

# ***Робоча навчальна програма з дисципліни***

## **“Антени та розповсюдження радіохвиль”**

### **Введение**

#### **1.1. Объект изучения**

Объект изучения: 1) радиофизические процессы, возникающие при распространении радиоволн в атмосфере вблизи земной поверхности; 2) характеристики антенн и принципы построения антенных устройств различных типов.

#### **1.1. Предмет изучения**

Предмет изучения: 1) учет влияния атмосферы, тропосферы, ионосферы, а также поверхности Земли при расчете характеристик радиоволн; 2) методы проектирования антенн по заданной характеристике направленности, методы расчета ДН различных типов антенн.

#### **1.2. Цель обучения**

Цель обучения – приобретение студентами навыков самостоятельного использования теории расчетов оптимальных антенн; приобретение студентами знаний об электродинамических параметрах земной поверхности и атмосферы, а также о методах расчета основных характеристик радиолиний при распространении радиоволн в условиях открытых, полузакрытых и закрытых трасс.

В результате изучения курса студенты должны *знать*:

- классификацию радиоволн по диапазонам частот, способам распространения и сферам применения;
- методы определения коэффициента отражения для вертикально и горизонтально поляризованных волн;
- особенности распространения земных радиоволн над плоской поверхностью Земли при поднятых передающей и приёмной антеннах;
- влияние рельефа местности на распространение радиоволн;
- особенности дифракционного распространения радиоволн вдоль поверхности Земли;
- основные параметры приемных и передающих антенн;
- принципы синтеза остронаправленных ДН;
- методы построения антенн по заданным диаграммам направленности;
- влияние проводящих (подстилающих) поверхностей на характеристики антенн;
- принцип работы, устройство и требования, предъявляемые к современным антеннам.
- методы расчета диаграмм направленности по заданному амплитудно-фазовому распределению в раскрыве;

В результате изучения курса студенты должны *уметь*:

- пользоваться основами электродинамики для расчета различных типов антенных устройств;
- самостоятельно изучать новые разделы по антенным устройствам;

- пользоваться изученным материалом при конструировании новейших типов антенных устройств;
- рассчитывать напряженность электрического поля в точке приёма с учетом влияния земной поверхности и неоднородности тропосферы.

В результате изучения курса студенты должны *иметь представление*:

- о физических процессах, происходящих в конкретных типах приемных и передающих антенн;
- о методах, применяемых при проектировании и расчете разных видов антенн;
- о методах инженерного анализа, обоснований и расчетов антенных устройств;
- о компьютерных технологиях расчета характеристик радиоволн с учетом особенностей их распространения.

## **2. Содержание дисциплины**

### **Тема 1. Особенности распространения и отражения радиоволн.**

Всего 11 часов, в т. ч. лекции – 4 часа, самостоятельная работа – 7 часов.

#### **Лекция №1 Характеристики распространения радиоволн. (2 часа)**

Упрощенное строение атмосферы и её влияние на распространение радиоволн. Классификация радиоволн по способу распространения. Распространение радиоволн в свободном пространстве. Множитель ослабления. Распространение плоских волн в полупроводящей среде. Классификация случаев распространения земных радиоволн.

#### **Лекция № 2 Анализ характеристик трассы распространения. (2 часа).**

Классификация трасс. Расчет множителя ослабления на открытых трассах. Расчет множителя ослабления на полуоткрытых и закрытых трассах. Особенности расчета множителя ослабления для трасс с клиновидным препятствием или несколькими препятствиями. . Отражение плоских волн на границе раздела двух сред (вертикальная поляризация). Отражение плоских волн на границе раздела двух сред (горизонтальная поляризация). Отражение радиоволн на границе раздела полупроводящих сред

### **Тема 2. Основные параметры антенн.**

Всего 13 часов, в т. ч. лекции – 2 часа, лабораторные занятия – 2 часа, самостоятельная работа – 9 часов.

#### **Лекция № 3 Анализ основных характеристик антенн. (2 часа).**

Роль и назначение антенн при передаче и приеме. Классификация параметров антенн. Дальняя зона антенны (зона излучения, зона Фраунгофера). Параметры антенн, характеризующие функцию преобразования. Входное сопротивление и полоса пропускания. Диаграмма направленности. Амплитудные и фазовые характеристики излучения. Коэффициент направленного действия (КНД). КНД с любой поляризацией. Поляризационные характеристики. Понятие апертурного КИП.

### **Тема 3. Вибраторные антенны.**

Всего 13 часов, в т. ч. лекции – 2 часа, лабораторные занятия – 2 часа, самостоятель-

ная работа – 9 часов.

**Лекция №4. Свойства направленности вибраторных антенн.** (2 часа).

Распределение тока и заряда по симметричному вибратору (СВ). Диаграмма направленности СВ. Действующая высота. Сопротивление излучения и КНД СВ. Эквивалентное волновое и входное сопротивление СВ. Диаграммы направленности двух связанных вибраторов. Синфазная система. Противофазная система. Активно питаемые вибраторы (рефлектор, директор).

**Тема 4. Антенны в виде излучающих поверхностей.**

Всего 15 часов, в т. ч. лекции – 4 часа, лабораторные занятия – 2 часа, самостоятельная работа – 9 часов.

**Лекция №5. Волноводные и рупорные излучатели.** (2 часа).

Излучение открытого конца волновода. Секториальные, пирамидальные и конические рупорные антенны. Распределение амплитуд и фаз в раскрыве рупоров. Характеристики направленности. Выбор оптимальных размеров рупорных антенн. Согласование рупоров с волноводом.

**Лекция №6. Линзовые антенны.** (2 часа).

Коррекция фаз в раскрывах рупоров. Металлопластинчатые линзы. Линзы из искусственного диэлектрика. Зонирование. Амплитудное распределение в раскрывах линз. Электрические параметры и методы расчета линзовых антенн.

**Тема 5. Зеркальные антенны (ЗА).**

Всего 13 часов, в т. ч. лекции – 4 часа, лабораторные занятия – 2 часа, самостоятельная работа – 7 часов.

**Лекция №7. Анализ направленных свойств зеркальных антенн.** (2 часа).

Принцип действия. Методы расчета характеристик направленности параболических антенн. КНД, КИП, КПД и КУ ЗА. Типы облучателей. Оптимальная форма ДН облучателя.

**Лекция №8. Типы зеркальных антенн.** (2 часа).

Методы управления ДН параболической антенны. Реакция зеркала на облучатель и методы борьбы с ней. Допуски на изготовление ЗА. Зеркала больших размеров. Двухзеркальные антенны. Параболический цилиндр и его электрические параметры. Перископическая антенна. Способы уменьшения "парусности".

**Тема 6. Щелевые антенны.**

Всего 16 часов, в т. ч. лекции – 4 часа, лабораторные занятия – 2 часа, самостоятельная работа – 10 часов.

**Лекция №9. Физические принципы работы щелевых антенн.** (2 часа).

Применение принципа двойственности к расчету поля излучения щели в бесконечном экране. Щелевые волноводные антенны. Возбуждение щели волноводом. Расчет сопротивления и проводимости щелей в волноводе на основе баланса энергии. Согласование ще-

лей с волноводом.

### **Лекция №10. Многощелевые антенные решетки. (2 часа).**

Многощелевые антенны резонансного и нерезонансного типов. Диаграммы направленности многощелевых антенн. Методы управления диаграммой направленности и поляризационной характеристикой волноводно-щелевых антенн.

### **3. Лабораторные работы.**

Лабораторная работа №1. Исследование директорной антенны. – 2 часа.

Лабораторная работа №2. Измерение коэффициента усиления рупорной антенны методом зеркального изображения. – 2 часа.

Лабораторная работа №3. Исследование волноводных и рупорных излучателей. – 2 часа.

Лабораторная работа №4. Исследование волноводно-щелевой антенны. – 2 часа.

Лабораторная работа №5. Исследование зеркальной антенны. – 2 часа.

### **4. Семинары, практические занятия.**

Не предусмотрены.

### **5. Курсовая работа.**

Не предусмотрена.

### **6. Рекомендуемая литература**

1. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. М.; Связь, 1965г.- 400с.
2. Калинин А. И. Расчет трасс радиорелейных линий. М.; Связь, 1964г- 247с .
3. Черный Ф. Б. Распространение радиоволн. М.; Сов. Радио, 1962г- 300с.
4. Грудинская Г. П. Распространение радиоволн. М.; Высшая школа, 1975г.-280с.
5. Калинин А. И. Распространение радиоволн на трассах наземных и космических радиолиний. М.; Связь 1979г-294с.
6. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. М.; Связь, 1972г-336с. Б5
7. ДРАБКИН А.Л., ЗУЗЕНКО В.Л., КИСЛОВ А.Г. Антенно-фидерные устройства. - М.: "Сов. радио", 1974, 536с. Б42
8. ФРАДИН А.З. Антенны сверхвысоких частот. - М.: "Сов. радио", 1957, 635с.
9. АЙЗЕНБЕРГ Г.З., ЯМПОЛЬСКИЙ В.Г., ТЕРЕШИН О.Н. Антенны УКВ. т.2. М.: "Связь", 1977, 288с.
10. Заикин И. П., Тоцкий А. В. Антенны и устройства СВЧ. Учебное пособие по лабораторному практикуму. Часть 1. Харьков. ХАИ. 1999, 91с.
11. Заикин И. П., Тоцкий А. В. Антенны и устройства СВЧ. Учебное пособие по лабораторному практикуму. Часть 2. Харьков. ХАИ. 2000, 105с.

### **7. Контрольные вопросы**

1. Упрощенное строение атмосферы и её влияние на распространение радиоволн.
2. Классификация радиоволн по способу распространения.
3. Распространение радиоволн в свободном пространстве.
4. Понятие о множителе ослабления.
5. Распространение плоских волн в полупроводящей среде.
6. Отражение плоских волн на границе раздела двух сред (вертикальная поляризация).
7. Отражение плоских волн на границе раздела двух сред (горизонтальная поляризация).
8. Отражение радиоволн на границе раздела полупроводящих сред.
9. Область пространства, эффективно участвующего в передаче энергии радиоволн.
10. Классификация случаев распространения земных радиоволн.
11. Распространение радиоволн над плоской поверхностью Земли при поднятых передающей и приёмной антеннах.
12. Существенная зоны отражающей поверхности, играющая основную роль в формировании отраженной волны.
13. Отражение радиоволн от гладкой выпуклой поверхности.
14. Коэффициент расходимости.
15. Классификация трасс.
16. Расчет множителя ослабления на открытых трассах.
17. Расчет множителя ослабления на полуоткрытых и закрытых трассах.
18. Особенности расчета множителя ослабления для трасс с клиновидным препятствием или несколькими препятствиями.
19. Роль и назначение антенн при передаче и приеме.
20. Классификация параметров антенн.
21. Дальняя зона антенны (зона излучения, зона Фраунгофера).
22. Параметры антенн, характеризующие функцию преобразования.
23. Входное сопротивление и полоса пропускания.
24. Диаграмма направленности.
25. Амплитудные и фазовые характеристики излучения.
26. Коэффициент направленного действия (КНД).
27. КНД с любой поляризацией.
28. Поляризационные характеристики.
29. Теорема взаимности.
30. Доказательство совпадения ДН и действующих высот в режимах передачи и приема.
31. Мощность, отдаваемая приемной антенной в нагрузку.
32. Понятие апертурного КИП.
33. Распределение тока и заряда по симметричному вибратору (СВ).
34. Диаграмма направленности СВ.
35. Действующая высота.
36. Сопротивление излучения и КНД СВ.
37. Эквивалентное волновое и входное сопротивление СВ.
38. Диаграммы направленности двух связанных вибраторов.
39. Синфазная система.
40. Противофазная система.
41. Активно питаемые вибраторы (рефлектор, директор).
42. Система бегущей волны.
43. Излучение открытого конца волновода.
44. Секториальные, пирамидальные и конические рупорные антенны.
45. Распределение амплитуд и фаз в раскрыве рупоров.
46. Характеристики направленности.
47. Выбор оптимальных размеров рупорных антенн.
48. Согласование рупоров с волноводом.
49. Коррекция фаз в раскрывах рупоров.
50. Металлопластинчатые линзы.
51. Линзы из искусственного диэлектрика.
52. Зонирование.
53. Амплитудное распределение в раскрывах линз.

54. Электрические параметры и методы расчета линзовых антенн.
55. Принцип действия.
56. Методы расчета характеристик направленности параболических антенн.
57. КНД, КИП, КПД и КУ ЗА.
58. Типы облучателей.
59. Оптимальная форма ДН облучателя.
60. Методы управления ДН параболической антенны.
61. Реакция зеркала на облучатель и методы борьбы с ней.
62. Допуски на изготовление ЗА.
63. Зеркала больших размеров.
64. Двухзеркальные антенны.
65. Параболический цилиндр и его электрические параметры.
66. Способы уменьшения "парусности".
67. Применение принципа двойственности к расчету поля излучения щели в бесконечном экране.
68. Щелевые волноводные антенны.
69. Возбуждение щели волноводом.
70. Расчет сопротивления и проводимости щелей в волноводе на основе баланса энергии.
71. Согласование щелей с волноводом.
72. Многощелевые антенны резонансного и нерезонансного типов.
73. Диаграммы направленности многощелевых антенн.
74. Методы управления диаграммой направленности и поляризационной характеристикой волноводно-щелевых антенн.

#### **8. Формы и способы проведения текущего и итогового контроля:**

Зачет – устно.

Программу составил  
доцент кафедры № 504

Тоцкий А. В.