

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Балахнинский филиал ННГУ

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Устройства сверхвысоких частот и антенны

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

---

Направленность образовательной программы

Электрорадиотехника

---

Форма обучения

очная, очно-заочная

---

г. Балахна

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.01 Устройства сверхвысоких частот и антенны относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПКР-6: Способен участвовать в конструкторских работах при создании объектов профессиональной деятельности	ПКР-6.1: Использует знания и показывает способности участвовать в проектных работах ПКР-6.2: Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, конструирования и эксплуатации ПКР-6.3: Владеет современными технологиями компьютерного моделирования и оптимизации объектов профессиональной деятельности	ПКР-6.1: Знает основные технические характеристики антенн радиотехнических систем и комплексов.  ПКР-6.2: Умеет рассчитывать и оценивать основные технические характеристики антенн радиотехнических систем.  ПКР-6.3: Владеет способностями участвовать в конструкторских работах, используя методы расчёта основных характеристик антенн радиотехнических систем	Задания Тест	Зачёт: Контрольные вопросы  Экзамен: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	6	6
Часов по учебному плану	216	216
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	48	28

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32	28
- КСР	3	3
самостоятельная работа	97	121
Промежуточная аттестация	36 Экзамен, Зачёт	36 Экзамен, 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						
ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО		
1 семестр 1. Введение	5	5	2	1			2	1	3	4	
2. Основы теории антенн	28	50	10	5	8	6	18	11	10	39	
3. Методы измерения радиотехнических характеристик антенн	38	52	20	6	8	6	28	12	10	40	
2 семестр 4. Прямые задачи теории антенн	54	30	8	6	10	10	18	16	36	14	
5. Синтез антенн в однородных и неоднородных средах	52	40	8	10	6	6	14	16	38	24	
Аттестация	36	36									
КСР	3	3						3	3		
Итого	216	216	48	28	32	28	83	59	97	121	

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### 1 семестр

##### Раздел 1. Введение.

1.1. Краткая историческая справка. Типы антенн, используемых в современных системах радиосвязи. Классификация основных задач теории антенн.

1.2. Принципы классификации антенных устройств. Внешняя и внутренняя задачи в теории антенн.

##### 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 решётки.

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 расчёта 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. Возможности корреляционного радиоастрономического способа. Радиоголографический метод измерения характеристик зеркальных антенн.

3.4. Методы и схемы измерений в ближней зоне. Основные соотношения, используемые при обработке результатов.

3.5. Специальные методы измерений, направленные на повышение точности определения характеристик антенн.

2 семестр

Раздел 4. Прямые задачи теории антенн.

4.1. Постановка задачи. Расчёт поля антенны по заданной функции амплитудно-фазового распределения по апертуре.

4.2. Ближняя зона, волновая зона и дальняя зона антенны. Диаграмма направленности и связанные с ней интегральные характеристики антенны. Коэффициент направленного действия, эффективная апертура, добротность антенны.

Раздел 5. Синтез антенн в однородных и неоднородных средах.

5.1. Синтез антенн как обратная задача теории антенных систем. Синтез линейного излучателя в однородной среде. Постановка задачи синтеза. Необходимые условия существования решения: математические и физические аспекты.

5.2. Точные методы синтеза антенн: метод парциальных диаграмм, метод интеграла Фурье.  
 5.3. Приближенные методы синтеза.  
 5.4. Явление сверхнаправленности. Методы регуляризации сверхнаправленных решений задачи синтеза. Функции двойной ортогональности. Некоторые постановки задач синтеза антенн с оптимальными параметрами.  
 5.5. Синтез антенн в многомодовых волноводах. Примеры приложений.  
 5.6. Статистическая теория антенн. Прямые задачи: основные эффекты влияния статистических свойств амплитудно-фазового распределения антенны на характеристики направленности. Обратные задачи: статистический синтез антенн.  
 Проектирование и реконструкция электрорадиотехнических систем, устройств сверхвысоких частот и антенн.

#### **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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:  
 Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

-, -.

Открытые онлайн-курсы MOOC:

-, -.

Иные учебно-методические материалы:

-

#### **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 ПКР-6:**

- |   |
|---|
| 1) Ближняя зона, волновая зона и дальняя зона антенны (определения, оценки, интерпретация). |
| 2) Диаграмма направленности антенны.  |
| 3) Интегральные характеристики антенны: коэффициент направленного действия,                 |

добротность, эффективная апертура.

4) Необходимые условия существования точного решения: математические и физические аспекты.

5) Точные методы синтеза линейного излучателя в однородной среде: метод парциальных диаграмм, метод интеграла Фурье, их взаимосвязь.

6) Явление сверхнаправленности: математические и физические аспекты.

7) Метод регуляризации сверхнаправленных решений задачи синтеза. Функции двойной ортогональности.

8) Классификация задач статистической теории антенн. Основные эффекты влияния статистических свойств фазового распределения антенны на характеристики направленности.

2 семестр

9) Постановка прямой задачи теории антенн.

10) Приближенные методы расчёта поля антенны по заданной функции амплитудно-фазового распределения по апертуре (основные уравнения и приближения).

11) Постановка обратной задачи теории антенн.

12) Постановка задачи приближенного синтеза антенн. Критерий качества решения.

13) Метод приближенного синтеза на основе полиномиальной аппроксимации. Физические ограничения на реализацию

14) Постановки задач синтеза антенн с оптимальными параметрами.

15) Уравнения синтеза антенн в многомодовых волноводах. Аналогии с задачей синтеза в свободном пространстве.

16) Постановки обратной задачи статистической теории антенн. Влияние статистических свойств антенны на регуляризацию сверхнаправленных решений задачи синтеза.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина,

Оценка	Критерии оценивания
	сформированы
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПКР-6:

#### 1 семестр

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.

1. Расстояние до границы дальней зона антенны длиной  $L$  пропорционально отношению: а)  $L^3/\lambda^2$ ,  
 б)  $\lambda^3/L^2$ ,  
 в)  $L^2/\lambda$ ,  
 г)  $\lambda^2/L$ , где  $\lambda$  – длина волны.

1. Ширина лепестка диаграммы направленности антенны пропорциональна отношению:

1.  $L/\lambda$ ,
  2.  $\lambda/L$ ,
- в)  $(L/\lambda)^2$ ,  
 г)  $(\lambda/L)^2$ , где  $\lambda$  – длина волны,  $L$  – линейный размер антенны.

1. Максимум излучения элементарного электрического диполя наблюдается в направлении:

1. вдоль оси диполя,
2. 2) поперек оси диполя,

3. 3) под углом 45 градусов к оси диполя
4. 4) в произвольном направлении.

1. Для измерения диаграммы направленности антенны с линейным размером  $L$  на длине волны необходимо выбирать источник радиоизлучения с угловыми размерами  $\Delta$  удовлетворяющими условию:

- a)  $\Delta q \gg l/L$ ,
- b)  $\Delta q \gg L/l$ ,
- c)  $\Delta q \ll l/L$ ,
- d)  $\Delta q \ll L/l$

1. При смещении облучателя параболической антенны из фокуса в направлении вдоль оси зеркала происходит:

1. отклонение главного максимума диаграммы направленности,
2. увеличение усиления антенны и повышение уровня боковых лепестков,
3. уменьшение усиления антенны и понижение уровня боковых лепестков,
4. уменьшение усиления антенны и повышение уровня боковых лепестков.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

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

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				



достижения							
<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 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»

	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	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 - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПКР-6

- 1) Ближняя, промежуточная и дальняя зона антенны. Основные свойства поля в дальней зоне.
- 2) Основные радиотехнические характеристики антенн – диаграмма направленности (ДН, по полю и по мощности) способы представления.
- 3) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент направленного действия (КНД), коэффициент рассеяния (КР), коэффициент полезного действия (КПД), эффективная площадь раскрытия (Сэфф), шу излучения (Ризл)
- 4) Основные характеристики. (ДН, сопротивление излучения, КНД) элементарных излучателей – электрической рамке.
- 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 виб 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 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) Оффсетные 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 и кинематические схем сканирования.
35) Способы уменьшения влияния переотражений на результаты измерения параметров антенн. Импульсные методы антенных измерений, варианты реализации
36) Постановка прямой задачи теории антенн.
37) Приближенные методы расчёта поля антенны по заданной функции амплитудно-фазового распределения по апертуре.

приближения).
38) Ближняя зона, волновая зона и дальняя зона антенны (определения, оценки, интерпретация).
39) Диаграмма направленности антенны.
40) Интегральные характеристики антенны: коэффициент направленного действия, добротность, эффективная апертура.
41) Постановка обратной задачи теории антенн.
42) Необходимые условия существования точного решения: математические и физические аспекты.
43) Точные методы синтеза линейного излучателя в однородной среде: метод парциальных диаграмм, метод интеграла Фурье, их взаимосвязь.
44) Постановка задачи приближенного синтеза антенн. Критерий качества решения.
45) Метод приближенного синтеза на основе полиномиальной аппроксимации. Физические ограничения решения.
46) Явление сверхнаправленности: математические и физические аспекты.
47) Метод регуляризации сверхнаправленных решений задачи синтеза. Функции двойной ортогональности.
48) Постановки задач синтеза антенн с оптимальными параметрами.
49) Уравнения синтеза антенн в многомодовых волноводах. Аналогии с задачами синтеза в свободном пространстве.
50) Классификация задач статистической теории антенн. Основные эффекты влияния статистических свойств амплитудно-фазового распределения антенны на характер
51) Постановки обратной задачи статистической теории антенн. Влияние статистических свойств сверхнаправленных решений задачи синтеза.

52) Проектирование и реконструкция электрорадиотехнических систем, устройств сверхвысоких частот и антенн.

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

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПКР-6

1) Ближняя, промежуточная и дальняя зона антенны.

2) Основные свойства поля в дальней зоне.

3) Основные радиотехнические характеристики антенн – диаграмма направленности (ДН, по полю и по мощности), основные параметры ДН, способы представления.

4) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент направленного действия (КНД)

5) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент усиления (КУ)

6) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент рассеяния (КР)

7) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент полезного действия (КПД)

8) Основные радиотехнические характеристики антенн – эффективная площадь раскрытия ( $S_{эфф}$ )

9) Основные радиотехнические характеристики антенн – шумовая температура ( $T_{ш}$ )

10) Основные радиотехнические характеристики антенн – сопротивление излучения (Ризл)
11) Основные характеристики (ДН, сопротивление излучения, КНД) элементарных излучателей – элементарной электрической рамки.
12) Основные характеристики (ДН, сопротивление излучения, КНД) простейших комбинаций элементарных излучателей – однонаправленный излучатель, турникетный излучатель.
13) Тонкий электрический вибратор.
14) Интегральное уравнение Галена и его решение в первом приближении.
15) Характеристики тонкого электрического вибратора – распределение тока и заряда вдоль вибраторных антенн различной длины,
16) Характеристики тонкого электрического вибратора – ДН, КНД, сопротивление излучения симметричных вибраторных антенн различной длины.
17) Численные методы решения уравнения Галена.
18) Поле вблизи поверхности симметричной вибраторной антенны с синусоидальным распределением тока.
19) Способы измерения распределений тока и заряда вдоль вибраторной антенны.
20) Расчёт мощности излучения вибраторной антенны методом наводимых ЭДС.
21) Поле в дальней зоне системы из двух вибраторов.
22) Теорема перемножения.
23) ДН системы из двух вибраторных антенн, возможности управления ДН такой системы.
24) Собственные и взаимные импедансы в системе из двух вибраторных антенн, их расчёт и применение.
25) Характеристики (ДН, КНД) идеального линейного излучателя при разных

режимах излучения.
26) Влияние неравномерности амплитудного распределения и фазовых искажений на характеристики линейной антенны.
27) Характеристики направленности эквидистантной линейной антенной решётки.
28) Способы подавления побочных максимумов ДН.
29) Понятие апертуры (раскрыва) антенны.
30) Применение теоремы эквивалентности к расчёту излучения апертурных антенн. ДН плоского излучающего раскрыва.
31) Характеристики направленности плоского синфазного раскрыва, возбуждаемого линейно поляризованной волной.
32) Характеристики направленности (ДН, КНД) плоских синфазных раскрывов прямоугольной и круглой формы.
33) Метод эквивалентного линейного излучателя в анализе характеристик плоского раскрыва.
34) Характеристики излучения (ДН, КНД) рупорных антенн различных типов и размеров.
35) Зеркальная параболическая антенна, конструкция и принцип работы.
36) Апертурный и токовый способы расчёта характеристик.
37) Основные факторы, влияющие на усиление зеркальной антенны (парциальные КИП).
38) Офсетные зеркальные антенны, их преимущества и недостатки.
39) Сферические зеркальные антенны, конструкция и принцип работы.
40) Основные методы антенных измерений, сравнение их возможностей и областей применения.
41) Основные методы измерения КУ антенн.



42) Радиоастрономический метод антенных измерений (традиционный).
43) Измеряемые характеристики антенн и параметры сигналов радиисточников.
44) Методики и алгоритмы измерения ДН, КУ и Тш радиоастрономическим способом.
45) Корреляционный радиоастрономический метод антенных измерений. Схема реализации и его основные преимущества.
46) Радиоголографический метод измерения характеристик антенн по сигналам внеземных радиисточников основные требования к проведению измерений.
47) Методы измерения характеристик антенн в ближней зоне.
48) Измеряемые характеристики, алгоритмы измерений, сравнение различных кинематических схем сканирования.
49) Способы уменьшения влияния переотражений на результаты измерения параметров антенн.
50) Импульсные методы антенных измерений, варианты реализации
51) Постановка прямой задачи теории антенн.
52) Приближенные методы расчёта поля антенны по заданной функции амплитудно-фазового распределения по ап приближения).
53) Ближняя зона, волновая зона и дальняя зона антенны (определения, оценки, интерпретация).
54) Диаграмма направленности антенны.
55) Интегральные характеристики антенны: коэффициент направленного действия, добротность, эффективная апертура.
56) Постановка обратной задачи теории антенн.
57) Необходимые условия существования точного решения: математические

и физические аспекты.

58) Точные методы синтеза линейного излучателя в однородной среде: метод парциальных диаграмм, метод интеграла Фурье, их взаимосвязь.

59) Постановка задачи приближенного синтеза антенн. Критерий качества решения.

60) Метод приближенного синтеза на основе полиномиальной аппроксимации.

61) Физические ограничения на реализуемость приближенного решения.

62) Явление сверхнаправленности: математические и физические аспекты.

63) Метод регуляризации сверхнаправленных решений задачи синтеза.

64) Функции двойной ортогональности.

65) Постановки задач синтеза антенн с оптимальными параметрами.

66) Уравнения синтеза антенн в многомодовых волноводах.

67) Аналогии с задачей синтеза в свободном пространстве.

68) Классификация задач статистической теории антенн.

69) Основные эффекты влияния статистических свойств амплитудно-фазового распределения антенны на характеристики направленности.

70) Постановки обратной задачи статистической теории антенн.

71) Влияние статистических свойств антенны на регуляризацию сверхнаправленных решений задачи синтеза.

72) Проектирование и реконструкция электрорадиотехнических систем, устройств сверхвысоких частот и антенн.

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

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	-

Оценка	Критерии оценивания
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	-
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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	-

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

Основная литература:

1. Шостак А. С. Антенны и устройства СВЧ / Шостак А. С. - Москва : ТУСУР, 2012. - 61 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ТУСУР - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=712167&idb=0>.
2. Устройства СВЧ и антенны / Филонов А. А., Фомин А. Н., Дмитриев Д. Д., Тяпкин В. Н. - Красноярск : СФУ, 2014. - 492 с. - Допущено Министерством обороны Российской Федерации в качестве учебника для студентов военных кафедр и курсантов учебных военных центров Военно-воздушных сил, обучающихся по военно-учетной специальности «Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов противовоздушной обороны Военно-воздушных сил». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции СФУ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-7638-3107-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=700909&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик : Учебное пособие для вузов / Мительман Ю. Е., Абдуллин Р. Р., Сычугов С. Г., Шабунин С. Н. - Москва : Юрайт, 2017. - 138 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-03401-1 : 389.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт".

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=577225&idb=0>.

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

Программное обеспечение лицензионное и свободно распространяемое

Операционная система Microsoft Windows

Пакет прикладных программ Microsoft Office

Правовая система «Консультант плюс»

Micro-Cap – SPICE программа для аналогового и цифрового моделирования электрических и электронных цепей с интегрированным визуальным редактором

KTechLab программа для проектирования и симуляции электрических схем

Браузер Google Chrome

Интернет-ресурсы

Известия вузов «Радиоэлектроника», <https://re.eltech.ru/jour#>

<http://электротехнический-портал.рф/kniga.html>

Силовая электроника, <http://www.multikonelectronics.com>

Радиотехнический сайт, [https://radiotract.ru/link\\_sprav.html](https://radiotract.ru/link_sprav.html)

профессиональные базы данных

Радиоэлектроника [http://window.edu.ru/catalog/resources?p\\_str=Радиоэлектроника](http://window.edu.ru/catalog/resources?p_str=Радиоэлектроника)

Список сайтов по радиоэлектронике <http://radiostorage.net/page/3-spisok-sajtov-po-radioelektronike.html>

Банк изобретений, технологий и научных открытий: <http://www.ntpo.com>

Научная электронная библиотека [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

База данных ВИНТИ РАН <http://www.viniti.ru/>

База данных рецензируемой литературы Scopus <https://www.scopus.com>

База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com>

информационные справочные системы

ГАРАНТ. Информационно-правовой-портал <http://www.garant.ru/>

Правовая система «Консультант плюс»

## **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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника.

Автор(ы): Богатырева Анна Валерьевна, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 12.01.24, протокол № 5.