

# Антенные решетки радиолокационных систем

**Lecturers:**

Михаил Инденбом

**Language:**

Русский

**Credit points:**

3 з.е.

**Monitoring type:**

Экзамен

**Educational Program:**

Беспроводные технологии (магистратура)

3 семестр

**Prerequisites:**

Антенны

Радиотехнические цепи и сигналы

Антенны и радиочастотные устройства

ВЧ и СВЧ электроника

Lectures (a.h)*	Practice (a.h)	Labs (a.h)
16	16	
*1 academic hour = 45 minutes		

Курс лекций «Фазированные антенные решетки» (ФАР) направлен на ознакомление слушателей с используемыми в технике ФАР терминами и определениями, теорией ФАР, а также характеристиками ФАР различного типа. Лекции включают теорию многолучевых пассивных ФАР, активных передающих и приемных ФАР (АФАР), общие соотношения для их расчета и оценки предельно достижимых характеристик. Рассмотрены теория шумов в пассивных и активных многолучевых ФАР, электродинамические методы анализа, а также характеристики, периодических плоских и выпуклых (конформных) ФАР, характеристики поляризации излучения и двухполяризационные ФАР, методы расчета характеристик ФАР при наличии ошибок возбуждения и позиционирования их элементов, цифровые и адаптивные приемные АФАР. Теоретические положения и формулы проиллюстрированы примерами расчета характеристик отдельных типов ФАР.

## Course content

### Антенные решетки радиолокационных систем

#### Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)	Практика (ак.ч.)
<b>1. Антенные решетки</b>		
1.1. Основные определения и соотношения 1.2. Диаграмма направленности 1.3. Коэффициент направленного действия и коэффициент усиления 1.4. Максимальный коэффициент усиления 1.5. Коэффициент использования поверхности 1.6. Матрица рассеяния антенной решетки 1.7. Связь парциальных диаграмм излучателей и матрицы рассеяния 1.8. Коэффициент полезного действия антенной решетки	2	2
<b>2. Антенная решетка с диаграммообразующей схемой</b>		
2.1. Общие соотношения 2.2. КПД пассивных многолучевых антенных решеток 2.3. Антенная решетка в режиме приема 2.4. Приемные активные антенные решетки 2.5. Передающие активные ФАР 2.6. Минимальное число управляемых устройств ФАР	2	2
<b>3. Шумы в антенных решетках</b>		
3.1. Шумовые температуры 3.2. Шумы многолучевой пассивной антенной решетки. 3.3. Шумы антенной решетки излучателей. 3.4. Корреляционная матрица шумов активной антенной решетки. 3.5. Системная шумовая температура АФАР. 3.6. Коэффициент шума активной антенной решетки. 3.7. Отношение сигнал-шум на выходе АФАР	2	2
<b>4. Периодические антенные решетки</b>		
4.1. Спектральный подход 4.2. Антенная решетка бесконечных щелей	2	2
<b>5. Плоские фазированные антенные решетки</b>		
5.1. Выбор координатной сетки и шагов антенной решетки. 5.2. Типы излучающих элементов	2	2
<b>6. Поляризация и периодические антенные решетки двойной поляризации</b>		
6.1. Поляризация излучения антенны 6.2. Поляризация излучения плоской фазированной антенной решетки 6.3. Фазированная антенная решетка с двойной поляризацией	2	2
<b>7. Параметры ДН и КУ ФАР при случайных ошибках АФР</b>		
7.1. Начальные положения 7.2. Комплексная ДН 7.3. Амплитудная ДН и уровень боковых лепестков 7.4. Коэффициент усиления и потенциал АФАР 7.5. Ширина и медиана ДН 7.6. Коррелированные ошибки АФР	2	2
<b>8. Выпуклые фазированные антенные решетки</b>		
8.1. Введение. 8.2. Остронаправленное излучение. 8.3. Представление ДН выпуклой ФАР в виде ряда дифракционных лепестков. 8.4. Методы расчета с учетом эффектов взаимной связи элементов 8.5. Характеристики выпуклых ФАР.	2	2
<b>9. Цифровые и адаптивные АФАР</b>		

9.1. Приемные цифровые АФАР	2	2
9.2. Адаптивные цифровые АФАР		
9.3. Передающие цифровые АФАР		

## Recommended resources

1. Инденбом М.В. Антенные решетки подвижных обзорных РЛС. М.: Радиотехника, 2015.
2. Сазонов Д.М., Гридин А.Н., Мишустин Б.А. Устройства СВЧ. М.: Высшая школа, 1981.
3. Марков Г.Т., Сазонов Д.М. Антенны. М.: Энергия, 1975.
4. Амитей Н., Галиндо В., Ву Ч. Теория и анализ ФАР. М.: Мир, 1974.
5. Проектирование фазированных антенных решеток. сер. Устройства СВЧ и антенны. Под ред. Д.И. Воскресенского. М.: Радиотехника, 2012.
6. Хансен Р.С. Фазированные антенные решетки/ Пер. с англ. под ред. А.И. Синани. М.: Техносфера, 2012.
7. Антенные решетки. Обзор зарубежных работ под ред. Л.С. Бененсона, М.: Советское радио, 1966.
8. Сазонов Д.М. Многоэлементные антенные системы (матричный подход). М.: Радиотехника, 2015.
9. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М.: Наука, 1998.

## Grading Policy

### Оценочные средства дисциплины: коллоквиум, экзамен.

**Коллоквиум:** обучающиеся вытягивают билеты, составленные из списка вопросов, время на подготовку у обучающихся 20-40 минут, после чего студенты отвечают преподавателю. Кроме вопросов билета, преподаватель может задавать вопросы по всему пройденному материалу.

Требования к ответам:

Уровень усвоения материала по теме коллоквиума - 20 баллов (макс.)

Логика изложения - 20 баллов (макс.)

Полнота и глубина ответов на вопросы преподавателя - 20 баллов (макс.)

Итого: 60 баллов

**Экзамен:** аттестация проходит в виде устного экзамена. Ответ предоставляется на листе А4. Время на подготовку: 20-40 минут.

Знания, умения и навыки обучающихся при промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета определяются оценками «зачтено (отлично)», «зачтено (хорошо)», «зачтено (удовлетворительно)», «не зачтено (неудовлетворительно)».

«Зачтено (отлично)» – 90 - 100 баллов - обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

«Зачтено (хорошо)» – 74 - 90 баллов - обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

«Зачтено (удовлетворительно)» – 60 - 74 баллов обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

«Не зачтено (неудовлетворительно)» – менее 60 баллов - обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.

## Тип самостоятельных заданий

### Пример вопросов к коллоквиуму:

1. Антенная решетка и фазированная антенная решетка. Диаграмма направленности. Парциальная диаграмма элемента
2. Коэффициент направленного действия и коэффициенты усиления антенной решетки
3. Максимальный коэффициент усиления антенной решетки
4. Коэффициент использования поверхности антенной решетки

### Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Выбор координатной сетки и расстояния между элементами плоской ФАР
2. Плоские ФАР щелевых излучателей. Варианты и характеристики
3. Плоские ФАР щелевых излучателей. Влияние диэлектрического покрытия
4. Плоские ФАР волноводных излучателей. Варианты
5. Характеристики плоских ФАР волноводных излучателей