

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

Антенны и распространение радиоволн

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

10.05.02 - Информационная безопасность телекоммуникационных систем

Направленность образовательной программы

Системы подвижной цифровой защищенной связи

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.20 Антенны и распространение радиоволн 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-11: Способен применять положения теории в области электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, кодирования, электрической связи, цифровой обработки сигналов для решения задач профессиональной деятельности;	ОПК-11.1: Знает: - устройство, принципы построения и работы типовых электрических цепей - методы анализа электрических цепей при постоянных напряжениях, гармонических и произвольных воздействиях - технические возможности основных электрических цепей - виды модуляции сигналов - математические модели сигналов - методы спектрального и корреляционного анализа сигналов - спектральные и корреляционные характеристики аналоговых и дискретных детерминированных сигналов - принципы построения систем связи - методы представления сообщений, сигналов и помех - преобразование сигналов в каналах связи - теоретические основы оптимального приема сигналов на фоне помех - структуры оптимальных приемников сигналов на фоне помех - основные понятия теории информации и кодирования: энтропия, взаимная информация, источники	ОПК-11.1: Знает: основные положения теории антенн и распространения радиоволн ОПК-11.2: Умеет: применять основные положения теории антенн и распространения радиоволн для решения профессиональных задач в области радиосвязи и телекоммуникаций ОПК-11.3: Владеет: навыками решения стандартных задач электродинамики и распространения радиоволн	Задания	Экзамен: Задания Задачи Отчет по лабораторным работам

	<p>сообщений, каналы связи, коды - основные результаты о кодировании при наличии и отсутствии шума - основные понятия оптимального кодирования источников информации и помехоустойчивого кодирования каналов связи - физические основы излучения и распространения радиоволн в различных средах - особенности распространения радиоволн различных диапазонов частот - дискретные и цифровые сигналы и системы, способы их представления и описания - основные методы анализа дискретных сигналов и систем - методы проектирования цифровых фильтров - приложения теории цифровой обработки сигналов в задачах приема, передачи и преобразования сообщений - принципы построения систем связи - методы представления сообщений, сигналов и помех - теоретические основы оптимального приема сигналов на фоне помех</p> <p>ОПК-11.2: Умеет: - рассчитывать параметры основных видов электрических цепей в стационарных и переходных режимах процессов в них - экспериментально определять параметры основных видов электрических цепей - производить оценку технических характеристик электрических цепей различного назначения - использовать типовые пакеты прикладных программ для анализа электрических цепей - строить математические</p>			
--	--	--	--	--

	<p> модели типовых радиотехнических сигналов - выбирать эффективные модели сигналов и методы их формирования - применять корреляционный и спектральный анализ сигналов - выбирать статистические модели сигналов и помех - выбирать структуры оптимальных приемников сигналов на фоне помех - оценивать помехоустойчивость оптимального приема сигналов на фоне помех - вычислять теоретико- информационные характеристики источников сообщений и каналов связи - строить и изучать математические модели систем передачи информации для решения расчетных и исследовательских задач - рассчитывать типовые параметры трасс распространения радиоволн - применять методы цифрового представления сигналов и систем обработки - использовать типовые пакеты прикладных программ для анализа и синтеза систем цифровой обработки сигналов - выбирать структуры оптимальных приемников сигналов на фоне помех ОПК-11.3: Владеет: - навыками экспериментального исследования типовых линейных и нелинейных электрических цепей - навыками расчета параметров элементов электрических цепей - навыками расчета параметров типовых радиотехнических сигналов - навыками формирования </p>			
--	---	--	--	--

	реализаций типовых радиотехнических сигналов - теоретически обоснованными методами оптимизации приемников сигналов на фоне помех - навыками определения основных параметров помехоустойчивых кодов - навыками реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов			
--	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	33
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1	0			0	
Введение	4	2		2	2
Основы теории антенн	34	12	12	24	10
Методы измерения радиотехнических характеристик антенн	12	4	4	8	4
Распространение радиоволн вдоль земной поверхности	12	4	4	8	4

Распространение радиоволн ОНЧ-диапазона в волноводе Земля-ионосфера	6	2	2	4	2
Распространение радиоволн в ионосфере	23	6	8	14	9
Распространение радиоволн в тропосфере	6	2	2	4	2
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	32	32	66	33

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Введение

- 1.1. Краткая историческая справка. Типы антенн, используемых в современных системах радиосвязи.
- 1.2. Принципы классификации антенных устройств. Внешняя и внутренняя задачи в теории антенн.
- 1.3. Диапазоны частот. Электрические свойства земной поверхности. Структура атмосферы и ионосферы Земли.

Раздел 2. Основы теории антенн.

- 2.1. Уравнения Максвелла. Потенциалы электромагнитного поля. Электромагнитные поля заданных источников. Понятие дальней промежуточной и ближней зон. Электромагнитные поля системы токов в дальней зоне.
- 2.2. Основные радиотехнические характеристики антенн: диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, коэффициент усиления, эффективная площадь, шумовая температура, сопротивление излучения, полоса частот
- 2.3. Элементарные излучатели и их основные характеристики: электрический и магнитный диполи Герца, элементарная электрическая рамка, элемент Гюйгенса, элементарный турникетный излучатель.
- 2.4. Вибраторные антенны. Тонкий электрический вибратор. Постановка задачи и вывод интегрального уравнения Галлена. Приближенные методы решения интегрального уравнения Галлена. Распределение тока и заряда вдоль вибратора. Характеристики симметричного вибратора в режиме излучения (диаграмма направленности, излучаемая мощность, сопротивление излучения, коэффициент направленного действия). Численные методы решения интегрального уравнения Галлена. Электромагнитное поле вблизи вибратора. Метод наводимых ЭДС. Поле излучения пары симметричных вибраторов. Теорема перемножения. Диаграммы направленности систем из двух вибраторов. Собственные и взаимные импедансы вибраторов.
- 2.5. Линейные излучающие системы. Поле излучения непрерывных и дискретных линейных антенн. Идеальный линейный излучатель. Режимы излучения и основные характеристики (диаграмма направленности, коэффициент направленного действия). Влияние неравномерности амплитудного распределения на характеристики линейного излучателя. Влияние детерминированных фазовых искажений на параметры линейной антенны (линейные, квадратичные и кубические фазовые искажения). Характеристики направленности равномерной линейной антенной решетки.
- 2.5. Апертурные антенны. Плоские излучающие раскрыты. Связь диаграммы направленности и распределения поля в раскрытии (апертуре) антенны. Характеристики направленности плоских прямоугольных и круглых синфазных раскрытий. Метод эквивалентного линейного излучателя в анализе характеристик плоского раскрытия. Рупорные антенны. Излучение электромагнитных волн из открытого конца прямоугольного волновода. Электромагнитное поле Е- секториальных, Н- секториальных и пирамидальных рупоров.
- 2.6. Зеркальные антенны. Основные типы зеркальных антенн. Зеркальные параболические антенны. Основные параметры и типы конструкций. Апертурный и токовый методы расчета полей зеркальных антенн. Распределение тока на поверхности параболического зеркала. Распределение поля в апертуре зеркальной антенны. Факторы, влияющие на усиление зеркальной антенны.

Раздел 3. Методы измерения радиотехнических характеристик антенн.

- 3.1. Сравнительный анализ возможностей и областей применения методов измерений в дальней, промежуточной и ближней зонах антенны.
- 3.2. Методы измерения в дальней зоне. Особенности применения метода вышки. Схемы измерения амплитудных и фазовых диаграмм направленности. Способы измерения коэффициента усиления антенн.
- 3.3. Радиоастрономические методы антенных измерений. Методики измерений диаграммы направленности по мощности, коэффициента усиления, шумовой температуры.
- 3.4. Методы и схемы измерений в ближней зоне. Основные соотношения, используемые при обработке результатов.

Раздел 4. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности

- 4.1. Задача Зоммерфельда. Строгая постановка задачи об излучении вертикального электрического диполя расположенного вблизи плоской поверхности Земли.
- 4.2. Отражательные формулы. Области, существенные для отражения радиоволн.
- 4.3. Формула Введенского.
- 4.5. Численное расстояние. Функция ослабления. Функция ослабления для малых и больших численных расстояний.
- 4.6. Интегральное уравнение для функции ослабления. Распространение радиоволн вдоль неоднородной трассы. Береговая рефракция.
- 4.7. Влияние рельефа местности на распространение радиоволн. Отражение радиоволн от шероховатой поверхности. Критерий Релея.
- 4.8. Дифракция радиоволн на одиночном препятствии. Дифракция на крае плоского экрана. Усиление препятствием. Приближение Кирхгофа.

Раздел 5. Распространение радиоволн ОНЧ-диапазона в волноводе Земля-ионосфера

- 5.1. Модель плоского волновода. Решение задачи об излучении элементарного вертикального электрического диполя в плоском волноводе в интегральной форме.
- 5.2. Поле в дальней зоне волновода. Разложение по нормальным волнам плоского волновода. Уравнение полюсов. Фазовые скорости и коэффициенты затухания нормальных волн.
- 5.3. Поле в ближней зоне волновода. Разложение по лучам.

Раздел 6. Распространение радиоволн в ионосфере

- 6.1. Поперечные электромагнитные волны в однородной изотропной плазме.
- 6.2. Нормальные волны в однородной магнитоактивной плазме.
- 6.3. Приближение геометрической оптики для слоистой изотропной плазмы. Уравнение эйконала. Траектории волн. Уравнение переноса.
- 6.4. Распространение поперечных электромагнитных волн в трехмерно-неоднородной изотропной среде. Уравнения траекторий. Уравнение переноса.
- 6.5. Распространение нормальных волн в неоднородной магнитоактивной плазме. Уравнение эйконала. Уравнения траекторий. Поляризация нормальных волн. Уравнение переноса.
- 6.6. Вертикальное зондирование ионосферы. Действующая высота отражения. Ионограмма. Наклонное зондирование ионосферы. Максимальные и минимальные наблюдаемые частоты.

Раздел 7. Распространение радиоволн в тропосфере

- 7.1. Рефракция радиоволн. Приведенный показатель преломления и индекс рефракции. Эквивалентный радиус Земли. Рассеяние радиоволн неоднородностями тропосферы. Дальнее тропосферное распространение радиоволн.
- 7.2. Поглощение и рассеяние радиоволн гидрометеорами. Молекулярное поглощение радиоволн. Общие вопросы молекулярного поглощения. Вращательные спектры молекул. Коэффициент молекулярного

поглощения. Форма спектральной линии, обусловленная молекулярными соударениями. Доплеровское уширение линий.

7.3. Методики расчетов ослабления радиоволн на вертикальных и наклонных трассах (большие и малые углы места). Астрономическая рефракция радиоволн. Модельные расчеты рефракции.

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.

1. Гавриленко В. Г. Методы измерения характеристик антенн по сигналам внеземных радиоисточников : электронное учебно-методическое пособие / Гавриленко В. Г., Калинин А. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2012. - 58 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Инженерно-технические науки. <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729715&idb=0>

2. А.В.Калинин, В.А.Яшнов. Основы теории распространения радиоволн . учебное пособие. Н.Новгород: ННГУ. 2022 г.

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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-11:

В каждом из предлагаемых ниже заданий выберите один (правильный по Вашему мнению) ответ из предлагаемых Вам вариантов: 1. Зависимость поля антенны от угловых координат не изменяется при удалении точки наблюдения от антенны: 1) в ближней зоне, 2) в зоне Френеля, 3) в дальней зоне, 4) везде, на любом расстоянии.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. Имеется минимальный и выше набор навыков для решения стандартных задач, допускаются некоторые недочеты
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки

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 отдельным 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. 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 некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-11

1. Ближняя, промежуточная и дальняя зона антенны. Основные свойства поля в дальней зоне.
2. Основные радиотехнические характеристики антенн – диаграмма направленности (по полю и по мощности), основные параметры ДН, способы представления.
3. Основные радиотехнические характеристики антенн – КНД, КУ, КР, КПД, Сэфф, Тш, Rизл
4. Основные характеристики. (ДН, сопротивление излучения, КНД) элементарных излучателей – электрического и магнитного диполей, электрической рамки.
5. Основные характеристик (ДН, сопротивление излучения, КНД) простейших комбинаций элементарных излучателей – однонаправленный излучатель, турникетный излучатель.
6. Тонкий электрический вибратор. Интегральное уравнение Галена и его решение в первом приближении.
7. Характеристики тонкого электрического вибратора - распределение тока и заряда вдоль вибраторных антенн различной длины,
8. Характеристики тонкого электрического вибратора - ДН, КНД, сопротивление излучения симметричных вибраторных антенн различной длины.
9. Численные методы решения уравнения Галена.
10. Поле вблизи поверхности симметричной вибраторной антенны с синусоидальным распределением тока.
11. Способы измерения распределений тока и заряда вдоль вибраторной антенны.
12. Расчет мощности излучения вибраторной антенны методом наводимых ЭДС.
13. Поле в дальней зоне системы из двух вибраторов. Теорема перемножения.
14. ДН системы из двух вибраторных антенн, возможности управления ДН такой системы.

15. Собственные и взаимные импедансы в системе из двух вибраторных антенн, их расчет и применение.
16. Характеристики (ДН, КНД) идеального линейного излучателя при разных режимах излучения.
17. Влияние неравномерности амплитудного распределения и фазовых искажений на характеристики линейной антенны.
18. Характеристики направленности эквидистантной линейной антенной решетки. Способы подавления побочных максимумов ДН.
19. Определение понятия апертуры (раскрыва) антенны. Применение теоремы эквивалентности к расчету излучения апертурных антенн. ДН плоского излучающего раскрыва.
20. Характеристики направленности плоского синфазного раскрыва, возбуждаемого линейно поляризованной волной.
21. Характеристики направленности (ДН, КНД) плоских синфазных раскрывов прямоугольной и круглой формы.
22. Метод эквивалентного линейного излучателя в анализе характеристик плоского раскрыва.
23. Характеристики излучения (ДН, КНД) рупорных антенн различных типов и размеров.
24. Зеркальная параболическая антенна, конструкция и принцип работы. Апертурный и токовый способы расчета характеристик.
25. Основные факторы, влияющие на усиление зеркальной антенны (парциальные КИП).
26. Офсетные зеркальные антенны, их преимущества и недостатки.
27. Сферические зеркальные антенны, конструкция и принцип работы.
28. Основные методы антенных измерений, сравнение их возможностей и областей применения.
29. Основные методы измерения КУ антенн.
30. Радиоастрономический метод антенных измерений (традиционный). Измеряемые характеристики антенн и параметры сигналов радиоисточников.
31. Методики и алгоритмы измерения ДН, КУ и Тш радиоастрономическим способом.
32. Корреляционный радиоастрономический метод антенных измерений. Схема реализации и его основные преимущества.
33. Радиоголографический метод измерения характеристик антенн по сигналам внеземных радиоисточников. Назначение, алгоритм реализации, основные требования к проведению измерений.
34. Методы измерения характеристик антенн в ближней зоне. Измеряемые характеристики, алгоритмы измерений, сравнение различных кинематических схем сканирования.
35. Способы уменьшения влияния переотражений на результаты измерения параметров антенн. Импульсные методы антенных измерений, варианты реализации.
36. Область, существенная для распространения радиоволн.
37. Коэффициенты отражения Френеля для ТМ- и ТЕ-волн.
38. Отражательные формулы.
39. Область, существенная для отражения волн.
40. Формула Введенского.
41. Функция ослабления (определение). Численное расстояние. Функция ослабления для малых и больших численных расстояний.
42. Отражение радиоволн от шероховатой поверхности. Критерий Релея.
43. Дифракция радиоволн на крае плоского экрана. Приближение Кирхгофа.
44. Распространение радиоволн ОНЧ-диапазона в волноводе Земля-ионосфера. Поле в дальней зоне.
45. Распространение радиоволн ОНЧ-диапазона в волноводе Земля-ионосфера. Поле в ближней зоне.
46. Дисперсионное уравнение для поперечных волн в холодной изотропной плазме.
47. Характеристики нормальных волн в однородной магнитоактивной плазме.
48. Приближение геометрической оптики для поперечных электромагнитных волн в неоднородной изотропной плазме. Уравнение эйконала. Уравнения лучей.

49.Лучевое приближение для нормальных волн в неоднородной магнитоактивной плазме.

Уравнение эйконала. Уравнения лучей. Поляризация нормальных волн.

50.Рефракция радиоволн в тропосфере. Приведенный показатель преломления и индекс рефракции.

51.Рассеяние радиоволн неоднородностями в тропосфере.

52.Поглощение и рассеяние радиоволн гидрометеорами.

53.Молекулярное поглощение радиоволн.

54.Астрономическая рефракция радиоволн.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
отлично	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.
очень хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
удовлетворительно	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.
неудовлетворительно	При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-11

Найти зависимость дальности распространения ионосферной волны с частотой ω от угла выхода луча с земной поверхности θ в предположении, что электронная концентрация в ионосфере растет с высотой по линейному закону $N(z) = N_0(z - h_0)/L$, где h_0 – высота нижней границы ионосферы, L – характерный масштаб неоднородности.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов 100%
отлично	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.
очень хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
удовлетворительно	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.
неудовлетворительно	При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-11

Основные радиотехнические характеристики антенн – диаграмма направленности (по полю и по мощности), основные параметры ДН, способы представления. Характеристики излучения (ДН, КНД) рупорных антенн различных типов и размеров. Зеркальная параболическая антенна, конструкция и принцип работы. Область, существенная для распространения радиоволн. Коэффициенты отражения Френеля для ТМ- и ТЕ-волн. Отражательные формулы. Область, существенная для отражения волн. Формула Введенского.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
отлично	Продemonстрированы все основные умения,решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.
очень хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи .

Оценка	Критерии оценивания
	Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
удовлетворительно	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.
неудовлетворительно	При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа

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

Основная литература:

1. Марков Григорий Тимофеевич. Антенны : [учеб. для радиотехн. специальностей вузов]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Энергия, 1975. - 528 с. : ил. - 1.18., 3 экз.
2. Методы измерения характеристик антенн СВЧ / под ред. Н. М. Цейтлина. - М. : Радио и связь, 1985. - 368 с. : ил. - 1.70., 1 экз.
3. Фейнберг Евгений Львович. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности / РАН, Физ. ин-т им. П. Н. Лебедева. - 2-е изд. - М. : Наука : Физматлит, 1999. - 496 с. - 50.00., 1 экз.
4. Черный Фишель Беркович. Распространение радиоволн. - Изд. 2-е, доп. и перераб. - М. : Советское радио, 1972. - 463 с. : черт. - 1.29., 2 экз.
5. Грудинская Галина Петровна. Распространение радиоволн : [учеб. пособие для радиотехн. вузов и фак.]. - М. : Высшая школа, 1967. - 244 с. : черт. - 0.68., 2 экз.
6. Распространение радиоволн : [учебник] / под ред. О. И. Яковлева. - М. : ЛЕНАНД, 2009. - 496 с. - ISBN 978-5-9710-0183-6 : 353.00., 10 экз.
7. Гершман Борис Николаевич. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. - М. : Наука, 1984. - 392 с. : ил. - 4.60., 27 экз.
8. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере / пер. с англ. И. В. Ковалевского и А. П. Кропоткина ; под ред. А. А. Корчака . - М.: Мир, 1973. - 502 с. : ил. - 50.00., 3 экз.
9. Колосов Михаил Александрович. Распространение радиоволн при космической связи / под ред. Б. А. Введенского и М. А. Колосова. - М.: Связь, 1969. - 155 с. : черт. - 0.76., 3 экз.

Дополнительная литература:

1. Проблемы антенной техники / под ред. Л. Д. Бахраха, Д. И. Воскресенского. - М. : Радио и связь, 1989. - 368 с. : ил. - 2.70., 1 экз.
2. Кашпровский Вадим Евмениевич. Распространение средних радиоволн земным лучом. - М.:

Связь, 1971. - 220 с. : черт. и карт. - 1.21., 1 экз.

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

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=867935&idb=0>

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850217&idb=0>

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850758&idb=0>

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851281&idb=0>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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 10.05.02 - Информационная безопасность телекоммуникационных систем.

Автор(ы): Калинин Андрей Владимирович, доктор технических наук, старший научный сотрудник

Яшнов Владимир Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Флакман Александр Григорьевич, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Калинин Андрей Владимирович, доктор технических наук.

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