

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Радиотехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
АНТЕННЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	7 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	7 семестр - 16 часов;
Консультации	7 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	7 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Лабораторная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Коган Б.Л.
	Идентификатор	R3f42d628-KoganBL-c954ef20

Б.Л. Коган


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af18

П.С. Остапенков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af18

П.С. Остапенков

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении основных характеристик, математических моделей, принципов функционирования антенн и устройств СВЧ, основных аналитических и численных методов их расчета..

Задачи дисциплины

- изучение терминологии, основных характеристик, математических моделей, принципов функционирования антенн;
- приобретение навыков использования основных аналитических и численных методов расчета антенн;
- освоение методов измерений основных характеристик антенн..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента) процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов в радиоэлектронных устройствах, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных	ИД-2ПК-3 Умеет проводить физическое моделирование, осуществлять выбор технических средств для проведения эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных	знать: - основные характеристики антенн, а также математические модели разных типов антенн; - способы представления диаграмм направленности и поляризационных характеристик антенн. уметь: - пользоваться математическими моделями разных типов антенн; - измерять поляризационные характеристики антенн; - измерять диаграммы направленности антенн.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Физические основы излучения. Характеристики антенн. Математические модели простейших излучателей	22	7	8	4	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Изучить материалы лабораторной работы по "вибраторным антеннам". Ответить на контрольные вопросы в конце описания. Подготовиться к коллоквиуму лабораторной работы, содержащему задачу по построению диаграммы направленности системы двух диполей.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Физические основы излучения. Характеристики антенн. Математические модели простейших излучателей и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Физические основы излучения. Характеристики антенн. Математические модели простейших излучателей". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Диаграмма направленности элементарного электрического и магнитного диполя над металлическим экраном, в зависимости от</p>
1.1	Уравнения Максвелла, элементарные излучатели, основные характеристики антенн. Математические модели простейших излучателей. Симметричный вибратор. Характеристики симметричного вибратора и щелевых антенн.	22		8	4	4	-	-	-	-	-	6	-	

													<p>высоты подвеса и ориентации относительно нормали к экрану. Совместная диаграмма направленности двух элементарных диполей различных ориентаций и амплитудно фазовых соотношений.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 181-199</p>
2	Теория линейных антенн.	38	4	8	4	-	-	-	-	-	22	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Изучение материалов описания лабораторной работы "Антенны бегущей волны". Ответить на контрольные вопросы в конце описания. Ответить на вопросы о структуре диаграммы направленности антенны бегущей волны, о границах зоны видимости, зависимости величины коэффициента направленного действия от коэффициента замедления, о соотношении величин элементов оптимальной антенны бегущей волны.</p>
2.1	Линейные антенные решётки. Множитель направленности линейной решётки. Линейные антенны бегущей волны.	38	4	8	4	-	-	-	-	-	22	-	<p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется расчёт и графическое построение характеристик линейной дискретной решётки. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: Рассчитать линейную дискретную эквидистантную антенную решётку, то есть, определить число излучателей N, расстояние между ними d, и сдвиг фаз между токами в соседних излучателях $\Delta\Phi$ (рис. 2) при минимально возможном числе излучателей и при следующих дополнительных условиях: а) Нормированная диаграмма одного излучателя в полупространстве $X > 0$ описывается одним из заданных пяти вариантов уравнений. В нижнем полупространстве ($X < 0$) излучение</p>

														занятиях. По материалам лекций изучить факторы, определяющие строение диаграммы линейной решётки элементарных электрических диполей. Ответить на вопросы о зоне видимости, наличии и отсутствии побочных максимумов в диаграмме направленности, о направлении главного максимума и ширине диаграммы направленности, об уровне боковых лепестков. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 273-283
3	Теория апертурных антенн	20	6	4	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе "Зеркальные антенны" необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов эксперимента в ходе лабораторной работы Изучить материал лекции по способу измерения диаграммы направленности параболической антенны в зоне Френеля при оптимально вынесенном из фокуса вдоль фокальной оси облучателя. Изучить влияние продольного и поперечного выноса облучателя из фокуса на искажения диаграммы направленности.	
3.1	Излучение плоских раскрытов. Рупорные антенны. Зеркальные антенны. Приёмные антенны. Энергетические характеристики зеркальных антенн. Другие типы апертурных антенн.	20	6	4	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Теория апертурных антенн и подготовка к контрольной работе, включающей задание по проектированию оптимальной рупорной антенны и одно- или двухзеркальной антенны. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Теория апертурных антенн" подготовка к выполнению заданий на практических	

													занятиях. Изучение материалов по характеристикам оптимальной рупорной антенны и задач проектирования таких антенн. Изучение материалов по составу и характеристикам однозеркальных параболических антенн, двухзеркальных параболических антенн Кассегрена и Грегори. Решение задач по проектированию зеркальных антенн. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 316-327
4	Теория антенных решёток Взаимная связь антенн	10	4	-	4	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теория антенных решёток Взаимная связь антенн" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 239-245
4.1	Антенные решётки. Взаимная связь антенн.	10	4	-	4	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Невыступающие и печатные антенны" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 253-262
5	Невыступающие и печатные антенны	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Невыступающие и печатные антенны" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 253-262
5.1	Конструкции антенн на движущихся объектах. Г-образная антенна. Печатные антенны.	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Широкополосные и частотно-независимые антенны" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 262-272
6	Широкополосные и частотно-независимые антенны	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Антенные измерения" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 262-272
6.1	Диапазонные антенны. Частотно-независимые антенны.	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Антенные измерения" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 262-272
7	Антенные измерения	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Антенные измерения" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 262-272
7.1	Входное сопротивление и матрица рассеяния.	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Антенные измерения" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 262-272

	Измерение диаграммы направленности антенны. Измерение коэффициента усиления антенн. Поляризационные измерения. Шумовые измерения. Мощность излучения. Удельный коэффициент поглощения энергии.												<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 4-14 [3], стр. 242-248
8	Малые антенны	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Малые антенны" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 373-391
8.1	Теоретические ограничения коэффициента усиления малой антенны.	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	16	16	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	16	16	2	-	-	-	0.5	77.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Физические основы излучения. Характеристики антенн. Математические модели простейших излучателей

1.1. Уравнения Максвелла, элементарные излучатели, основные характеристики антенн. Математические модели простейших излучателей. Симметричный вибратор. Характеристики симметричного вибратора и щелевых антенн.

Уравнения Максвелла, диполь Герца. Обзор параметров и типов антенн. Амплитудная характеристика направленности, фазовая и поляризационная. Коэффициент направленного действия. КПД. Коэффициент усиления. Математические модели простейших излучателей; электрического, магнитного и щелевого. Элементарный источник однонаправленного излучения. Турникетный излучатель. Симметричный вибратор в свободном пространстве. Щелевой излучатель в экран. Распределение тока. Характеристика направленности. Сопротивление излучения. Входное сопротивление. Зависимость ДН вибратора от его длины. Щелевые антенны. Связь входного сопротивления щелевых антенн с вибраторными. Излучение малой рамочной антенны..

2. Теория линейных антенн.

2.1. Линейные антенные решётки. Множитель направленности линейной решётки. Линейные антенны бегущей волны.

Линейные излучающие системы. Теорема перемножения характеристик направленности. Эквидистантные антенные решетки. Диаграмма направленности и КНД линейной решётки. Волноводно – щелевые решетки. Анализ множителя направленности решетки. влияние амплитудно-фазового распределения; преобразование Фурье. Непрерывные линейные антенны бегущей волны. Оптимальная длина и оптимальное замедление в режиме осевого излучения антенны. Типы линейных антенн: диэлектрические, спиральные, импедансные. Особенности излучения непрерывных линейных систем..

3. Теория апертурных антенн

3.1. Излучение плоских раскрывов. Рупорные антенны. Зеркальные антенны. Приёмные антенны. Энергетические характеристики зеркальных антенн. Другие типы апертурных антенн.

. Излучение плоских раскрывов (апертурные антенны). Открытый конец волновода. . Рупорные антенны. Влияние фазовых ошибок. Оптимальный рупор. Эффективная площадь антенны. Параболические зеркальные антенны. Типовые конструкции зеркальных антенн и их облучателей. Коэффициент использования поверхности плоского раскрыва. Особенности приёмных антенн. Эффективная поверхность и шумовая температура приемной антенны. Мощность, выделяемая в нагрузке приемной антенны.. Основные факторы определяющие величину КИП зеркальной антенны.. Линзовые антенны. Многолучевые антенны..

4. Теория антенных решёток Взаимная связь антенн

4.1. Антенные решётки. Взаимная связь антенн.

Антенные решётки, их разновидности и характеристики. Понятие об области сканирования и влияющие на ее величину факторы. Схемы питания антенных решёток. Взаимная связь элементов антенных решёток. Способы уменьшения влияния взаимной связи. Антенны, в которых взаимная связь элементов используется для формирования диаграммы направленности..

5. Невыступающие и печатные антенны

5.1. Конструкции антенн на движущихся объектах. Г-образная антенна. Печатные антенны.

История создания мало выступающих телеметрических антенн на заре ракетной техники. Расчёт диаграммы направленности и входного сопротивления Г-образной антенны. Расчёт диаграммы направленности прямоугольной печатной антенны. Другие типы печатных антенн. Поляризационные характеристики печатных антенн. Согласование печатных антенн. Способы увеличения широкополосности печатных антенн. Области применения печатных антенн..

6. Широкополосные и частотно-независимые антенны

6.1. Диапазонные антенны. Частотно-независимые антенны.

Способы увеличения широкополосности вибраторных антенн. Схемы питания вибраторных антенн. Вибратор Надененко. Антенна Вивальди. Диапазонные рупоры.. Принципы подобия и самоподобия антенн. Самодополнительность. Роль отсечки тока в самоподобных структурах. Спиральные и логопериодические антенны. Спираль Архимеда. Конструкции Логопериодических антенн...

7. Антенные измерения

7.1. Входное сопротивление и матрица рассеяния. Измерение диаграммы направленности антенны. Измерение коэффициента усиления антенн. Поляризационные измерения. Шумовые измерения. Мощность излучения. Удельный коэффициент поглощения энергии.

Приборы для измерения входного сопротивления, коэффициента отражения и матрицы рассеяния. Скалярные и векторные измерители. Измерение диаграммы направленности в условиях открытого полигона. Источники ошибок измерения.. Методы измерения коэффициента усиления: эталонные антенны, метод двух идентичных антенн, метод трёх антенн. Радиоастрономические методы измерения. О важности поляризационной информации в связных и радиолокационных антеннах. Режим поляризационного уплотнения. Установки измерения поляризационных характеристик. Источники шумовых искажений в приёмных антеннах. Приборы для шумовых измерений. Радиолокационный метод измерения шума остронаправленных антенн. Измерение мощности излучения. Оценка санитарной зоны мощной передающей антенны.. Экспериментальные, компьютерные и аналитические методы оценки удельного коэффициента поглощения (SAR).

8. Малые антенны

8.1. Теоретические ограничения коэффициента усиления малой антенны.

История проблемы создания направленной антенны малых размеров. Теоретические ограничения Чу возможности уменьшения добротности малой антенны. Экспериментальные результаты. О возможности создания сверхнаправленных антенн..

3.3. Темы практических занятий

1. 8. Защита расчётной работы.;
2. 7. Контрольная работа. (Две задачи: по антеннам бегущей волны и по апертурным антеннам.);
3. 6. Проектирование однозеркальных и двухзеркальных параболических антенн.;
4. 5. Излучение открытого конца волновода. Рупорные антенны. Оптимальный рупор.;
5. 4. Питание вибраторных антенн. Изучение работы симметрирующих устройств.

Оптимизация КНД антенн осевого излучения; диэлектрических, импедансных и спиральных.;

6. 3. Контрольная работа. (Две задачи: нахождение ДН двух диполей или диполя над экраном и расчёт поляризационных характеристик двух ортогональных вибраторов.);
7. 2. Расчет поляризационных диаграмм для двух скрещенных вибраторов;
8. 1. Диаграммы направленности электрических и магнитных вибраторов над экраном.

3.4. Темы лабораторных работ

1. 4. Зеркальные антенны (4 часа);
2. 3. Антенны бегущей волны (4 часа);
3. 2. Волноводно – щелевые антенны (4 часа).;
4. 1. Вибраторные и щелевые антенны (4 часа)..

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации направлены на помощь в изучении раздела "Теория антенных решёток. Взаимная связь антенн"
2. Консультации направлены на помощь изучения материала раздела "Невыступающие и печатные антенны"
3. Консультации направлены на помощь изучения материала раздела "Широкополосные и частотно-независимые антенны"
4. Консультации направлены на помощь изучения материала раздела "Антенные измерения"
5. Консультации направлены на помощь изучения материала раздела "Малые антенны"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Физические основы излучения. Характеристики антенн. Математические модели простейших излучателей"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теория линейных антенн."
3. Консультации направлены на решение задач по разделу "Теория апертурных антенн"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Знать:											
способы представления диаграмм направленности и поляризационных характеристик антенн	ИД-2ПК-3	+									Контрольная работа/"Диаграммы направленности диполей над металлической плоскостью"
основные характеристики антенн, а также математические модели разных типов антенн	ИД-2ПК-3							+	+		Контрольная работа/Апертурные антенны: проектирование оптимальной рупорной антенны либо проектирование одно- или двухзеркальной параболической антенны
Уметь:											
измерять диаграммы направленности антенн	ИД-2ПК-3				+	+	+				Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Антенны бегущей волны" Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Зеркальные антенны"
измерять поляризационные характеристики антенн	ИД-2ПК-3		+	+							Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Вибраторные антенны" Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Волноводно-щелевые антенны"
пользоваться математическими моделями разных типов антенн	ИД-2ПК-3		+		+					+	Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания "Эквидистантная антенная решётка"

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Защита лабораторной работы "Антенны бегущей волны" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы "Вибраторные антенны" (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы "Волноводно-щелевые антенны" (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы "Зеркальные антенны" (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. "Диаграммы направленности диполей над металлической плоскостью" (Контрольная работа)
2. Апертурные антенны: проектирование оптимальной рупорной антенны либо проектирование одно- или двухзеркальной параболической антенны (Контрольная работа)
3. Защита расчётного задания "Эквидистантная антенная решётка" (Расчётно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Коган, Б. Л. Поляризациянные характеристики антенн : учебное пособие по курсу "Устройства СВЧ и антенны" по направлению "Радиотехника" / Б. Л. Коган ; ред. В. В. Бодров ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 48 с. - ISBN 978-5-9902974-3-2 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=5695>;
2. Сазонов, Д. М. Антенны и устройства СВЧ : Учебник для вузов по специальности "Радиотехника" / Д. М. Сазонов . – М. : Высшая школа, 1988 . – 432 с.;
3. Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А., Рябов А. В., Головченко Е. В.- "Антенны", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2020 - (412 с.)
<https://e.lanbook.com/book/133478>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;

4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-800/1, Учебная лаборатория антенных систем и распространения радиоволн	парта, парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, стенд лабораторный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-800/1, Учебная лаборатория антенных систем и распространения радиоволн	парта, парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, стенд лабораторный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-800/1, Учебная лаборатория антенных систем и распространения радиоволн	парта, парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, стенд лабораторный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-800/6, Кабинет сотрудников каф. "РТП и АС"	кресло рабочее, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный

Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-800/7, Архив каф. "РТП и АС"	стол, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, холодильник
--	--------------------------------	--

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Антенны

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 "Диаграммы направленности диполей над металлической плоскостью" (Контрольная работа)
- КМ-2 Защита лабораторной работы "Вибраторные антенны" (Лабораторная работа)
- КМ-3 Защита лабораторной работы "Волноводно-щелевые антенны" (Лабораторная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы "Антенны бегущей волны" (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита лабораторной работы "Зеркальные антенны" (Лабораторная работа)
- КМ-6 Апертурные антенны: проектирование оптимальной рупорной антенны либо проектирование одно- или двухзеркальной параболической антенны (Контрольная работа)
- КМ-7 Защита расчётного задания "Эквидистантная антенная решётка" (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	3	6	8	12	13	14	15
1	Физические основы излучения. Характеристики антенн. Математические модели простейших излучателей								
1.1	Уравнения Максвелла, элементарные излучатели, основные характеристики антенн. Математические модели простейших излучателей. Симметричный вибратор. Характеристики симметричного вибратора и щелевых антенн.		+						
2	Теория линейных антенн.								
2.1	Линейные антенные решётки. Множитель направленности линейной решётки. Линейные антенны бегущей волны.			+	+				+
3	Теория апертурных антенн								
3.1	Излучение плоских раскрытов. Рупорные антенны. Зеркальные антенны. Приёмные антенны. Энергетические характеристики зеркальных антенн. Другие типы апертурных антенн.			+	+				

4	Теория антенных решёток Взаимная связь антенн							
4.1	Антенные решётки. Взаимная связь антенн.				+	+		+
5	Невыступающие и печатные антенны							
5.1	Конструкции антенн на движущихся объектах. Г-образная антенна. Печатные антенны.				+	+		
6	Широкополосные и частотно-независимые антенны							
6.1	Диапазонные антенны. Частотно-независимые антенны.				+	+	+	
7	Антенные измерения							
7.1	Входное сопротивление и матрица рассеяния. Измерение диаграммы направленности антенны. Измерение коэффициента усиления антенн. Поляризационные измерения. Шумовые измерения. Мощность излучения. Удельный коэффициент поглощения энергии.						+	
8	Малые антенны							
8.1	Теоретические ограничения коэффициента усиления малой антенны.							+
Вес КМ, %:		14	14	14	14	14	14	16