

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
электроники

*Бобрешов А.М.*

31.08.2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.09 Теория и техника современного радиофизического**  
**эксперимента**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

*03.04.03 Радиофизика*

**2. Профиль подготовки/специализация:**

*Микроэлектроника и полупроводниковые приборы*

**3. Квалификация выпускника: магистр**

**4. Форма обучения: очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: электроники**

**6. Составители программы:**

*Усков Г.К., д.ф.-м.н., доцент, Каменцев О. К., аспирант*

**7. Рекомендована:**

*НМС физического факультета 30.08.2021, № протокола: 8*

**8. Учебный год: 2022/2023**

**Семестр(ы): 1**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью данного курса является получение знаний в области измерений параметров, тестирования, проверки соответствию стандартам радиотехнического оборудования и первичной обработки экспериментальных данных на современных измерительных приборах.

После успешного завершения данного курса студенты должны уметь проводить измерения характеристик и тестирование оборудования по российским и международным стандартам для промышленных применений и исследовательских целей.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Для изучения дисциплины студенты должны обладать знаниями в области радиоэлектроники, физической и полупроводниковой электроники, теоретических основ радиотехники, электродинамики СВЧ и электромагнитной совместимости.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности.	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Владеет знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики и применяет их для решения научно-исследовательских задач. Применяет знания фундаментальных разделов физики и радиофизики в сфере педагогической деятельности. Использует математические модели, необходимые для решения профессиональных задач.	Знать: иметь представление о системе международных и российских стандартов в области измерений. Знать российские и международные стандарты в области тестирования и измерения параметров СВЧ устройств.  Уметь: проводить измерения параметров СВЧ устройств согласно международным и российским стандартам.  Владеть: математическим аппаратом проведения экспериментальных измерений основных параметров СВЧ устройств.
ОПК-3	Способен применять современные информационные технологии, использовать компьютерные сети и программные продукты для решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-3.1 ОПК-3.3	Владеет современным прикладным программным обеспечением, необходимым для решения задач профессиональной деятельности. Владеет знаниями об интерфейсах подключения радиоизмерительного оборудования и применении компьютерных сетей для решения задач профессиональной деятельности	Знать: инструменты автоматизации и интерфейсы для сопряжения с ПЭВМ современных измерительных приборов.  Уметь: проводить первичную обработку экспериментальных данных используя встроенное программное обеспечение измерительных приборов. Взаимодействовать с измерительными приборами с ПЭВМ используя интерфейсы USB или локальную вычислительную сеть.  Владеть: знаниями об интерфейсах подключения радиоизмерительного оборудования.
ПК-4	Способен проводить исследова-	ПК-4.2	Проводит экспериментальные ис-	Знать: методики измерения параметров современных СВЧ устройств

	ния, направленные на решение исследовательских задач в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта в области профессиональной деятельности		следования по заданной тематике, управляя высокотехнологичным оборудованием	<p>Уметь: проводить измерения параметров СВЧ устройств с использованием современных измерительных приборов.</p> <p>Владеть: методологическим аппаратом проведения экспериментальных измерений основных параметров СВЧ устройств.</p>
ПК-5	Способен обрабатывать, интерпретировать, оформлять и представлять профессиональному сообществу результаты проведенных исследований	ПК-5.1 ПК-5.2	Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов и программного обеспечения. Анализирует полученные результаты и дает их физическую интерпретацию в контексте выбранной области профессиональной или научной сферы	<p>Знать: методики обработки полученных результатов измерения параметров исследуемых систем.</p> <p>Уметь: проводить анализ и давать физическую интерпретацию полученных результатов измерений СВЧ устройств.</p> <p>Владеть: математическим аппаратом для интерпретации полученных результатов измерений СВЧ устройств для получения оценок их характеристик.</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.**

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		1		...
Аудиторные занятия				
в том числе:	лекции	12	12	
	практические			
	лабораторные	12	12	
Самостоятельная работа	48	48		
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)	36	36		
Итого:	108	108		

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Проведение измерений и первичной обработки экспериментальных данных.	Методика измерений параметров СВЧ устройств (усилителей, антенн, кабелей связи). Первичная обработка результатов измерений с использованием встроенного программного обеспечения современных измерительных приборов.
1.2	Инструменты автоматизации измерений и интерфейсы сопряжения с ПЭВМ	Автоматизация измерений с помощью встроенного программного обеспечения современных измерительных приборов. Взаимодействие ПЭВМ с измерительными приборами по интерфейсам USB, RS232 или локальной сети. Индустриальные стандарты для коммуникации с измерительными инструментами — SCPI, GPIB, VISA.

1.3	Стандарты на проведение измерений и тестирование СВЧ устройств.	Действующие российские и международные стандарты на проведение измерений и сертификацию оборудования.
<b>2. Лабораторные работы</b>		
2.1	Tektronix DPO4102B	Первичная обработка данных на приборе, интерфейсы подключения для экспорта данных, управление прибором по ЛВС и USB.
2.2	Agilent DCA-X 86100D Wide Band Oscilloscope.	Первичная обработка данных на приборе, интерфейсы подключения для экспорта данных, управление прибором по ЛВС и USB.
2.3	Agilent PNA-I Network Analyzer N5230C	Первичная обработка данных на приборе, интерфейсы подключения для экспорта данных, управление прибором по ЛВС и USB.
2.4.	Agilent N9010A EXA Signal Analyzer	Первичная обработка данных на приборе, интерфейсы подключения для экспорта данных, управление прибором по ЛВС и USB.
2.5.	Keysight N5172B EXG Vector Signal Generator	Первичная обработка данных на приборе, интерфейсы подключения для экспорта данных, управление прибором по ЛВС и USB.
2.6.	Построение измерительного стенда для проведения сертификационных испытаний	Построение стенда для проведения испытаний по одному из рассмотренных стандартов (российскому или зарубежному) и подготовка отчёта о проведённых измерениях.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Проведение измерений и первичной обработки экспериментальных данных.	4	-	-	8	12
2	Инструменты автоматизации измерений и интерфейсы сопряжения с ПЭВМ	4	-	-	8	12
3	Стандарты на проведение измерений и тестирование СВЧ устройств.	4			8	12
4	tektronix dpo4102b	-	-	3	6	9
5	agilent dca-x 86100d wide band oscilloscope.	-	-	3	6	9
6	agilent pna-i network analyzer n5230c	-	-	3	6	9
7	Построение измерительного стенда для проведения сертификационных испытаний	-	-	3	6	9
	Итого:	12	-	12	48	72

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины необходима регулярная и планомерная работа с конспектом лекций и литературой, выполнение практических и лабораторных работ.

**Лекции** представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в его тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. Рекомендуется записывать не каждое слово лектора, а постараться записать его основную мысль, используя понятные сокращения.

После окончания лекции нужно просматривать конспект для определения материала, вызывающего затруднения для понимания. После этого следует обратиться к рекомендуемой в настоящей программе литературе с целью углубленного изучения проблемного вопроса. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания, поэтому необходимо просматривать несколько источников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. В случае если проблемы с пониманием остались, необходимо обратиться к преподавателю на ближайшей лекции с заранее сформулированными вопросами.

Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал, и проверять свои знания отвечая на контрольные вопросы в рекомендуемых учебных пособиях.

**Практические занятия** позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо разобрать лекцию по соответствующей теме и ознакомиться с соответствующим разделом литературы. При выполнении лабораторных и практических работ студенты должны применить полученные теоретические знания для проведения реальных измерений и обработки экспериментальных данных на оборудовании. Подготовка к защите работ должна включать повторение лекционного материала и работу с предлагаемой учебной литературой. Перечень контрольных вопросов к защите приводится в методических указаниях к лабораторной работе. При оформлении пояснительной записки следует придерживаться правил ЕСКД.

**Самостоятельная работа** студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, документацией к приборам и с документацией для дополнительного ПО для ПК, используемого для управления и обработки данных, а также проработка конспектов лекций;
- выполнение домашних заданий;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к практическим и лабораторным работам, зачетам и экзаменам.

Кроме литературы из основного списка рекомендуется самостоятельно использовать дополнительную. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками. Для проверки знания по изученной теме необходимо ответить на контрольные вопросы, выдаваемые преподавателем на лекциях в конце изучения соответствующего раздела.

При изучении дисциплины рекомендуется использовать возможности сети интернет для получения дополнительной информации по рассматриваемой теме.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к онлайн-занятиям, ответственно подходить к выполнению заданий для самостоятельной работы.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Страуструп, Б.. Язык программирования C++. Специальное издание = <i>The C++ programming language. Special edition.</i> / Бьерн Страуструп ; пер. с англ. под ред. Н.Н. Мартынова .— Москва : Бином, 2015 .— 1135 с.
2.	Прата С. Язык программирования C++ : лекции и упражнения / Стивен Прата ; [пер. с англ. Ю.И. Корниенко, А.А. Моргунова ; под ред. Ю.Н. Артеменко] .— 6-е изд. — Москва ; Санкт-Петербург ; Киев : Вильямс, 2016 .— 1244 с.

### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Раннев Г. Г. Измерительные информационные системы : учебник / Г.Г. Раннев .— Москва : Academia, 2010 .— 329, с.

### в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
4.	Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI): SCPI-99 <a href="http://www.ivifoundation.org/docs/scpi-99.pdf">http://www.ivifoundation.org/docs/scpi-99.pdf</a>
5.	VISA Implementation: VPP-4.3: The VISA Library <a href="http://www.ivifoundation.org/docs/vpp43_2016-02-26.pdf">http://www.ivifoundation.org/docs/vpp43_2016-02-26.pdf</a>
6.	Набор библиотек ввода/вывода IO Libraries Suite <a href="http://www.keysight.com/en/pd-1985909/io-libraries-suite?cc=US&amp;lc=eng">http://www.keysight.com/en/pd-1985909/io-libraries-suite?cc=US&amp;lc=eng</a>
7.	TEKVISA CONNECTIVITY SOFTWARE — V4.1.1 <a href="http://www.keysight.com/en/pd-1985909/io-libraries-suite?cc=US&amp;lc=eng">http://www.keysight.com/en/pd-1985909/io-libraries-suite?cc=US&amp;lc=eng</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
8.	Прата С. Язык программирования C++ : лекции и упражнения / Стивен Прата ; [пер. с англ. Ю.И. Корниенко, А.А. Моргунова ; под ред. Ю.Н. Артеменко] .— 6-е изд. — Москва ; Санкт-Петербург ; Киев : Вильямс, 2016 .— 1244 с.

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Среда разработки MS Visual Studio, библиотеки для связи с приборами Keysight IO Libraries Suite и TEKVISA..

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория в составе: ПК с установленными средой разработки MS Visual Studio, библиотеками для связи с приборами Keysight IO Libraries Suite и TEKVISA. Измерительные приборы Agilent PNA-I Network Analyzer N5230C, Keysight DC Power Supply U8031A, Tektronix DPO4102B Digital Oscilloscope, Agilent DCA-X 86100D Wide Band Oscilloscope. Agilent N9010A EXA Signal Analyzer, Keysight N5172B EXG Vector Signal Generator.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Проведение измерений и	ОПК-1.1, ПК-4.2,	Владеет знаниями фундаментальных разделов физики и радиофи-	Практические задания

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	первичной обработки экспериментальных данных.	ПК-5.1	зика и применяет их для решения научно-исследовательских задач	
2.	Инструменты автоматизации измерений и интерфейсы сопряжения с ПЭВМ	ПК-4.2, ОПК-3.1, ОПК-3.3,	Владеет знаниями об интерфейсах подключения радиоизмерительного оборудования и применении компьютерных сетей для решения задач профессиональной деятельности	Практические задания
3	Стандарты на проведение измерений и тестирование СВЧ устройств.	ОПК-1.3 ПК-4.2 ПК-5.2	Анализирует полученные результаты и дает их физическую интерпретацию в контексте выбранной области профессиональной или научной сферы	Практические задания
Промежуточная аттестация форма контроля – зачёт, экзамен				Перечень вопросов к зачёту Перечень вопросов к экзамену

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практические задания, рефераты.

Перечень практических заданий:

1. Измерение параметров импульсных сигналов во временной области
2. Измерение и обработка линейных матриц рассеяния пассивных элементов в СВЧ диапазоне
3. Измерение переходной характеристики усилителя в СВЧ диапазоне
4. Измерение параметров импульсных сигналов в частотной области
5. Диаграммы направленности и антенные измерения в частотной области
6. Диаграммы направленности и антенные измерения во временной области
7. Измерение диэлектрической проницаемости в СВЧ диапазоне волноводным методом
8. Автоматизация измерений пассивных фильтров

Темы рефератов:

1. Интерфейс GPIB для взаимодействия с измерительными приборами.
2. Реализация доступа к измерительным приборам с использованием интерфейса RS232.
3. Протокол взаимодействия с измерительными приборами VISA.
4. Использование протокола VISA в различных языках программирования и математических пакетах.
5. Международные стандарты, регламентирующие проведение измерений радиотехнического оборудования.
6. Российские стандарты, регламентирующие проведение измерений радиотехнического оборудования.

Практические задания выполняются студентами как в аудиториях, так и самостоятельно. Результаты предоставляются преподавателю. Переход к выполнению следующего практического задания возможен только при условии успешной сдачи предыдущей.

За реферат студент получает оценку «зачтено», если в нём полностью раскрыта тема и студент в состоянии ответить на дополнительные вопросы и объяснить связь теории, изложенной в реферате с практическим применением.

За практическую работу студент получает оценку «зачтено», если может продемонстрировать процесс проектирования системы связи, расчёт её основных характеристик, дать физическое объяснение полученных результатам и внести в программу модификации по требованию преподавателя.

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к экзамену.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Методика измерений параметров СВЧ усилителей.
2. Методика измерений параметров СВЧ антенн.
3. Методика измерений параметров СВЧ кабелей связи.
4. Обработка результатов измерений с использованием встроенного программного обеспечения современных измерительных приборов.
5. Автоматизация измерений с помощью встроенного программного обеспечения современных измерительных приборов.
6. Взаимодействие ПЭВМ с измерительными приборами по интерфейсу USB.
7. Взаимодействие ПЭВМ с измерительными приборами по интерфейсу RS232.
8. Взаимодействие ПЭВМ с измерительными приборами по локальной сети.
9. Индустриальный стандарт для коммуникации с измерительными инструментами — SCPI.
10. Индустриальный стандарт для коммуникации с измерительными инструментами — GPIB.
11. Индустриальный стандарт для коммуникации с измерительными инструментами — VISA.
12. Цифровые осциллографы. Первичная обработка данных на приборе, интерфейсы подключения для экспорта данных, управление по ЛВС и USB.
13. Анализаторы цепей. Первичная обработка данных на приборе, интерфейсы подключения для экспорта данных, управление по ЛВС и USB.
14. Анализаторы сигналов. Первичная обработка данных на приборе, интерфейсы подключения для экспорта данных, управление прибором по ЛВС и USB.
15. Стробоскопический осциллограф. Первичная обработка данных на приборе, интерфейсы подключения для экспорта данных, управление прибором по ЛВС и USB.
16. Калибровка радиоизмерительных приборов СВЧ диапазона во временной области.
17. Калибровка радиоизмерительных приборов СВЧ диапазона в частотной области.
18. Российские стандарты на проведение измерений и тестирование СВЧ устройств.
19. Международные стандарты на проведение измерений и тестирование СВЧ устройств.
20. Проведение сертификационных испытаний в СВЧ диапазоне.

Экзамен проводится в виде устного ответа на вопросы, заданные преподавателем из списка вопросов к экзамену.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом курса;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) владение навыками проведения современного радиофизического эксперимента.



Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области проектирования систем связи</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, допускает ошибки при решении практических задач в области проектирования систем связи.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области проектирования систем связи</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области проектирования систем связи</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>