

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Методы радиофизических измерений

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

03.03.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы

Радиофизика и электроника

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.33 Методы радиофизических измерений относится к обязательной части образовательной программы.

## 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 индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;	ОПК-1.1: Обладает фундаментальными знаниями в области физики и радиофизики ОПК-1.2: Анализирует физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач ОПК-1.3: Решает научно-исследовательские задачи, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1.1: Знать методические основы метрологии. Владеть базовым математическим аппаратом.  ОПК-1.2: Знать методические основы метрологии. Владеть базовым математическим аппаратом.  ОПК-1.3: Знать методические основы метрологии. Владеть базовым математическим аппаратом.	Задачи	Зачёт: Задачи
ПК-1: Способен осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1: Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2: Осваивает новые технологии радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	ПК-1.1: Знать принципы построения и особенности схемотехники радиоэлектронных устройств измерительной аппаратуры.. Уметь рационально выбрать квазиоптимальный метод измерений .  ПК-1.2: Знать принципы построения и особенности схемотехники радиоэлектронных устройств измерительной аппаратуры.	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

		Уметь рационально выбрать квазиоптимальный метод измерений .		
ПК-2: Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	<p>ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации.в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики</p>	<p>ПК-2.1: Знать современные методы методы измерений параметров ЭМ полей и сигналов. Владеть простейшими алгоритмами программирования микропроцессоров серии MSP400 в задачах обработки измерительной информации.</p> <p>ПК-2.2: Знать современные методы методы измерений параметров ЭМ полей и сигналов. Владеть простейшими алгоритмами программирования микропроцессоров серии MSP400 в задачах обработки измерительной информации.</p> <p>ПК-2.3: Знать современные методы методы измерений параметров ЭМ полей и сигналов. Владеть простейшими алгоритмами программирования микропроцессоров серии MSP400 в задачах обработки измерительной информации.</p>	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
<b>- занятия лекционного типа</b>	<b>16</b>

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф
Тема 1. Общие сведения об измерениях, видах погрешностей и методах их устранения	4	2		2	2
Тема 2. Цифровые методы измерений и их специфика	9	4	4	8	1
Тема 3. Методы измерений постоянных и низкочастотных ЭМ полей	14	2	4	6	8
Тема 4. Особенности измерения характеристик радиочастотных и СВЧ полей	15	3	4	7	8
Тема 5. Оптимальные и квазиоптимальные методы измерений параметров сигналов	15	3	2	5	10
Тема 6. Спектральное оценивание детерминированных и случайных процессов	14	2	2	4	10
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	16	33	39

### Содержание разделов и тем дисциплины

Аудиторные лекционные занятия, лабораторные занятия с использованием комплекта измерительной аппаратуры фирмы "National Instruments" и персональных компьютеров

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 16 ч.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающихся по данной дисциплине заключается в самостоятельном изучении материала, закрепляющего и дополняющего полученные в рамках лекционных занятий знания. Самостоятельная работа ведётся с использованием литературных источников. Задания для самостоятельной работы выдаются обучающимся по окончании изучения каждой темы. Контроль самостоятельной работы проводится во время аттестации (зачёта)

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:**

Задачи для текущего контроля совпадают с задачами для промежуточной аттестации.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
не зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

Вопросы для текущего контроля совпадают с контрольными вопросами.

#### **5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

Вопросы для текущего контроля совпадают с контрольными вопросами.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
не зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	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 и несущественными 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 базовых навыков.	При решении стандартных задач не	Имеется минимальный набор	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы навыки	Продemonстрирован творческий

	Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	подход к решению нестандартных задач
--	--	--	--	---	---	--	--------------------------------------

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование 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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Задача 1. Получена серия измерений напряжения {3,3; 3,5; 4,3} дБ мВ. Привести результаты точечной и интервальной оценки. Результат выразить в вольтах с

указанием точности.

Задача 2. Вольтметром класса точности  $\rho=2$  получена серия измерений постоянного напряжения  $V=\{0,99; 1,04; 1,06; 0,98; 1,07\}$  В. Соответствуют ли результаты измерений заявленному классу точности?

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задача 1. Оценить СКО шума квантования для АЦП разрядности  $R=8$  и верхним пределом преобразования, равным  $V=5$  В.

Задача 2. Феррозонд измеряет постоянное магнитное поле и имеет следующие параметры

- диаметр стержня феррозонда  $d=1$  см
- число витков измерительной обмотки  $n=1000$
- частота тока подмагничивания  $F=1500$  Гц
- динамическая магнитная проницаемость  $J=90.000$
- выходное напряжение  $V=-25$  дБмВ

Оценить напряженность магнитного поля.

Задача 3. Датчик Холла, используемый для измерения СВЧ мощности, имеет чувствительность  $s=0,1$  В/Тл. Измеренная ЭДС Холла равна  $V=-15$  дБмВ. Оценить плотность потока СВЧ мощности.

Задача 4. Рассчитать характеристики цифрового ФНЧ в частотной области

### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задача 1. Дипольная антенна имеет размер  $2L=0,25$  м и используется на частоте  $f=80$  МГц. Напряжение на выходе антенны  $V=-13$  дБмВ. Оценить плотность потока мощности ЭМ поля

Задача 2. Диполь запитывается гармоническим током с амплитудой  $J=-13$  дБА. Длина диполя  $2L=1,5$  м, частота  $f=98,6$  МГц. Рассчитать эффективное значение плотности потока мощности ЭМ излучения на расстоянии  $R=100$  м от диполя.

Задача 3. Пояснить методику измерения АЧХ и ФЧХ цифрового ФНЧ с использованием реальных сигналов.

Задача 4. Оценить линейность ФЧХ цифрового фильтра.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
не зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из



Оценка	Критерии оценивания
	материала дисциплины.

### **5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

1. Система единиц СИ, единицы системы СИ для электромагнитных величин.
2. Виды погрешностей измерений и их источники.
3. Методы уменьшения систематических аддитивных и мультипликативных погрешностей.
4. Модуляционный метод измерений.
5. Трансверсальный цифровой ФНЧ и его устойчивость
6. Рекурсивный цифровой ФНЧ и его устойчивость
7. Производительность измерительной системы.
8. Оптимальные алгоритмы измерения параметров сигналов (метод максимального правдоподобия).
9. Различия Фурье-спектра, текущего и мгновенного спектров.
10. Цифровой анализатор спектра.
11. Разрешающая способность и время анализа анализаторов спектра параллельного и последовательного типа.
12. Назначение и определение цифрового фильтра.
13. Характеристики цифрового фильтра в частотной области.

### **5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2**

1. Структура АЦП, шум квантования
2. Измерение напряженности квазистатического электрического поля
3. Методы магнитных измерений в зависимости от величины напряженности низкочастотного магнитного поля.
4. Магнитомодуляционный измеритель напряженности магнитного поля (феррозонд).
5. Использование ЯМР для магнитных измерений.
6. Измерение предельно слабых магнитных полей (СКВИД).

7. Метод эталонной антенны.
8. Метод эталонного поля.
9. Измерение СВЧ мощности и КСВ в линиях передачи.
10. Зондовый метод измерения мощности и КСВ.
11. Квазиоптимальные методы измерения частоты.
12. Цифровой измеритель фазовых сдвигов.
13. Модели целочисленных БИХ и КИХ фильтров.
14. Проектирование цифровых фильтров методами целочисленного нелинейного программирования

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
не зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины.

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Винокуров Виктор Иванович. Электрорадиоизмерения : [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов] / под ред. В. И. Винокурова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 350, [1] с. : ил. - 1.10., 11 экз.
2. Измерения в электронике : справочник / [В. А. Кузнецов и др.] ; под ред. В. А. Кузнецова. - М. : Энергоатомиздат, 1987. - 509, [2] с. : ил. - 3.60., 3 экз.
3. Мирский Григорий Яковлевич. Электронные измерения. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1986. - 439, [1] с. : ил. - Загл. 3-го изд. : Радиоэлектронные измерения. - 1.90., 2 экз.
4. Мейзда Ф. Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений / пер. с англ. В. Д. Новикова. - М. : Мир, 1990. - 535 с. : ил. - ISBN 5-03-001510-8 (в пер.) : 2.60., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Лавренчик Владимир Николаевич. Постановка физического эксперимента и статистическая обработка результатов : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - М. : Энергоатомиздат, 1986. - 269, [1] с. : граф. - 0.95., 1 экз.

2. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC / под ред. У. Томпкинса, Д. Уэбстера ; пер. с англ. Ю. А. Кузьмина, В. М. Матвеева. - М. : Мир, 1992. - 589 с. : ил. - ISBN 5-03-002132-9 : 117.00., 2 экз.
3. Дворяшин Борис Владимирович. Радиотехнические измерения : [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов]. - М. : Советское радио, 1978. - 359 с. : ил. - 0.95., 15 экз.
4. Кушнир Флор Васильевич. Измерения в технике связи : [учеб. для электротехн. ин-тов связи] / под ред. Ф. В. Кушнера. - 2-е изд., доп. и перераб. - М. : Связь, 1976. - 431 с. : ил. - 1.21., 1 экз.
5. Харт Ханс. Введение в измерительную технику = Einführung in die Messtechnik / пер. с нем. Гельмана М. М. ; предисл. Кузнецова В. А. - М. : Мир, 1999. - 391 с. : ил. - 91.00., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Комплект контрольно-измерительной аппаратуры фирмы "National Instruments",

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Ковалев Федор Николаевич, доктор технических наук, доцент.

Рецензент(ы): Грач Савелий Максимович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 г., протокол № 09/23.