

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

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

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

Рабочая программа дисциплины

Радиотехнические системы

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиотехнические системы и комплексы специального назначения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.33, Радиотехнические системы относится к обязательной части ОПОП направления подготовки 11.05.02 Специальные радиотехнические системы.

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	
ОПК-7: Способен применять методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов современной электроники	ОПК-7.1: Понимает основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов. ОПК-7.2: Использует основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов.	ОПК-7.1: Знать основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов. ОПК-7.2: Уметь использовать основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов.	Собеседование, задача (практическое задание)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану	216
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	48
- КСР	3
самостоятельная работа	79
Промежуточная аттестация	54
	экзамен, 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1. Общие сведения о радиолокации. Основные определения. Частотные диапазоны. Классификация РЛС. Системы координат, используемые в радиолокации. Физические принципы радиолокации. Методы обзора пространства. Обобщенная структурная схема РЛС. Основные тактико-технические характеристики РЛС	14	4	4	0	8	6
Тема 2. Радиолокационные цели и характеристики отраженных сигналов. Характеристика среды воздушного пространства и ее влияние на распространение электромагнитных колебаний и условий полета летательных аппаратов. Формирование отраженных радиолокационных сигналов. Сложные, групповые и объемно-распределенные цели	10	2	2	0	4	6
Тема 3. Оптимальные методы приема радиолокационных сигналов. Оптимальные методы обнаружения. Радиолокационные сигналы. Оптимальные фильтры импульсных сигналов. Накопители импульсных сигналов	12	2	2	2	6	6

Тема 4. Дальность радиолокационного наблюдения. Дальность радиолокационного обнаружения в свободном пространстве. Влияние кривизны земной поверхности. Влияние отражения электромагнитных волн от поверхности. Влияние атмосферной рефракции. Влияние затухания электромагнитных волн в атмосфере.	16	4	4	2	10	6
Тема 5. Измерение дальности целей. Методы измерения дальности. Ошибки измерения дальности. Разрешающая способность по дальности.	12	2	2	2	6	6
Тема 6. Измерение скорости целей. Основные соотношения при эффекте Доплера. Методы измерения скорости. Ошибки измерения скорости. Совместное измерение дальности и скорости.	11	2	2	2	6	5
Тема 7. Измерение угловых координат целей. Методы измерения угловых координат. Ошибки измерения угловых координат. Разрешающая способность по угловым координатам.	11	2	2	2	6	5
Тема 8. Системы стабилизации уровня ложных тревог. Критерии обнаружения. Методы формирования адаптивного порога обнаружения. Оценка потерь в обнаружение полезного сигнала.	11	2	2	2	6	5
Тема 9. Активные помехи и методы борьбы с ними. Общие сведения об активных помехах. Дальность обнаружения целей при воздействии активных помех. Методы защиты РЛС от активных помех.	12	2	2	2	6	6

Тема 10. Защита РЛС от пассивных помех. Общие сведения о пассивных помехах. Физические основы доплеровских методов селекции движущихся целей. Методы защиты РЛС от пассивных помех помех.	12	2	2	2	6	6
Тема 11. Вторичная обработка радиолокационной информации. Задачи вторичной обработки. Идентификация траекторий. Точность определения местоположения и вектора скорости по данным измерений. Особенности определения траекторий маневрирующих целей.	10	2	2	0	4	6
Тема 12. Распознавание радиолокационных целей. Задачи распознавания. Распознавание по сигнальным признакам. Распознавание по траекторным признакам.	10	2	2	0	4	6
Тема 13. Обоснование и оценка основных технических характеристик радиотехнических систем специального назначения. Методология системного проектирования. Обоснование требований к радиолокационным комплексам. Расчет основных тактико-технических характеристик РЛС.	9	2	2	0	4	5
Тема 14. Современные средства высокоточного оружия радиоэлектронного противодействия. Основные виды высокоточного оружия и систем наведения. Методы активной защиты. Оптико-электронное противодействие. Радиоэлектронной противодействие. Защита РЛС.	9	2	2	0	4	5
Аттестация	54					
КСР	3				3	

Итого	216	32	32	16	83	79
-------	-----	----	----	----	----	----

Практические занятия (семинарские 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.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических заданий и задач, организация семинаров по отдельным разделам дисциплины.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится не менее 10% времени, отведенных на практические занятия по дисциплине.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:
- использование основных методов анализа радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов;
- расчет характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов;
- анализ получаемых результатов;
- компетенций: ОПК-7.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: занятий семинарского типа, занятий лабораторного типа.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Самостоятельная работа проводится обучающимися с помощью основной и дополнительной учебной литературы и контролируется на экзамене, допуске к лабораторным работам и приемке отчета по лабораторным работам.

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

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического	Уровень знаний ниже минимальн	Минимально допустимый уровень	Уровень знаний в объеме, соответствующ	Уровень знаний в объеме, соответствующ	Уровень знаний в объеме, соответствующ	Уровень знаний в объеме, превышаю

	материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	ых требований. Имели место грубые ошибки.	знаний. Допущено много негрубых ошибки.	щем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	щем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	ющем программе подготовки, без ошибок.	щем 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.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	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

зачтено	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 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

(согласно оценочным средствам табл.2)

5.2.1. Контрольные вопросы

<i>Вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1) Классификация РЛС. Структурные схемы РЛС. Параметры цели, определяемые РЛС.	ОПК-7
2) Принципы и методы радиолокационного измерения координат и скоростей целей.	ОПК-7
3) Показатели качества РЛС.	ОПК-7
4) Рассеивающие свойства целей, качественное описание, ЭПР цели, матрица рассеяния.	ОПК-7
5) Закон распределения амплитуды и мощности радиолокационных сигналов от сложной цели.	ОПК-7
6) Спектр флуктуаций и функция корреляции радиолокационных сигналов.	ОПК-7
7) Модели радиолокационных сигналов, постановка статистической задачи обнаружения цели.	ОПК-7
8) Критерии оптимальности обнаружения сигналов, отношение правдоподобия	ОПК-7
9) Обнаружение известного сигнала, обнаружение сигнала с флуктуирующими параметрами	ОПК-7
10) Схемы оптимальных обнаружителей с коррелятором и согласованным фильтром.	ОПК-7
11) Накопители импульсных сигналов.	ОПК-7
12) Разрешение сигналов. Разрешающая способность по угловым координатам, дальности и радиальной скорости.	ОПК-7
13) Разрешающая способность по дальности и радиальной скорости одновременно. Функция неопределенности сигналов.	ОПК-7

<i>Вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
14) Потенциальная точность измерения параметров радиолокационных сигналов. Байесовская оценка измеряемого параметра и точности измерения.	ОПК-7
15) Потенциальная точность измерения дальности, радиальной скорости, угловых координат.	ОПК-7
16) Многоканальная, одноканальная и дифференциального типа схемы оптимальных измерителей параметров сигналов.	ОПК-7
17) Следящие и несledящие измерители дальности.	ОПК-7
18) Следящие и несledящие измерители радиальной скорости.	ОПК-7
19) Следящие и несledящие измерители угловых координат.	ОПК-7
20) Уравнение дальности радиолокации.	ОПК-7
21) Пороговые устройства.	ОПК-7
22) Методы защиты от активных помех.	ОПК-7
23) Методы защиты от пассивных помех.	ОПК-7
24) Идентификация траекторий. Точность определения местоположения и вектора скорости по данным измерений. Особенности определения траекторий маневрирующих целей.	ОПК-7
25) Распознавание радиолокационных целей.	ОПК-7
26) Обоснование и расчет основных характеристик РЛС	ОПК-7
27) Методы защиты от высокоточного оружия	ОПК-7

5.2.2. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-7

Задача 1. Определить порядок выбора и оптимизации основных технических показателей РЛС.

Задача 2. Провести расчет основных технических показателей импульсной РЛС.

Задача 3. Провести расчет основных технических показателей РЛС с непрерывным излучением.

Задача 4. Нарисовать типовую структурную схему многоканальной доплеровской импульсной РЛС обнаружения кругового обзора.

Задача 5. Объяснить задачи и методы обеспечения помехозащищенности РЛС от помех различного типа.

Задача 6. Объяснить задачи и методы обеспечения электромагнитной совместимости РЛС.

Задача 7. Обосновать и оценить помехозащищенность импульсной РЛС от активных помех с различными методами защиты.

Задача 8. Обосновать и оценить помехозащищенность импульсной РЛС от пассивных помех при различных методах защиты.

Задача 9. Обосновать и оценить разрешающую способность по дальности и угловым координатам при различных типах сигнала параметрах антенны.

Задача 10. Рассчитать параметры радиолокационного сигнала для обеспечения заданных характеристик РЛС по дальности и разрешающей способности.

Задача 11. Рассчитать параметры радиолокационного сигнала для обеспечения заданных характеристик РЛС по скорости и защите от пассивных помех.

Задача 12. Рассчитать параметры радиолокационного сигнала для обеспечения заданных характеристик РЛС по скорости и дальности одновременно.

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

а) основная литература:

1. Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации, Волосюк В.К., Кравченко В.Ф., Изд. «Физматлит», 2008, 704 с. электронный ресурс ЭБС Лань <https://e.lanbook.com/>
2. Ботов, М. И. Введение в теорию радиолокационных систем [Электронный ресурс] : монография / М. И. Ботов, В. А. Вяхирев, В. В. Девогач; ред. М. И. Ботов. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 394 с. - ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА" <http://www.studentlibrary.ru/> ISBN 978-5-7638-2740-8.

б) дополнительная литература:

1. Адаптивные алгоритмы компенсации помех/ Д.Н.Ивлев, И.Я.Орлов, А.В.Сорокина, Е.С.Фитасов / Учебно-методическое пособие, Н.Новгород: издательство ННГУ, 2015, 75 с.
http://old.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF_NNSU/Clutter.pdf
2. Современные методы пространственной обработки сигналов в радиосистемах с антенными решётками: учеб. пособие / В.Т. Ермолаев, А.Г. Флакман. – Нижний Новгород, 2008. – 171 с.

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

<https://e.lanbook.com/>
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703833186.html>
<http://znanium.com>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Лекционный зал, аудитории для практических занятий в группах, мультимедийный проектор.

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 ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению «Специальные радиотехнические системы», специальности (специализации) «Радиотехнические системы и комплексы специального назначения».

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.05.02 - Специальные радиотехнические системы.

Автор(ы): Фитасов Е.С.

Заведующий кафедрой: Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии
президиума ученого совета ННГУ от 14 декабря 2021, протокол № 4.