках поясните процесс появления искажений за счет емкости разделительных конденсаторов.

19) Перечислите этапы определения переходной характеристики устройства аналоговой обработки сигналов, принципиальная схема которого известна. Проиллюстрируйте примером.

20) Принцип работы коллекторной стабилизации. Сравните работу коллекторной и эмиттерной стабилизации при одинаковых значениях стабилизирующих сопротивлений.

21) Причины самовозбуждения устройств, охваченных отрицательной обратной связью, запас устойчивости. Способы снижения опасности самовозбуждения (на примере операционного усилителя).

22) Проиллюстрируйте эпюрами напряжения процесс создания подъема плоской вершины прямоугольного импульса корректирующим фильтром в коллекторной цепи.

23) Обратная связь через внутреннее сопротивление источника питания и способы уменьшения ее влияния.

24) Свойства двухтактных каскадов. Приведите примеры схем двухтактных каскадов.

25) Полная эквивалентная схема реостатного каскада на биполярном транзисторе. Эквивалентные схемы для средних и нижних частот. Анализ работы реостатного каскада на нижних частотах.

26) Фазоинверсный каскад с эмиттерной связью в качестве примера схемы с обратной связью. Особенности работы фазоинверсного каскада с эмиттерной связью в усилителях постоянного тока.

27) Влияние обратных связей на входные и выходные сопротивления устройств аналоговой обработки сигналов.

28) Изобразите принципиальную электрическую схему резисторного каскада на биполярном транзисторе. Покажите пути протекания постоянной и переменной составляющих тока коллектора транзистора. Поясните назначение элементов схемы

29) Полная эквивалентная схема реостатного каскада на биполярном транзисторе. Эквивалентные схемы для верхних и средних частот. Анализ работы реостатного каскада на средних частотах.

30) Инвертирующее и неинвертирующее включения операционного усилителя.

**Перечень вопросов дополнительного итогового контрольного  
испытания за 5 семестр:**

- 1) Ступенчатая регулировка усиления. Компенсация искажений, создаваемых цепью, стоящей после регулятора
- 2) Поясните эюрами напряжения и на частотных характеристиках возникновение искажений за счет цепи эмиттерной термостабилизации с шунтирующей емкостью.
- 3) Причины самовозбуждения устройств, охваченных отрицательной обратной связью, запас устойчивости. Способы снижения опасности самовозбуждения.
- 4) Перечислите возможные назначения фильтра в коллекторной (стоковой) цепи транзистора. Поясните принцип работы в каждом случае. Сравните выбор и включение емкости фильтра при различных его назначениях.
- 5) Коэффициент усиления каскада с эмиттерной коррекцией. Сравните коэффициенты усиления и динамические диапазоны реостатного каскада и каскада с эмиттерной коррекцией при одинаковом выходном напряжении.
- 6) Из каких соображений выбирается емкость, шунтирующая  $R_э$  для термостабилизации? Что ограничивает ее значение сверху и снизу?
- 7) Причины самовозбуждения усилителя, охваченного отрицательной обратной связью. Критерий Найквиста. Способы повышения устойчивости.
- 8) Сравните влияние отрицательной обратной связи по току и по напряжению на полосу пропускания каскада.
- 9) Какие соображения и как учитываются при выборе сопротивления в цепи коллектора реостатного каскада при расчете усилителя гармонических (импульсных) сигналов?
- 10) Изобразите схему фазоинверсного каскада с разделенной нагрузкой и поясните принцип его работы
- 11) Каковы ограничения на выбор сопротивления обратной связи операционного усилителя?
- 12) Изобразите схему фазоинверсного каскада с эмиттерной связью и поясните принцип его работы.
- 13) Каковы проблемы построения схем УПТ прямого усиления и пути их решения?
- 14) Сравните работу схем эмиттерной и коллекторной стабилизации при одинаковых значениях стабилизирующих сопротивлений.
- 15) Импульсный усилитель.
- 16) Многокаскадный усилитель.
- 17) Усилитель мощности.
- 18) Расчет двухкаскадного усилителя.
- 19) Расчет многокаскадного усилителя.
- 20) Расчет корректирующих цепей широкополосных усилительных каскадов на биполярных транзисторах.
- 21) Расчет корректирующих цепей широкополосных усилительных каскадов на полевых транзисторах.

- 22) Расчет элементов высокочастотной коррекции усилительных каскадов на биполярных транзисторах.
- 23) Проектирование усилителя мощности на основе ОУ.
- 24) Усилитель мощности для 1-5 каналов TV.
- 25) Усилитель мощности для 1-12 каналов TV.
- 26) Усилитель мощности нелинейного локатора.
- 27) Усилитель мощности системы поиска нелинейностей.
- 28) Расчет усилителя генератора с емкостным выходом.
- 29) Расчет генератора с внешним возбуждением.
- 30) Мостовой RC-генератор синусоидальных колебаний с мостом Вина.

Критерии выполнения контрольного испытания и условия проставления зачёта:

для категории «знать» (бинарный критерий):

Ниже базового – 0 балл.

Базовый уровень – 2 балла.

Критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

Отсутствие умения – 0 балл.

Наличие умения – 2 балла.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов 4 или 6;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 2.

Число заданий для дополнительного итогового контрольного испытания - 20.

Число вопросов – 3 (2 вопроса для категории «знать» и 1 вопрос для категории «уметь»).

Продолжительность – 60 минут.

4. При промежуточной аттестации без выполнения дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке описываются критерии проставления зачёта:

«зачтено» - выставляется обучающемуся при условии выполнения им всех контрольных мероприятий: посещение лекций в объеме не менее 80% контактной работы с преподавателем, выполнения и защиты трех практических работ.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

### **9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы**

**1. Шкала оценивания курсового проекта – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».**

**2. Темы курсового проекта в 4 семестре обучения:**

1) Импульсный усилитель.

- 2) Многокаскадный усилитель.
- 3) Усилитель мощности.
- 4) Широкополосный усилитель мощности.
- 5) Широкополосный усилитель мощности амплитудно- и частотно модулированных сигналов.
- 6) Широкополосный усилитель с подъёмом АЧХ 1.
- 7) Бестрансформаторный усилитель мощности звуковых частот.
- 8) Усилитель постоянного тока.
- 9) Усилитель частоты.
- 10) Усилитель промежуточной частоты.
- 11) Широкополосный усилитель калибровки радиовещательных станций.
- 12) Усилитель вертикального отклонения осциллографа.
- 13). Генератор.
- 14) Программируемый генератор синусоидальных колебаний.
- 15) Усилитель кабельных систем связи.
- 16) Антенный усилитель с подъёмом АЧХ.
- 17) Видеоусилитель.
- 18) Дифференциальный усилитель.
- 19) Операционный усилитель.
- 20) Предварительный усилитель с использованием ОУ.
- 21) Проектирование усилителя мощности на основе ОУ.
- 22) Усиление входного аналогового сигнала до заданного уровня и преобразование его в цифровой.
- 23) Усилитель корректор.
- 24) Усилитель модулятора лазерного излучения.
- 25) Усилитель приемного блока широкополосного локатора.
- 26) Усилитель радиорелейных линий связи.
- 27) Аналоговый таймер.
- 28) Определение спектра амплитудно-модулированного колебания.
- 29) Синтез частотно-избирательного фильтра.
- 30) Формирователь импульса тока для запуска лазера.

Вариант задания выдается студенту преподавателем в соответствии со списком группы. Задание студентам очной формы обучения на курсовой проект выдается на 5...6 неделе семестра.

Оцениваемые показатели для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта приведены в таблице 6.

Таблица 6. Оцениваемые показатели для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта

№ раздела	Наименование раздела	Баллы по шкале уровня
-----------	----------------------	-----------------------

-	Введение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
1	Обзор теоретической информации по усилителям	Выше базового – 3 Базовый – 2 Ниже базового – 0
2	Обоснование выбора структуры импульсного усилителя	Выше базового – 3 Базовый – 2 Ниже базового – 0
3	Расчет номиналов элементов принципиальной схемы	Выше базового – 3 Базовый – 2 Ниже базового – 0
4	Уточнение параметров схемы и расчет обратной связи.	Выше базового – 3 Базовый – 2 Ниже базового – 0
-	Выводы по работе	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
-	Список использованных источников	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0

#### **4. Критерии итоговой оценки за курсовой проект:**

«отлично» – при сумме баллов от 16 до 18;

«хорошо» – при сумме баллов от 13 до 15;

«удовлетворительно» – при сумме баллов от 10 до 12;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 10, а также при любой другой сумме, если по любому разделу работа имеет 0 баллов.

Требования и методические указания по структуре, содержанию и выполнению работы, а также критерии оценки, оформлены в качестве отдельно выпущенного документа на кафедре РИС.

Курсовой проект состоит из титульного листа, содержания, введения, основной части, расчётной части, заключения, списка использованных источников. Текст должен быть структурирован, содержать рисунки и таблицы. Рисунки и таблицы должны располагаться сразу после ссылки на них в тексте таким образом, чтобы их можно было рассматривать без поворота курсового проекта. Если это сложно, то допускается поворот по часовой стрелке.

Во введении необходимо отразить актуальность темы исследования, цель и задачи курсового проекта. Объем должен составлять 2-3 страницы.

В заключении необходимо сделать выводы по работе.

Защита курсового проекта проводится в течение двух последних недель семестра и выполняется в форме устной защиты в виде доклада на 5-7 минут с последующим ответом на поставленные вопросы, в ходе которых

выясняется глубина знаний студента и самостоятельность выполнения работы.

В процессе выполнения обучающимся курсового проекта руководитель осуществляет систематическое консультирование.

Курсовые проекты не подлежат обязательному внешнему рецензированию. Рецензия руководителя обязательна и оформляется в виде отдельного документа.

Курсовые проекты хранятся на кафедре в течение трех лет.

## **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки, которые должны быть опубликованы и размещены на сайте вуза или кафедры.

Студенты, изучающие дисциплину обеспечиваются электронными изданиями или доступом к ним, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению практических работ и всех видов самостоятельной работы.

## **11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины**

Кафедра ежегодно обновляет содержание рабочих программ дисциплин, которые оформляются протоколами. Форма протокола утверждена Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин, по образовательным программам, соответствующих ФГОС ВО с учетом профессиональных стандартов.

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

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы  
и комплексы

Направленность (профиль) – Радиолокационные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»  
Дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств»  
Семестр 4, 5

### **ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №\_1\_\_**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 2 балла:

**Влияние обратных связей на входные и выходные сопротивления устройств аналоговой обработки сигналов.**

2. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 2 балла:

**Сравните работу реостатного каскада на полевом и биполярном транзисторах верхних и средних частотах.**

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

**Схемы регулировки усиления, их сравнение, ограничения сверху и снизу на выбор регулировочного сопротивления.**

**Критерии итоговой оценки за зачет:**

«зачтено» - при сумме баллов 4 или 6;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 2.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС \_\_\_\_\_ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор \_\_\_\_\_ С.Ф. Боев