

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 Ученого совета ННГУ
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Метрология и радиоизмерения

Уровень высшего образования
Специалитет

Направление подготовки / специальность
11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

Направленность образовательной программы
Радиотехнические системы и комплексы сбора и обработки информации

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.32 Метрология и радиоизмерения 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-5: Способен учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности	ОПК-5.1: Анализирует современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники ОПК-5.2: Использует современную электронику, измерительную и вычислительную технику	ОПК-5.1: Умение оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению электронных систем. Знание современных систем стандартизации. Понимание принципов устройства (АЦП/ЦАП) и особенностей работы современной измерительной и вычислительной техники. ОПК-5.2: Знакомство с особенностями использования осциллографических пробников, основами разводки плат, видами АЦП/ЦАП и т.д.	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы
ОПК-9: Способен осваивать работу на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения научно-технических задач в области радиотехники	ОПК-9.1: Понимает основные методы измерения параметров и характеристик радиотехнических устройств ОПК-9.2: Измеряет параметры электрических сигналов в цепях переменного и постоянного токов, оценивает погрешности измерений	ОПК-9.1: Умение определять технические характеристики электронных систем. Понимание методов измерения частоты, мощности, корреляционной функции, джиттера и т.д. ОПК-9.2: Умение планировать и проводить экспериментальное исследование электронных систем, в том	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

		числе проводить оценку погрешностей измерений. Знание способов минимизации погрешностей. Понимание постановки измерительной задачи, например, при анализе цифрового канала связи.		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- 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 и краткое содержание 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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1 Основные понятия метрологии	7	4	0	4	3
Тема 2 Погрешности измерений и обработка результатов измерений	14	6	0	6	8
Тема 3 Методы измерения параметров электромагнитных сигналов	18	8	0	8	10
Тема 4 Измерение параметров цепей с сосредоточенными и распределёнными постоянными	16	7	0	7	9
Тема 5 Метрологическое обеспечение проектирования и эксплуатации защищённых телекоммуникационных систем	16	7	0	7	9
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	0	33	39

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

а) основная литература:

1. С.И.Боридько, Н.В.Дементьев, Б.И.Тихонов, И.А.Ходжаев. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. — Горячая Линия - Телеком, 2012. Электронный ресурс: ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
2. Хамадулин Э.Ф. Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах. - М.:Юрайт, 2009. Электронный ресурс: электронная библиотека Юрайт<https://biblio-online.ru>

б) дополнительная литература:

1. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] / Степанов А.М., Пучка О.В., Шахова Л.Д., Митякина Н.А. - М.: Издательство АСВ, 2016. – Электронный ресурс: ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939798.html>
2. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике [Электронный ресурс] / Афонский А.А., Дьяконов В.П. - М.: ДМК Пресс, 2011. - Электронный ресурс: ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940746263.html>

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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-5

- 1) Виды и методы измерений. Классификация средств измерений. Единство измерений. Стандартизация в измерительной технике.
- 2) Ошибки измерений. Систематическая и случайная погрешности
- 3) Однократное и многократное измерения, их погрешности. Косвенное измерение и его погрешности.
- 4) Измерение напряжения и силы тока
- 5) Назначение, возможности и проблемы цифровых осциллографов. Режимы запуска осциллографов
- 6) Классификация измерительных пробников. Компенсация пробников.
- 7) СВЧ тракты как направляющие системы. Длинные линии.
- 8) Отражение в длинных линиях от различных нагрузок. Коэффициент стоячей волны.
- 9) Матрица рассеяния четырёхполюсников. Измерение её параметров.
- 10) Измерительная линия.
- 11) Проблемы и методы заземления ВЧ устройств.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-9

Вопросы из набора тем согласно предыдущему пункту.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Понимание материала дисциплины на уровне не ниже «удовлетворительно».
не зачтено	Понимание материала дисциплины на уровне ниже удовлетворительного.

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 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. Невозможность оценить наличие навыков вследствие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	отказа обучающегося от ответа	ошибки	х задач с некоторым и недочетами	некоторым и недочетами	ошибок и недочетов	без ошибок и недочетов	
--	-------------------------------	--------	----------------------------------	------------------------	--------------------	------------------------	--

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

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Зачёт

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Зачёт)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Качество ответов на контрольные вопросы на уровне не хуже удовлетворительного
не зачтено	Качество ответов на контрольные вопросы на уровне ниже удовлетворительного

Типовые задания (Контрольные вопросы - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ОПК-5 (Способен учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности)

- 1) Виды погрешностей и их источники.
- 2) Методы уменьшения погрешностей.
- 3) Методы измерения частоты.
- 4) Методы измерения мощности.
- 5) Анализ распределения вероятностей непрерывного случайного процесса.
- 6) Методы измерения корреляционной функции.
- 7) Измерение электрических параметров линейных цепей.
- 8) Измерение сопротивлений, индуктивностей и ёмкостей.
- 9) Измерение параметров четырёхполюсников на ВЧ.
- 10) Виды и устройство АЦП.
- 11) Виды и устройство ЦАП.
- 12) Основы разводки плат для ВЧ устройств.
- 13) Осциллографические пробники, виды и особенности использования
- 14) Задачи, стоящие при анализе цифрового канала связи.
- 15) Методы измерения джиттера.
- 16) Система стандартизации.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ОПК-9 (Способен осваивать работу на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения научно-технических задач в области радиотехники)

Вопросы согласно списку из предыдущего пункта.

Оценочное средство - Задачи

Зачёт

Критерии оценивания (Задачи - Зачёт)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задача решена полностью или частично
не зачтено	Задача не решена

Типовые задания (Задачи - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ОПК-9 (Способен осваивать работу на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения научно-технических задач в области радиотехники)

Задача 1

Определить пределы инструментальных абсолютной и относительной погрешностей измерения тока $I = 67$ мА, если измерения проводились магнитоэлектрическим миллиамперметром с нулем в начале шкалы, классом точности 1.0 и пределом измерения $A = 100$ мА.

Задача 2

Определить пределы инструментальных абсолютной и относительной погрешностей измерения напряжения $U = 8,6$ В, если измерения проводились магнитоэлектрическим вольтметром с нулем в середине шкалы, классом точности 2,5 и пределами измерения $A = \pm 25$ В.

Задача 3

Оценить инструментальные погрешности измерения тока двумя магнитоэлектрическими миллиамперметрами с классами точности 0,5 и 1.0 и указать, какой из результатов получен с большей точностью, а также, могут ли показания $I_1 = 19,0$ мА и $I_2 = 18,6$ мА исправных приборов отличаться так, как задано в условии? Миллиамперметры имеют нули в начале шкалы и пределы $A_1 = 50$ мА и $A_2 = 20$ мА.

Задача 4

Определить инструментальную абсолютную погрешность измерения сопротивления $R_x = 200$ кОм с помощью комбинированного прибора, если он имеет класс точности 4,0, длину рабочей части шкалы $L = 80$ мм, отметке 200 кОм соответствует длина шкалы $l = 40$ мм.

Задача 5

В результате поверки амперметра установлено, что 70% погрешностей результатов измерений, произведенных с его помощью, не превосходят 20 мА. Считая, что погрешности распределены по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием, определить среднюю квадратическую погрешность.

Задача 6

Погрешности результатов измерений, произведенных с помощью амперметра, распределены по нормальному закону; сигма равно 20 мА, систематической погрешностью можно пренебречь. Сколько независимых измерений нужно сделать, чтобы хотя бы для одного из них погрешность не превосходила 5 мА с вероятностью не менее 0,95?

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

Основная литература:

1. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах / Борицько С.И., Дементьев Н.В., Тихонов Б.Н., Ходжаев И.А. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645989&idb=0>.
2. Хамадулин Э. Ф. Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах : учебное пособие / Э. Ф. Хамадулин. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 315 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-15706-2. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=843325&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Метрология, стандартизация и сертификация / Иванов И. А., Урушев С. В., Кононов Д.

П., Воробьев А. А., Шадрин Н. Ю., Кондратенко В. Г., Под р. И. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 356 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-507-44065-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799280&idb=0>.

2. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике / Афонский А.А., Дьяконов В.П. - Москва : ДМК-пресс, 2011., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=636660&idb=0>.

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

- Электронные библиотеки:

Юрайт <https://biblio-online.ru>

ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: универсальный цифровой осциллограф, универсальный цифровой генератор.

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 специальности 11.05.02 - Специальные радиотехнические системы.

Автор(ы): Саберов Алексей Геннадьевич.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25 мая 2023 г., протокол № 04/23.