

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

**Физический факультет**

---

Утверждено

решением Ученого совета ННГУ  
протокол от «31» мая 2023 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины**

**Радиотехника и электроника**

---

Уровень высшего образования  
**бакалавриат**

---

Направление подготовки / специальность  
**09.03.02 Информационные системы и технологии**

---

Направленность образовательной программы  
**Информационные системы и технологии в физических  
исследованиях**

---

Форма обучения  
**очная**

---

Год начала подготовки

2022 год

Нижний Новгород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Радиотехника и электроника» (Б1.В.07) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана основной образовательной программы.

Дисциплина «Радиотехника и электроника» предполагает знакомство студентов с основами математического анализа, теории функций комплексной переменной, основными понятиями разделов «электричество» и «колебания» общего курса физики, базовыми и прикладными информационными технологиями, знание студентами основных принципов, базовых концепций информатики и программирования.

Курс «Радиотехника и электроника» опирается на следующие дисциплины:

- линейная алгебра, математический анализ, дифференциальные уравнения, теория функций комплексной переменной;
- дискретная математика;
- физика: электричество, колебания и волны;
- электродинамика;
- информатика (программирование и численные методы);
- информационные технологии.

Дисциплина «Радиотехника и электроника» направлена на формирование у студентов систематизированных знаний в области радиотехнических устройств, аналоговой и цифровой электроники, ознакомление студентов с элементной базой электротехники и радиоэлектроники, методами расчета электрических цепей и электронных схем, принципами построения усилителей и генераторов электрических сигналов, устройствами цифровой электроники, принципами модуляции и детектирования модулированных сигналов.

Целями освоения дисциплины «Радиотехника и электроника» являются:

- формирование у студентов системы понятий, представлений, комплекса теоретических знаний и практических навыков, необходимых для понимания основных закономерностей, играющих фундаментальную роль при функционировании радиоэлектронных аналоговых и цифровых систем, а также принципов построения структурных блоков радиоэлектронной аппаратуры, исходя из ее функционального назначения при аналоговом и цифровом преобразовании информационных сигналов;
- изучение методов анализа зависимости поведения линейных и линеаризованных нелинейных электро- и радиотехнических цепей от параметров системы и внешнего воздействия с целью определения их основных характеристик;
- изучение устройства и принципов действия аналоговых и цифровых радиоэлектронных устройств и систем, предназначенных для преобразования, приёма и передачи сигналов.

Дисциплина преподается в 5 и 6 семестре.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание)	Результаты обучения по дисциплине	

	индикатора)		
ПК-13. Способен участвовать в постановке и проведении экспериментальных исследований, в обработке и анализе результатов	ПК-13.1. Знать основные принципы планирования, постановки и проведения экспериментальных исследований.	<i>Знать</i> способы согласования и взаимодействия аналоговых и цифровых схем радиотехнических устройств, принципы построения принципиальных, эквивалентных и блок-схем;	Собеседование
	ПК-13.2. Уметь осуществлять постановку и проведение компьютерного и натурального эксперимента.	<i>Уметь</i> применять средства аналоговой и цифровой техники в системах автоматизации эксперимента и при решении задач обработки экспериментальных данных	Собеседование
	ПК-13.3. Владение опытом постановки и проведения экспериментов по разработанной методике.	<i>Владеть навыками</i> постановки и проведения экспериментов с использованием многофункциональной измерительной аппаратуры по разработанным методикам	Практическое задание
ПК-4. Способен применять фундаментальные представления о физических явлениях и процессах, лежащих в основе работы приборов и функциональных устройств информационных систем	ПК-4.1. Знать современные методы описания физических явлений и процессов.	<i>Знать</i> основные понятия теории электрических цепей, методы анализа и расчёта электрических цепей постоянного и переменного тока, элементную базу и принципы работы радиоэлектронных аналоговых устройств и простейших радиоэлектронных приборов, устройство и принцип действия электронных элементов цифровой техники; принципы преобразования (радио)сигналов и построения устройств фильтрации, усиления и генерирования электрических сигналов	Собеседование
	ПК-4.2. Уметь применять фундаментальные представления о физических явлениях и процессах, лежащих в основе работы приборов и функциональных устройств информационных систем.	<i>Уметь</i> использовать теоретические знания и математический аппарат для решения теоретических и экспериментальных задач в профессиональной деятельности, в том числе при моделировании работы электронных устройств с помощью современных компьютерных технологий	Практическое задание
	ПК-4.3. Иметь навыки использования приборов и функциональных устройств в информационных	<i>Владеть</i> навыками работы с аналоговыми и цифровыми измерительными устройствами общего и профессионального назначения.	Практическое задание

	измерительных системах.		
--	-------------------------	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

Очная форма обучения	
Общая трудоемкость	11 ЗЕТ
Часов по учебному плану	396
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	116
- занятия лекционного типа, ч	64
- практические занятия, ч	
- лабораторных, ч	48
- КСРИФ, ч	4
контроль	81
самостоятельная работа, ч	199
Промежуточная аттестация	зачет в 5 семестре и экзамен в 5 и 6 семестрах

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Введение в дисциплину	18	2		-	2	16
2. Электрические и радиотехнические цепи	30	4		-	4	26
3. Методы исследования электрических сигналов, цепей и радиоэлектронных систем <i>Отчет по лаб. работе №1</i>	40	6		8	14	26
4. Основы теории активных и пассивных четырехполюсников	28	4		-	4	24
5. Нелинейные элементы радиоэлектронных систем <i>Отчет по лаб. работе №2</i>	40	8		8	16	24
6. Обратная связь в радиотехнических цепях <i>Отчет по лаб. работе №3</i>	40	8		8	16	24
7. Радиоэлектронные	48	16		6	22	26

системы <i>Отчет по лаб. работе №4</i>						
8. Основы цифровой техники. Элементная база цифровых микросхем <i>Отчет по лаб. работе №5</i>	67	16		18	34	33
В том числе контроль	4				4	
<u>Итого</u>	315	reference source found.	Error! Reference source not found.	48	116	199

Лекционный курс включает как классические, так и современные (проблемные, модульные, интерактивные) формы проведения занятий с разбором конкретных ситуаций. Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме - зачет в 5 семестре и экзамен в 5 и 6 семестрах.

### Содержание разделов дисциплины:

1. Введение в дисциплину
 

Общие представления о функциях, выполняемых радиоэлектронными системами, при аналоговом и цифровом преобразовании информационных сигналов. Предмет и содержание курса.
2. Электрические и радиотехнические цепи
  - 2.1. Элементы электрических и радиотехнических цепей и их модели.
 

Понятия тока, напряжения. Мощности и энергии.

Ветви, узлы и замкнутые контуры электрической цепи.

Резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности и трансформаторы.

Независимые и зависимые источники напряжения и тока.

Уравнения связи между токами и напряжениями на элементах электрической цепи.

Законы Ома и правила Кирхгофа.
  - 2.1. Методы расчета электрической цепи, формирование систем уравнений для анализа электрических цепей.
 

Метод токов ветвей. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов.

Метод эквивалентных преобразований. Метод эквивалентного генератора.

Теоремы Тевенена-Гельмгольца и Нортона.

Принцип и метод суперпозиции. Принцип и метод компенсации.
3. Методы исследования электрических сигналов, цепей и радиоэлектронных систем
  - 3.1. Линейные, параметрические и нелинейные системы и процессы.
  - 3.2. Общие представления о свободных и вынужденных колебаниях в системах. Общие представления о переходных процессах.
  - 3.3. Интеграл Дюамеля и метод интегрального преобразования Фурье.
  - 3.4. Символический метод анализа линейных радиотехнических цепей. Комплексные сопротивления, проводимости и коэффициенты передачи. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики.
  - 3.5. Резонансные явления в электрических цепях.
  - 3.6. Переходные процессы в радиотехнических системах.
 

Импульсные и переходные характеристики простейших цепей: RL, RC, последовательного и параллельного колебательных контуров. Переходные процессы при воздействии сигналов произвольной формы.
4. Основы теории активных и пассивных четырехполюсников
  - 4.1. Уравнения связи между входными и выходными токами и напряжениями.

Выбор зависимых и независимых переменных. Линеаризация уравнений связи для нелинейных четырехполюсников. Эквивалентные схемы замещения.

Теоретическое и экспериментальное определение параметров и функций четырехполюсников.

4.2. Входные и выходные сопротивления и проводимости четырехполюсников.

Коэффициенты передачи и передаточные функции.

Характеристические сопротивления (проводимости) и коэффициенты передачи. Условия согласования.

4.3. Регулярные соединения четырехполюсников.

4.4. Основы теории фильтров.

Фильтры нижних и верхних частот, полосно-пропускающие и полосно-заграждающие.

4.5. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики фильтров НЧ, ВЧ, ПП, ПЗ.

5. Нелинейные элементы радиоэлектронных систем

5.1. Нелинейные двухполюсные элементы электрических цепей.

Статические характеристики и параметры нелинейных элементов.

Динамические характеристики.

Линеаризованные эквивалентные схемы замещения.

Полупроводниковый диод и нелинейная полупроводниковая емкость.

5.2. Нелинейные трехполюсные и многополюсные элементы электрических цепей.

Биполярные и полевые транзисторы. Схемы включения. Режимы работы.

Статические характеристики и дифференциальные параметры транзисторов.

Динамические характеристики и параметры.

Малосигнальные формальные схемы замещения транзисторов и физические моделирующие эквивалентные схемы. Линейный и нелинейный режимы работы.

5.3. Нелинейные колебательные и автоколебательные системы.

Общие свойства и методы исследования нелинейных систем. Линеаризация нелинейных систем. Понятие пассивности и активности линеаризованных систем.

5.4. Автогенераторы на основе активных четырехполюсников.

Условия самовозбуждения автогенератора в линейном приближении.

Стационарный режим автоколебаний. Баланс амплитуд и фаз.

Мягкий и жесткий режимы возбуждения.

6. Обратная связь в радиотехнических цепях

6.1. Положительная и отрицательная обратные связи.

6.2. Влияние отрицательной ОС на характеристики усилительных схем.

Применение отрицательной обратной связи для улучшения характеристик транзисторных усилительных схем.

7. Радиоэлектронные системы. Преобразователи радиотехнических сигналов

7.1. Общие представления об основных функциях, выполняемых радиоэлектронными системами.

Усиление и генерация электрических и радиотехнических сигналов. Модуляция и детектирование. Преобразование (смещение) частоты. Умножение частоты.

7.2. Усилители электрических сигналов.

Назначение, принцип действия, структурные схемы и классификация усилителей.

Входные и выходные сопротивления и проводимости. Коэффициенты усиления по напряжению, току и мощности, сопротивления и проводимости прямой передачи.

Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики.

Обратные связи в усилителях. Классификация обратных связей и влияние их на характеристики усилителей. Устойчивость усилителей с обратными связями.

7.3. Усилители низких частот.

Структурные, принципиальные и малосигнальные эквивалентные схемы УНЧ с резистивно-емкостными связями.

Усилители на биполярных транзисторах ОЭ, ОБ, ОК.

Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики.

Работа УНЧ на нижних, средних и верхних частотах.

Корректировка АЧХ и ФЧХ, импульсных и переходных характеристик.

7.4. Усилители постоянного тока.

Дифференциальные и операционные усилители. Усилители мощности.

7.5. Генераторы колебаний.

Общие принципы работы генераторов, структурные схемы и основные характеристики.

Генератор гармонических колебаний с колебательным контуром в цепи коллектора.

Дифференциальное уравнение автогенератора. Условие самовозбуждения.

Стационарный режим. Баланс амплитуд и фаз.

Трехточечные схемы LC-автогенераторов.

RC-генераторы гармонических колебаний и релаксационные автогенераторы.

7.6. Преобразователи радиотехнических сигналов.

Модуляционные устройства.

Принципы модуляции. Амплитудная, частотная и фазовая модуляции. Спектры модулированных сигналов. Методы получения модулированных сигналов.

Структурные и принципиальные схемы модуляционных устройств и их основные характеристики.

Детекторные устройства. Принципы детектирования модулированных сигналов.

Структурные схемы детекторов амплитудно-модулированных, частотно-модулированных и фазо-модулированных сигналов.

Основные характеристики детекторов. Принципиальные схемы диодных и транзисторных детекторов АМ-сигналов.

Преобразователи частоты. Умножители частоты.

7.7. Схемы фазовой автоподстройки частоты.

8. Основы цифровой техники. Элементная база цифровых микросхем

8.1. Основные определения логических элементов и логических функций.

8.2. Уровни представления (модели) цифровых устройств.

8.3. Логические элементы на основе транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ), 8.4. эмиттерно-связанной логики (ЭСЛ), интегрально-инжекционной логики (И2Л).

8.5. Логические элементы на однотипных и комплементарных МДП-транзисторах.

8.6. Цифровая электроника. Комбинационные и последовательностные устройства.

8.7. Запоминающие устройства, их назначение и классификация. Структура микросхем ОЗУ и ПЗУ.

8.8. Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС).

8.9. Примеры реализации распространенных цифровых устройств.

### Лабораторный практикум

Практическая часть курса построена в виде лабораторного практикума, позволяющего привить практические навыки работы с аналоговыми и цифровыми радиотехническими устройствами и включает следующие лабораторные работы:

№п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1.	2, 3	Исследование простых $RC$ – (дифференцирующей и интегрирующей) и $RLC$ – цепей
2	4, 5	Измерение амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик линейных фильтров
3	5, 6	Релаксационные транзисторные генераторы сигналов 1 – мультивибратор 2 – генератор линейно-изменяющегося напряжения (ГЛИН) 3 – блокинг-генератор

4	5, 6, 7	Транзисторные усилители низкой частоты
5	8	Реализация цифровых управляющих систем на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) 1 – индикация цифровых эффектов на светодиодах 2 – динамическая индикация 3 – электронный частотомер 4 – измерение ёмкости электролитического конденсатора 5 – простой калькулятор

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает активное изучение лекционного материала вместе с соответствующими разделами учебных и учебно-методических пособий, в том числе с использованием систем компьютерной графики и электронных образовательных ресурсов. Одной из основных задач самостоятельной работы является подготовка к проведению допуска по лабораторным работам, обсуждения способов достижения конечного результата, решения поставленной в работе задачи и подготовка отчета.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов осуществляется в следующих формах:

- Работа с компьютерными обучающими программами, электронными учебниками, тестовыми системами.
- Использование профессиональных прикладных программ моделирования процессов в радиотехнических устройствах и методов обработки данных в радиотехнических системах.
- Работа со средствами телекоммуникации.
- Использование Интернет-ресурсов, электронных библиотек, распределенных и централизованных издательских систем.
- Использование открытых форм дистанционного обучения с использованием Интернета.

Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя текущие отчеты по лабораторным работам, обсуждение полученных результатов с преподавателем, возможное повторное измерение отдельных величин, проведение компьютерного моделирования работы исследуемого устройства.

##### Вопросы для самоконтроля:

1. Понятие электрической (радиотехнической) схемы: ветви, узлы, замкнутые контуры электрической цепи. Элементы электрической цепи и их модельные представления.
2. Уравнения связи между токами и напряжениями на резисторах, емкостях, индуктивностях, трансформаторах.
3. Генераторы напряжения и тока. Уравнения нагрузки генераторов напряжения и тока. Схемы замещения реальных источников напряжения и тока. Независимые и зависимые генераторы напряжения и тока.
4. Нелинейные радиотехнические элементы, их характеристики и свойства. Нелинейные резистивные двухполюсники и четырехполюсники, особенности их вольт-амперных характеристик. Понятия статического и дифференциального сопротивлений.
5. Нелинейные индуктивные и емкостные элементы радиотехнических цепей. Понятия статических и дифференциальных индуктивности и емкости. Особенности вебер-амперной и вольт-кулонной характеристик.
6. Общие представления о методах описания состояния (расчета) электрической цепи. Метод контурных токов. Пример определения состояния электрической цепи.
7. Общие представления о методах описания состояния (расчета) электрической цепи. Метод узловых потенциалов. Пример составления уравнений по методу узловых потенциалов.

8. Анализ цепей с индуктивно связанными элементами. Понятие взаимной индукции. Пример расчета электрической цепи, содержащей индуктивно связанные элементы. Трансформатор.
9. Методы расчета, основанные на свойствах линейных цепей. Принцип и метод взаимности и принцип компенсации. Пример применения для расчета электрической схемы.
10. Метод эквивалентных преобразований в теории электрических цепей. Теоремы Гельмгольца-Тевенена и Нортона. Пример применения для расчета электрической схемы.
11. Метод эквивалентных преобразований в теории электрических цепей. Преобразование треугольника сопротивлений в звезду сопротивлений.
12. Переходные и импульсные характеристики последовательно соединенных R и C-элементов.
13. Общие представления об RC-фильтрах. Импульсные и переходные характеристики RC-цепи. АЧХ и ФЧХ RC-фильтров НЧ и ВЧ.
14. Общие частотные свойства двухполюсников. Резонансные свойства, АЧХ и ФЧХ последовательных и параллельных колебательных контуров.
15. Пассивные четырехполюсники. Основные уравнения четырехполюсника. Системы дифференциальных параметров четырехполюсников.
16. Пассивные четырехполюсники. Трехэлементные эквивалентные T- и П-образные схемы замещения. Связь коэффициентов четырехполюсников с параметрами схем замещения.
17. Симметричный четырехполюсник. Характеристическое сопротивление и коэффициент распространения. Методика описания четырехполюсников через гиперболические функции. Регулярное соединение четырехполюсников.
18. Интеграл Дюамеля, связь с интегральным преобразованием Фурье. Представление о спектральной плотности. Понятия АЧХ и ФЧХ. Основные свойства преобразования Фурье.
19. Биполярный и полевой транзисторы, их структура и классификация. Вольт-амперные характеристики. Эквивалентные схемы.
20. Ключевой режим работы биполярного транзистора. Выбор параметров элементов электрической схемы при реализации транзисторного ключа.
21. Усиление электрических сигналов. Усилительный каскад на биполярном транзисторе. Выбор рабочей точки.
22. Отрицательная обратная связь в радиотехнических цепях. Применение отрицательной обратной связи для улучшения характеристик усилительных схем на транзисторах.
23. Эмиттерный повторитель. Применение в усилителях сигналов и стабилизированных источниках питания.
24. Усилитель низкой частоты. Классические схемы реализации каскадов предварительного усиления и усиления мощности. Амплитудно-частотная характеристика УНЧ.
25. Общие представления о генерировании электрических колебаний. Положительная обратная связь, условия баланса амплитуд и фаз.
26. Генератор гармонических колебаний с индуктивной (трансформаторной) связью. Условия возникновения колебаний.
27. Генератор гармонических колебаний с индуктивной (трансформаторной) связью. Определение стационарной амплитуды и частоты колебаний, анализ мягкого и жесткого режимов возбуждения.
28. Трехточечные схемы LC-генераторов. Схемы с «емкостной и индуктивной трехточкой». Примеры практической реализации.
29. RC-генераторы электрических колебаний с фазовращателем и с мостом Вина. Определение частоты генерируемых колебаний. Способы улучшения формы колебаний.
30. Релаксационные генераторы на транзисторах. Принцип работы мультивибратора. Определение периода и скважности колебаний.
31. Релаксационные генераторы на транзисторах. Блокинг-генератор. Генераторы линейно-изменяющегося напряжения.
32. Аналоговые и цифровые сигналы. Импульсные сигналы и их параметры.
33. Уровни представления (модели) цифровых устройств.

34. Цифровые интегральные микросхемы. Основные серии цифровых ИС. Входные и выходные каскады цифровых ИС. Выход с открытым коллектором и Z-состоянием.
35. Схемотехника простейших логических элементов И, НЕ, И-НЕ, ИЛИ ТТЛ и КМОП.
36. Основы теории алгебры логики. Аксиомы и законы алгебры логики.
37. Основные логические элементы, их условные обозначения, таблицы истинности и динамические параметры.
38. Цифровая электроника. Общее представление о комбинационных и последовательностных устройствах. Явление состязаний или гонок.
39. Комбинационные устройства. Сумматоры, шифраторы и дешифраторы. Внутренняя структура и принцип работы.
40. Комбинационные устройства. Цифровые компараторы, мультиплексоры и преобразователи кодов. Внутренняя структура и принцип работы.
41. Последовательностные устройства. Общее представление о триггерах, их классификация, основные параметры, назначение и способы описания работы. Синхронные и асинхронные устройства.
42. Триггеры RS-, D-, T-, JK-типа. Внутренняя структура и принцип работы.
43. Последовательностные устройства. Регистры данных и регистры сдвига. Синхронные и асинхронные счетчики импульсов и делители частоты.
44. Запоминающие устройства, их назначение и классификация. Структура ОЗУ и ПЗУ.
45. Специальные структуры организации доступа к памяти. Схемы стека (LIFO) и очереди (FIFO).
46. Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Программируемая логическая матрица (ПЛМ).
47. Примеры реализации распространенных цифровых устройств. Формирователи коротких импульсов, схемы выделения фронтов, начальной установки, схемы защиты от дребезга контактов и синхронизаторов импульсных последовательностей.
48. Генераторы импульсов и ждущие мультивибраторы. Схемы генераторов импульсных последовательностей на сдвиговых регистрах.
49. Радиотехнические системы передачи информации. Временное и частотное уплотнение.
50. Амплитудная модуляция–демодуляция сигналов. Преобразование спектра при модуляции, энергетические соотношения. Обычное и синхронное детектирование.
51. Примеры схемотехнической реализации АМ– модуляторов и демодуляторов. АМ–детектор, линейный и квадратичный режим работы.
52. Угловая модуляция. Фазовая и частотная модуляции, их особенности, основные параметры – индекс модуляции и девиация частоты. Спектры сигналов с угловой модуляцией. Зависимость ширины спектральной полосы от параметров модуляции.
53. Демодуляция ЧМ–сигналов. Балансный и дробный частотные детекторы.
54. Квадратурная модуляция. Фазовая манипуляция, сигналы с ФМ-2 и ФМ-4 фазовой модуляцией. Принципы реализации ФМ модуляторов и демодуляторов.
55. Схемы фазовой автоподстройки частоты, порядок ФАПЧ, принцип работы. Применение схемы Костаса для демодуляции ФМ–сигналов.

**5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),**  
включающий:

### **5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

Уровень сформированности компетенций (индикатора)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				

достижения компетенций)							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование

Оценка		Уровень подготовки
		которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета и экзамена. Форма проведения экзамена – индивидуальное собеседование. При выставлении экзаменационной оценки учитываются результаты сдачи студентом промежуточных отчетов по лабораторным работам. Контроль текущей успеваемости включают в себя текущие отчеты по заданиям, обсуждение полученных результатов с преподавателем.

### 5.2.1 Контрольные вопросы

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций, используются билеты, состоящие из вопросов, составленных на основе контрольных вопросов, и задачи. При проведении экзамена учитываются результаты выполнения лабораторного практикума.

№	Вопрос	Код формируемой компетенции
1.	Элементы электрической цепи и их модельные представления. Генераторы напряжения и тока. Схемы замещения реальных источников напряжения и тока. Независимые и зависимые генераторы напряжения и тока.	ПК-13.1 ПК-4.1
2.	Нелинейные радиотехнические элементы, их характеристики и свойства. Нелинейные резистивные, индуктивные и емкостные 2-х и 4-х полюсники, особенности их вольт-амперных характеристик. Понятия статического и дифференциального сопротивлений.	ПК-4.1
3.	Вольт-амперные характеристики нелинейных полупроводниковых 2-х полюсников. Приближенные модели ВАХ полупроводникового диода. Особенности ВАХ стабилитрона, туннельного диода, диодистора. Примера применения нелинейных полупроводниковых двухполюсников.	ПК-13.2 ПК-4.1
4.	Общие представления о методах описания состояния (расчета) электрической цепи. Метод узловых потенциалов. Пример составления уравнений по методу узловых потенциалов.	ПК-13.1 ПК-4.1
5.	Методы расчета, основанные на свойствах линейных цепей. Метод эквивалентных преобразований. Принцип и метод взаимности, метод наложения и принцип компенсации. Примеры применения для расчета электрической схемы.	ПК-4.1
6.	Метод эквивалентного генератора в теории электрических цепей. Теорема Гельмгольца-Тевенена. Пример применения для расчета электрической схемы.	ПК-4.1
7.	Общие представления о методах описания состояния (расчета) электрической цепи. Метод контурных токов. Пример определения состояния электрической цепи.	ПК-13.1 ПК-4.1

8.	Анализ цепей с индуктивно связанными элементами. Понятие взаимной индукции. Пример расчета электрической цепи, содержащей индуктивно связанные элементы.	ПК-4.1
9.	Переходные и импульсные характеристики линейной электрической цепи. Интеграл Дюамеля, связь с интегральным преобразованием Фурье. Переходные и импульсные характеристики последовательно соединенных $R$ и $C$ -элементов.	ПК-13.2 ПК-4.1
10.	Передаточная характеристика линейной электрической цепи. Понятия АЧХ и ФЧХ. Анализ вида переходного процесса линейной цепи на основе вида передаточной характеристики. Критерий устойчивости радиосистем. АЧХ и ФЧХ простейших $RC$ -фильтров НЧ и ВЧ.	ПК-13.2 ПК-4.1
11.	Общие частотные свойства двухполосников. Резонансные свойства, АЧХ и ФЧХ последовательных и параллельных колебательных контуров. Канонические схемы реактивных двухполосников.	ПК-4.1
12.	Пассивные четырехполосники. Основные уравнения четырехполосника (уравнения четырехполосника в А-форме). Системы дифференциальных параметров четырехполосников, эквивалентные схемы и измерение параметров.	ПК-13.1
13.	Пассивные четырехполосники. Трехэлементные эквивалентные Т- и П-образные схемы замещения. Связь коэффициентов четырехполосников с параметрами схем замещения. Экспериментальное измерение дифференциальных параметров.	ПК-13.1
14.	Симметричный четырехполосник. Характеристическое сопротивление и коэффициент распространения. Методика описания четырехполосников через гиперболические функции. Регулярное соединение четырехполосников.	ПК-13.1
15.	Расчет АЧХ и ФЧХ идеальных пассивных $LC$ -фильтров на основе описания четырехполосников через гиперболические функции. Фильтры типа $k$ и типа $m$ .	ПК-13.2 ПК-4.1
16.	Аппроксимация передаточных характеристик пассивных фильтров. Требования к АЧХ реальных фильтров. Функция фильтрации и коэффициент неравномерности ослабления. Общее представление о полиномиальных фильтрах.	ПК-13.2 ПК-4.1
17.	Пассивные фильтры Баттерворта. Пример расчета НЧ-фильтра Баттерворта: граничная частота полосы пропускания и порядок фильтра.	ПК-13.1
18.	Пассивные фильтры Чебышева. Пример расчета НЧ-фильтра Чебышева: граничная частота полосы пропускания и порядок фильтра.	ПК-13.1
19.	Обратная связь в радиотехнических цепях. Отрицательная и положительная обратная связь. Влияние отрицательной обратной связи на стабильность коэффициента усиления, полосу пропускания и уменьшение искажений усилителя.	ПК-13.2 ПК-4.1
20.	Способы подключения цепи обратной связи к входу и выходу усилителя. Влияние последовательной ООС по напряжению на входное и выходное сопротивления усилителя.	ПК-13.1 ПК-13.2
21.	Биполярный транзистор: устройство, структуры и классификация, принцип работы, основные режимы работы. Вольт-амперные характеристики. Эквивалентные схемы (схемы замещения).	ПК-4.1

22.	Описание работы биполярного транзистора на основе ВАХ. Уравнение Эберса-Молла. Основные параметры биполярных транзисторов. Схемы включения биполярного транзистора в усилительном каскаде и их характеристики. Частотные свойства транзистора биполярного транзистора.	ПК-4.1
23.	Полевой (униполярный) транзистор: устройство, структуры и классификация, принцип работы. Вольт-амперные характеристики. Работа транзистора в линейной области и области насыщения. Эквивалентные схемы (схемы замещения) полевого транзистора.	ПК-4.1
24.	Ключевой режим работы биполярного транзистора. Описание работы биполярного транзистора в ключевом режиме на основе ВАХ Выбор параметров элементов электрической схемы при реализации транзисторного ключа.	ПК-4.1
25.	Усиление электрических сигналов. Усилительный каскад на биполярном и полевом транзисторе. Выбор рабочей точки.	ПК-13.1 ПК-4.1
26.	Схема включения транзистора с общим коллектором. Эмиттерный повторитель при однополярном и двуполярном питании. Применение ЭП в стабилизированных источниках питания и усилителях сигналов.	ПК-13.1
27.	Смещение в эмиттерном повторителе при однополярном питании. Пример расчета усилителя звуковой частоты на основе схемы включения транзистора с ОК.	ПК-13.1
28.	Транзисторные источники тока. Принцип работы, расчет резисторов для заданного значения тока.	ПК-13.1
28.	Транзисторный каскад усилителя с ОЭ. Применение отрицательной обратной связи для улучшения характеристик усилителя. Расчет усилителя переменного тока с ОЭ. Смещение в усилителе переменного тока с ОЭ.	ПК-13.1 ПК-4.1
30.	Усилитель низкой частоты. Классические схемы реализации каскадов предварительного усиления и усиления мощности. Основные режимы работы усилителя мощности. Методы устранения нелинейных искажений.	ПК-13.1 ПК-13.2
31.	Амплитудно-частотная характеристика УНЧ. Анализ АЧХ схемы двухкаскадного усилителя с резистивно-емкостной связью на основе эквивалентных схем.	ПК-13.1
32.	Дифференциальный усилитель на биполярных транзисторах. Принцип работы. Методы повышения стабильности рабочей точки и увеличения коэффициента усиления.	ПК-4.1
33.	Операционный усилитель: структурная схема и основные параметры ОУ. Идеальный ОУ и правила расчета схем на его основе. Однополярное питание в схемах на ОУ.	ПК-13.1 ПК-13.2
34.	Инвертирующий и неинвертирующий усилитель на ОУ. Расчет коэффициента усиления.	ПК-13.1 ПК-13.2
35.	Повторитель напряжения. Вычитатель напряжения на ОУ, расчет коэффициента усиления и балансировка схемы усиления дифференциального сигнала на ОУ.	ПК-13.1 ПК-13.2
36.	Схемы преобразователей тока в напряжение на ОУ с незаземленной и заземленной нагрузкой.	ПК-13.1
37.	Дифференциатор и интегратор напряжения на ОУ. Неинвертирующий усилитель переменного тока на ОУ.	ПК-13.1
38.	Инвертирующий и неинвертирующий сумматоры на ОУ. Условие	ПК-13.1

	баланса для неинвертирующего сумматора.	
39.	Логарифмический и потенцирующий усилители на ОУ. Метод устранения зависимости коэффициента усиления логарифмического усилителя от температуры.	ПК-13.1
40.	Прецизионные выпрямители на ОУ. Принцип работы и основные схемы одно- и двухполупериодных выпрямителей на ОУ.	ПК-13.1
41.	Компаратор напряжения на ОУ. Гистерезис в компараторе, способ увеличения выходного тока компаратора.	ПК-13.1
42.	Инструментальный усилитель. Пример использования в усилительной аппаратуре. Схемы с применением напряжения смещения в инструментальном усилителе.	ПК-13.1 ПК-13.2
43.	Активные фильтры на ОУ. Фильтры 1-го порядка НЧ, ВЧ и ПФ, методы расчета и особенности АЧХ.	ПК-4.1
44.	Активные фильтры на ОУ 2-го порядка с комбинированной ОС. Передаточная характеристика, выбор элементов схемы. Пример расчета активного ФНЧ Баттерворта 2-го порядка.	ПК-13.1 ПК-4.1
45.	Активные фильтры второго порядка Саллена-Ки. Расчет передаточной характеристики. Пример синтеза активного фильтра Саллена-Ки 2-го порядка при одинаковых номиналах резисторов и конденсаторов.	ПК-13.1 ПК-4.1
46.	Общие представления о генерировании электрических колебаний. Условия баланса амплитуд и фаз. Генератор гармонических колебаний с индуктивной (трансформаторной) связью. Условия возникновения колебаний.	ПК-4.1
47.	Генератор гармонических колебаний с индуктивной (трансформаторной) связью. Определение стационарной амплитуды и частоты колебаний, анализ мягкого и жесткого режимов возбуждения.	ПК-4.1
48.	Трехточечные схемы LC-генераторов. Условие баланса амплитуд. Схемы с «емкостной и индуктивной трехточкой». Примеры практической реализации.	ПК-13.1
49.	RC-генераторы электрических колебаний с фазовращателем. Применение интегрирующих и дифференцирующих цепочек в петле обратной связи. Определение частоты генерируемых колебаний. Способы улучшения формы колебаний.	ПК-13.1
50.	RC-генераторы электрических колебаний с мостом Вина. Определение частоты генерируемых колебаний. Способы улучшения формы колебаний.	ПК-13.1
51.	Релаксационные генераторы на транзисторах. Принцип работы мультивибратора. Определение периода и скважности колебаний. Построение мультивибратора на ОУ. Генераторы линейно-изменяющегося напряжения на транзисторах и ОУ.	ПК-13.1
52.	Гиратор. Схемы гираторов на одном и двух ОУ. Пример применения в приемнике сигналов АМ радиостанций.	ПК-13.1
53.	Аналоговые перемножители сигналов. Основные схемы и принципы работы аналоговых перемножителей, их достоинства и недостатки.	ПК-13.1
54.	Системы автоматизации научных исследований. Структурные схемы многоканальной подсистемы аналогового ввода и подсистемы аналогового вывода. Состав одного канала подсистем аналогового ввода/вывода и формирование сигнала в канале.	ПК-13.1 ПК-13.2

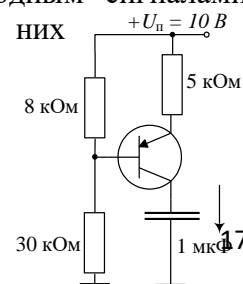
55.	Элементы схем подсистем аналогового ввода и вывода – аналоговый коммутатор, устройство выборки/хранения, принцип действия и примеры реализации ЦАП и АЦП.	ПК-13.1 ПК-13.2
56.	Принципы аналоговой радиосвязи. Виды аналоговой модуляции. Структурные схемы приемников аналоговых сигналов. Приемник прямого усиления и супергетеродинный приемник, их характеристики.	ПК-13.1 ПК-4.1
1.	Аналоговые и цифровые сигналы. Импульсные сигналы и их параметры.	ПК-4.1
2.	Уровни представления (модели) цифровых устройств.	ПК-13.2 ПК-4.1
3.	Цифровые интегральные микросхемы. Основные серии цифровых ИС. Входные и выходные каскады цифровых ИС. Выход с открытым коллектором и Z-состоянием.	ПК-13.1
4.	Схемотехника простейших логических элементов И, НЕ, И-НЕ, ИЛИ ТТЛ и КМОМ серий.	ПК-13.1
5.	Элементы алгебры логики. Позиционные системы счисления (2, 10, 16). Дополнительный код, код Грея.	ПК-4.1
6.	Основы теории алгебры логики. Аксиомы и законы алгебры логики.	ПК-4.1
7.	Основные логические элементы, их условные обозначения, таблицы истинности и динамические параметры.	ПК-13.1
8.	Реализация произвольных функций на основе логических элементов. Совершенная дизъюнктивная (конъюнктивная) нормальная форма и ее применение для реализации логических схем.	ПК-13.1
9.	Минимизация функций. Карты Карно, их структура и примеры применения для реализации логических схем.	ПК-4.1
10.	Цифровая электроника. Общее представление о комбинационных и последовательностных устройствах. Явление состязаний или гонок.	ПК-13.2 ПК-4.1
11.	Комбинационные устройства. Сумматоры, шифраторы и дешифраторы. Внутренняя структура и принцип работы.	ПК-13.1
12.	Комбинационные устройства. Цифровые компараторы, мультиплексоры и преобразователи кодов. Внутренняя структура и принцип работы.	ПК-13.1
13.	Последовательностные устройства. Общее представление о триггерах, их классификация, основные параметры, назначение и способы описания работы. Синхронные и асинхронные устройства.	ПК-13.1 ПК-13.2
14.	Триггеры RS-, D-, T-, JK-типа. Внутренняя структура и принцип работы.	ПК-13.1
15.	Последовательностные устройства. Регистры данных и регистры сдвига. Синхронные и асинхронные счетчики импульсов и делители частоты. Счетчик Джонсона.	ПК-13.1
16.	Функциональные схемы построения счетчиков по произвольному основанию. Пример реальной схемы.	ПК-13.1
17.	Запоминающие устройства, их назначение и классификация. Структура микросхем ПЗУ.	ПК-4.1
18.	Оперативные запоминающие устройства (ОЗУ). Структура статического и динамического ОЗУ.	ПК-13.1
19.	Принципы построения схем памяти большого объема. Схемы	ПК-13.1

	наращивания разрядности адреса и данных.	
20.	Специальные структуры организации доступа к памяти. Схемы стека (LIFO) и очереди FIFO.	ПК-13.1
21.	Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Программируемая логическая матрица (ПЛИМ).	ПК-13.1
22.	Виды (эволюция) программируемых логических интегральных схем. Общее представление о структуре современных ПЛИС.	ПК-4.1
23.	Примеры реализации распространенных цифровых устройств. Формирователи коротких импульсов, схемы выделения фронтов, начальной установки.	ПК-13.1
24.	Примеры реализации распространенных цифровых устройств. Схемы защиты от дребезга контактов и синхронизаторов импульсных последовательностей.	ПК-13.1
25.	Генераторы импульсов и одновибраторы (ждущие мультивибраторы). Схемы генераторов импульсных последовательностей на сдвиговых регистрах.	ПК-13.1
26.	Примеры реализации схем умножения целых чисел.	ПК-13.1
27.	Динамическая индикация. Пример реализации схемы для 16 семисегментных индикаторов.	ПК-13.1 ПК-13.2
28.	Радиотехнические системы передачи информации. Временной и частотное уплотнение.	ПК-4.1
28.	Амплитудная модуляция–демодуляция сигналов. Преобразование спектра при модуляции, энергетические соотношения. Обычное и синхронное детектирование.	ПК-4.1
30.	Примеры схемотехнической реализации АМ– модуляторов и демодуляторов. АМ–детектор, линейный и квадратичный режим работы.	ПК-13.1
31.	Угловая модуляция. Фазовая и частотная модуляции, их особенности, основные параметры – индекс модуляции и девиация частоты. Пример технической реализации ЧМ–модулятора.	ПК-13.1
32.	Спектры сигналов с угловой модуляцией. Зависимость ширины спектральной полосы от параметров модуляции.	ПК-4.1
33.	Демодуляция ЧМ–сигналов. Балансный и дробный частотные детекторы.	ПК-4.1
34.	Квадратурная модуляция. Фазовая манипуляция, сигналы с ФМ-2 и ФМ-4 фазовой модуляцией.	ПК-4.1
35.	Принципы реализации ФМ-2 и ФМ-4 модуляторов и демодуляторов.	ПК-4.1
36.	Схемы фазовой автоподстройки частоты, порядок ФАПЧ, принцип работы. Применение схемы Костаса для демодуляции ФМ– сигналов.	ПК-13.1

### 5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-4.2

1. Как можно измерить фазовый сдвиг между входным и выходным сигналами дифференцирующей и интегрирующей цепочек при прохождении через них гармонического сигнала?

2. Объясните эпюры напряжения, полученные при моделировании работы симметричного мультивибратора с разделительными диодами.



*Задания реализуются в ходе выполнения лабораторных работ.*

*Задания реализуются в ходе выполнения лабораторных работ.*

2. Исследование интегрирующей RC – цепи. Произвести измерения согласно описанию лабораторной работы. Сравнить с результатами теоретических расчетов.

4. Произвести измерение основных параметров мощности усилителя согласно описанию лабораторной работы.

6. Провести моделирование поведения схемы фильтра в каком-либо из пакетов схемотехнического моделирования, получить модельные частотные характеристики, сравнить с экспериментально измеренными.

а) основная литература:

- б) дополнительная литература:

- 18

3. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Высшая школа, 1984. – 558 с. 10 экз.
4. Бакалов В.П., Дмитриков В.Ф., Крук Б.Е. Основы теории цепей: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 2000. – 592 с. 3 экз.
5. Ушаков В. Н. Основы радиоэлектроники и радиотехнические устройства. – М.: Высшая школа, 1976 – 424 с. 5 экз.
6. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы. – М.: Высшая школа, 1987. – 479 с. 9 экз.
7. Коломберт Е.А., Юркович К., Золд Я. Применение аналоговых микросхем. – М.: Радио и связь, 1990. – 320 с.
8. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники. – М.: Радио и связь, 1990. – 512 с. 8 экз.
9. Джонс М.Х. Электроника – практический курс. – М.: Постмаркет, 1999. – 528 с. 4 экз.
10. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. – М.: Мир, 1986. – 600 с. 5 экз.

**в) Интернет-ресурсы:**

1. Орлов И.Я., Односец В.А., Ивлев Д.Н., Лупов С.Ю. Основы радиоэлектроники: Электронное учебное пособие / Н.Новгород: Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского, 2011. – 169 с/ ([http://www.unn.ru/books/met\\_files/fund\\_radio\\_el.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/fund_radio_el.pdf).)
2. Транзисторные усилители низкой частоты. (Учебно-методический материал для лабораторного практикума) / Сост. О.А. Морозов. – Изд-во ННГУ, Н. Новгород, 2010. – 31 с. (<http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/109.pdf>).

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения занятий предназначены лекционные аудитории физического факультета ННГУ (ауд. №507, №509, №516), аудитории, оборудованные персональными компьютерами, объединенными в сеть с выходом в Интернет (№528), установлено лицензионное программное обеспечение. При проведении лекционных занятий может быть использована аудитория (№517), оснащенная мультимедийным проектором.

Лабораторный практикум проводится в специализированной аудитории (№520), оснащенной измерительным оборудованием, средствами вычислительной техники, источниками питания и макетами лабораторных устройств.

Разработка программного обеспечения, управляющего макетами устройств осуществляется в среде программирования Microsoft Visual Studio, MicroCap (демо-версия).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Автор:

д.ф.-м.н., профессор кафедры ИТФИ

\_\_\_\_\_

Морозов О.А.

Рецензент

д.ф.-м.н., профессор, зав. каф.  
статистической радиофизики и  
мобильных систем связи РФФ

\_\_\_\_\_

Мальцев А.А.

Заведующий кафедрой ИТФИ

д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_

Фидельман В.Р.

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета ННГУ.

Председатель УМК физ.ф-та \_\_\_\_\_ Перов А.А.