



БОРТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

Лекция 9



КАФЕДРА
АВИАЦИОННЫХ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
КОМПЛЕКСОВ

Тема 8.

ПАССИВНЫЕ ПОМЕХИ, ЛОЖНЫЕ ЦЕЛИ И ЛОВУШКИ

8.1. Виды пассивных помех, средства и способы их создания

Под **пассивными помехами** в РЭБ понимают помехи, образующиеся на входе приемника подавляемого РЭС в результате **рассеяния** и **переотражения** ЭМВ от различных предметов, а также **искажения** полезных сигналов, связанные с **изменением условий их распространения или отражения**, а также различные **ионизированные плазменные образования**, которые модифицируют электрические свойства среды распространения ЭМВ.

Естественные помехи возникают вследствие **рассеяния ЭМВ** земной/водной поверхностью, местными предметами, облаками, каплями дождя, частицами снега и неоднородностями атмосферы, океанов, морей.

Искусственные пассивные помехи являются результатом рассеяния ЭМВ **дипольными, уголковыми и линзовыми отражателями, отражающими антенными решетками**, ионизированными средами и аэрозольными образованиями.

По характеру воздействия пассивные помехи

маскирующие
(облако отражателей)

плазмообразования
(локальные,
глобальные)

Средства создания ПП

1

отражатели
(дипольные,
уголковые,
линзовые)

2

вещества, аэрозоли,
ионизирующие среду
распространения

3

переизлучающие
решетки (Ван-Атта) и
линзы (Люнеберга,
Итона-Липмана)

4

имитирующие
(ложные цели и РЛ
ловушки))

8.2. Основные характеристики пассивных помех

Эффективной площадью рассеяния объекта называют **эквивалентную ему площадь** поперечного сечения, которая, будучи **помещенной в точку нахождения объекта**, рассеивает во все стороны падающую энергию ЭМВ, создавая раскрыве приемной антенны **такую же плотность потока мощности**, как и реальный объект.

ЭПР (для гармонического ЗС) – отношение **мощности излучения эквивалентного изотропного источника** (**Вт**), создающего в точке наблюдения такую же плотность потока мощности излучения, что и облучаемый рассеиватель, к **плотности потока мощности** (**Вт/м²**) зондирующего излучения в точке расположения рассеивателя.

ЭПР является абстракцией, моделью, дающей возможность оценить отражательную способность РЛ цели и РЛ заметность цели.

На величину ЭПР влияет **множество факторов**:

- **размеры** и геометрическая **форма цели**;
- **ракурс наблюдения цели**, который определяет, какая именно часть поверхности цели облучается зондирующей ЭМВ;
- **рабочая частота РЛС** (точнее, соотношение между длиной волны РЛС и характерными размерами цели) и **поляризация волны**;
- **электрические свойства материала**, из которого выполнена конструкция цели.

Влияние данных факторов является **комплексным** и поэтому учитывать их нужно **совместно**.

Дипольные отражатели – пассивные тонкие (десятки микрон) вибраторы, изготовленные из станиолевых лент, алюминиевой фольги, металлизированной бумаги, стекловолокна, покрытого электропроводящим слоем и т.д.

Основные характеристики ДО

- ЭПР
- диапазонность
- спектр помехи
- характер и время развёртывания облака ДО
- ширина полосы, маскирующей цель

На практике **длина диполя** $l = 0,47 \cdot \lambda$

Полоса частот $\Delta f \approx (0,05 \div 0,15) \cdot f_0$

**Средняя ЭПР одиночного
полуволнового диполя**

$$\bar{\sigma}_1 = 0,17 \cdot \lambda^2$$

ЭПР пачки из N диполей

$$\bar{\sigma}_\Pi = \sum_i^N \bar{\sigma}_i \approx N \cdot \bar{\sigma}_1$$

**ЭПР облака
диполей**

$$\bar{\sigma}_\Pi = \eta_d N \bar{\sigma}_1$$

$\eta_d < 1$ – КПД сброшенных диполей (обычно 0,2...0,8).

Средние размеры облака диполей для спокойной атмосферы составляют **400...1000 м**

(как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости), а при сбрасывании в направлении ветра – около **500 м** в горизонтальной плоскости и более **1,5 км** в вертикальной плоскости.

**Коэффициент
ослабления ЭМВ**

$$\beta = 0,73 \lambda^2 \bar{n}$$

$\bar{n}$ – среднее число диполей в единице объема.

**Мощность ЭМВ, прошедшей через облако
толщиной x в одном
направлении**

$$P = P_0 \cdot 10^{-0,1\beta x}$$

В спокойной атмосфере средняя скорость
снижения ДО составляет **1...3 м/с** на больших
высотах и **0,5...1 м/с** на малых высотах.

- кратковременность воздействия;
- одноразовость применения;
- узкодиапазонность;
- различие спектров сигнала и помехи.

**Недостатки
ДО**

Достоинства ДО

1

простота
изготовления и
применения

3

универсальность
применения

2

дешевизна

4

хорошая ЭМС с
другим РЭО

Для формирования ДО применяют:

устройства выброса (автоматы ДО)

авиационные бомбы, ракеты и снаряды

8.3. Энергетические соотношения при подавлении РЭС пассивными помехами

Цель не наблюдается на фоне пассивных помех при

$$\frac{P_{\text{ПВх}}}{P_{\text{СВх}}} \geq K_{\text{П}}$$

Помеховый и полезный сигналы создаются путем отражения от различных тел, находящихся в одном импульсном объёме разрешения РЛС

$$\frac{P_{\text{ПВх}}}{P_{\text{СВх}}} = \frac{\overline{\sigma_{\text{П}}}}{\sigma_{\text{Ц}}}$$

$\sigma_{\text{П}}$ – средняя ЭПР ДО, которая попадает в импульсный объем разрешения РЛС

Потребная ЭПР ДО в импульсном объеме

должна удовлетворять условию

$$\sigma_{\Pi} \geq \sigma_{\Pi} \cdot K_{\Pi}$$

Если в импульсный объем разрешения попадает ***m*** **прикрываемых самолетов**

$$\sigma_{\Pi} = \varepsilon \cdot m \cdot \sigma_{\Sigma}$$

$\varepsilon \leq 1$ – коэффициент, учитывающий экранирование одних самолетов другими.

Если сбрасывать $N_{\text{ПАЧ}}$ **пачек диполей по** N в каждой

$$\sigma_{\Pi} = \sigma_{\text{ПАЧ}} \cdot N_{\text{ПАЧ}} = N_{\text{ПАЧ}} \cdot N \cdot \sigma_1 \cdot \eta_{\text{д}}$$

Потребное количество пачек, которые необходимо сбросить в импульсный объем

$$N_{\text{ПАЧ}} \geq \frac{K_{\text{П}} \cdot \varepsilon \cdot m \cdot \sigma_{\text{С}}}{N \cdot \sigma_1 \cdot \eta_{\text{Д}}}$$

Маскировка движущихся объектов достигается при выбрасывании по маршруту движения самолёта ДО с интервалом, **не превышающим разрешающую способность по дальности** подавляемой РЛС.

Если самолет летит на РЛС,

интервал сброса

$$t_{\text{СБР}} \leq \frac{c \cdot \tau_{\text{И}}}{2W \cdot N_{\text{ПАЧ}}}$$

W – путевая скорость постановщика помех.

Если **требуется прикрыть самолеты на участке** ΔL ,
то потребный запас пачек ДО
на постановщике помех

$$N_{\Sigma} = \frac{\Delta L}{W \cdot t_{\text{СБР}}} \geq \frac{2\Delta L}{c \cdot \tau_{\text{И}}} \cdot N_{\text{ПАЧ}}$$

8.4. Радиолокационные ложные цели и ловушки

Ложная цель (ЛЦ) представляет собой искусственное устройство, имитирующее по отражательным характеристикам реальные объекты

угловые отражатели

линзы Люнеберга

переизлучающие антенные решетки Ван-Атта

аэростаты с металлическим покрытием

большие металлические экраны

Основные задачи применения ЛЦ контурах целераспределения

1

**дезорганизация РЛС и перегрузка системы
обработки данных**

2

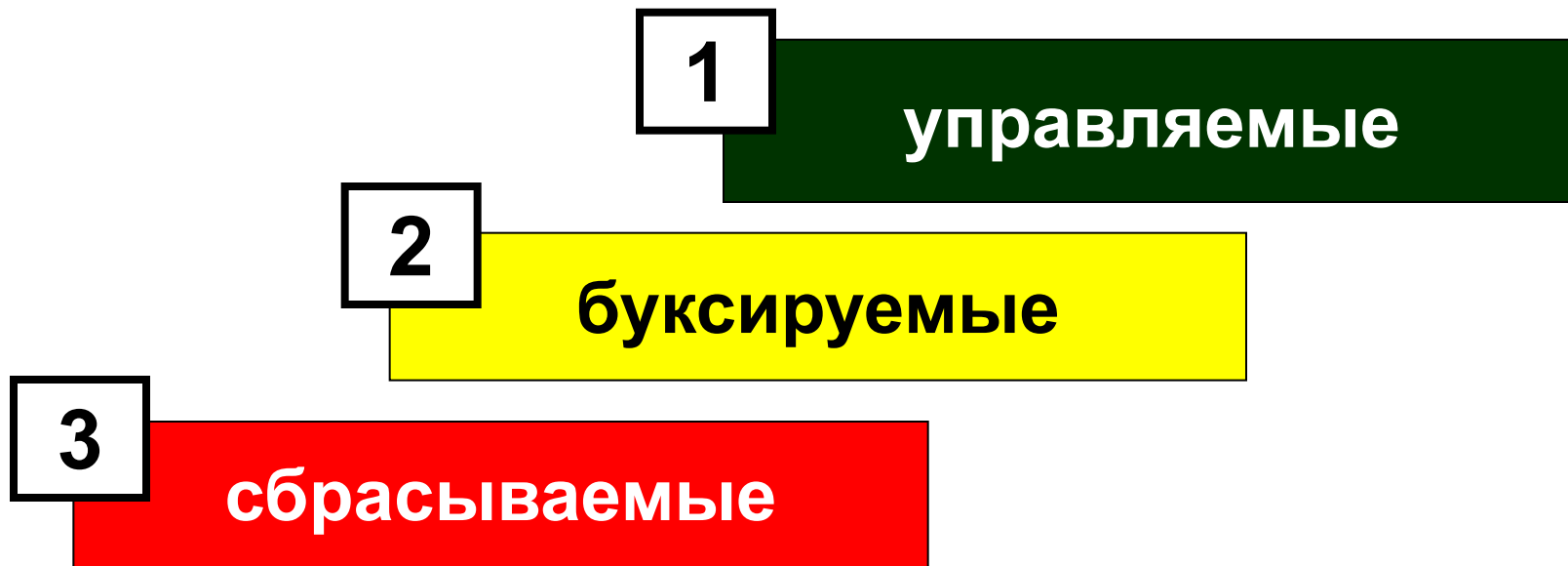
**увеличение времени на опознавание цели
(определение истинных целей)**

3

**отвлечение ударных средств ПВО
на поражение ЛЦ**

Ловушка представляет собой техническое средство, имитирующее объект (цель) для РЭС управления (наведения) оружия и используемое для увода от целей управляемых боеприпасов или срыва АС цели РЛС.

Ловушки по способу применения



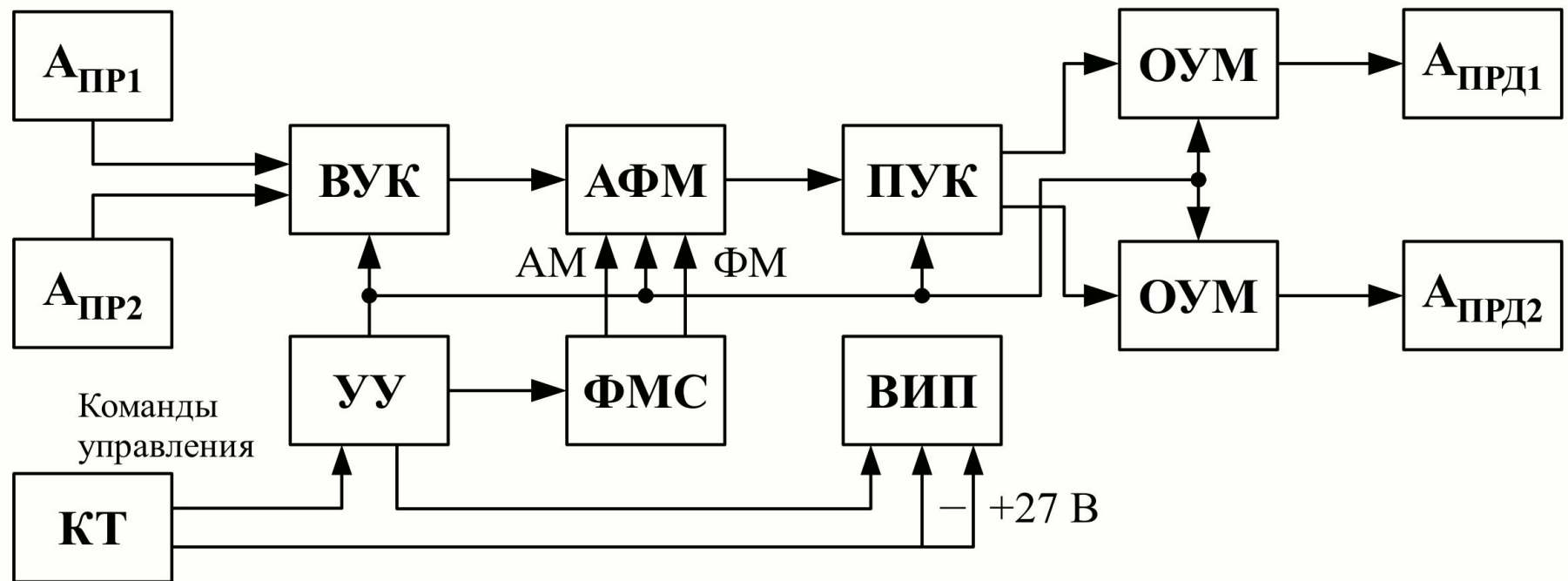
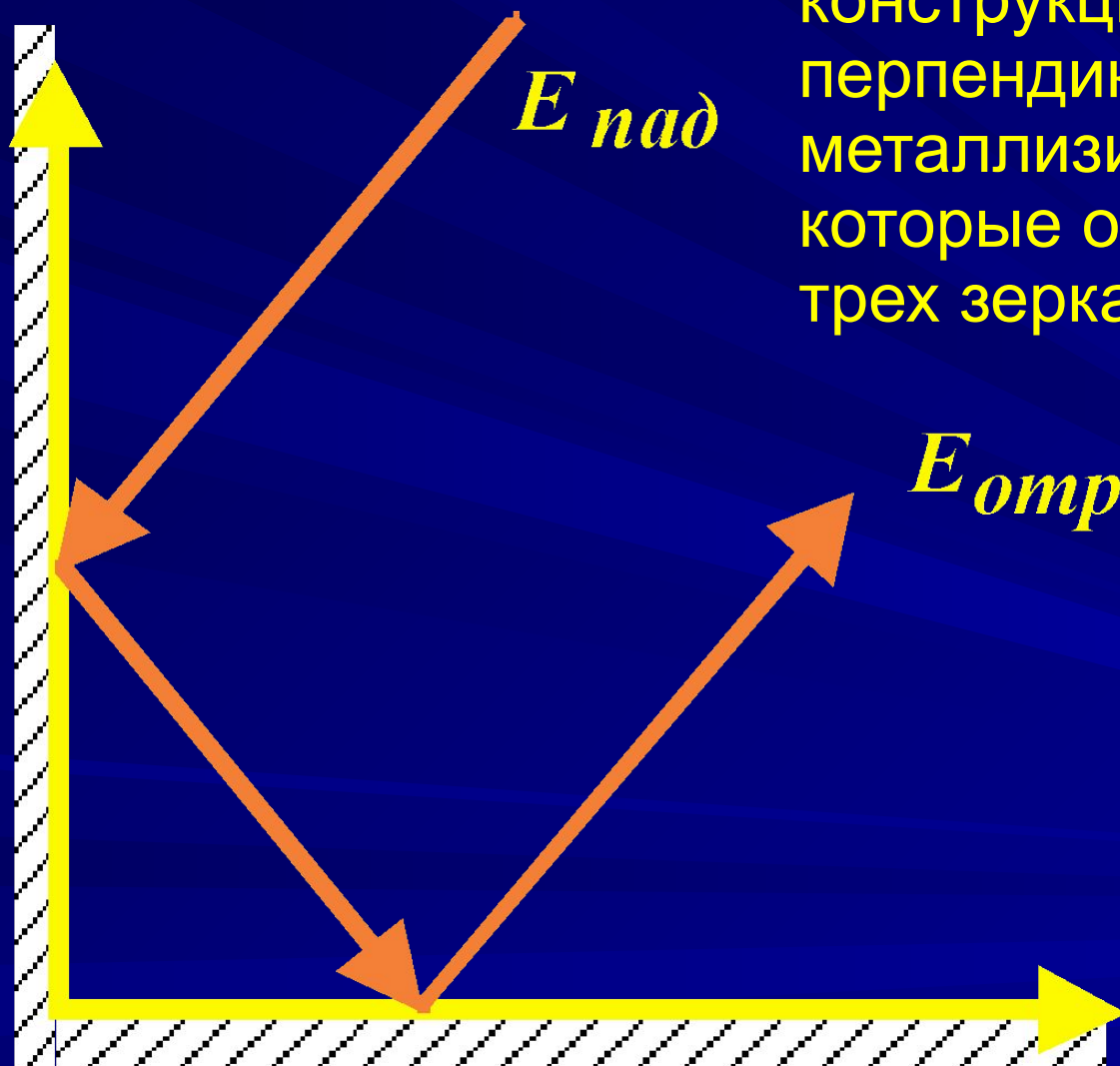


Рис. 3. Структурная схема автономной АБРЛ

(**ВУК**, **ПУК** – входной и предварительный усилители-коммутаторы, **АФМ** – амплитудно-фазовый модулятор, **ОУМ** – оконечный усилитель мощности, **ФМС** – формирователь модулирующих сигналов, **ВИП** – вторичный источник питания, **КТ** – кабель-тросс)

УО представляют собой конструкцию взаимно-перпендикулярных металлизированных плоскостей, которые образуют систему из трех зеркал.



Значение ЭПР уголкового отражателя

$$\sigma_{\Delta} = \frac{4}{3} \pi \cdot \frac{\alpha^4}{\lambda^2} \quad (\text{треугольные грани})$$

$$\sigma_{\Pi} = 12\pi \cdot \frac{\alpha^4}{\lambda^2} \quad (\text{прямоугольные грани})$$

$$\sigma_{\otimes} = 3\pi \cdot \frac{\alpha^4}{\lambda^2} \quad (\text{восьмиугольные УО с полукруглыми гранями})$$

α – длина ребра отражателей.

Основные недостатки УО – малая скорость движения в атмосфере и узкая ширина ДН.

Линза Люнеберга

представляет собой шар из нескольких **слоев диэлектрика**. Одна из полусфер этого шара покрыта **металлическим слоем**.

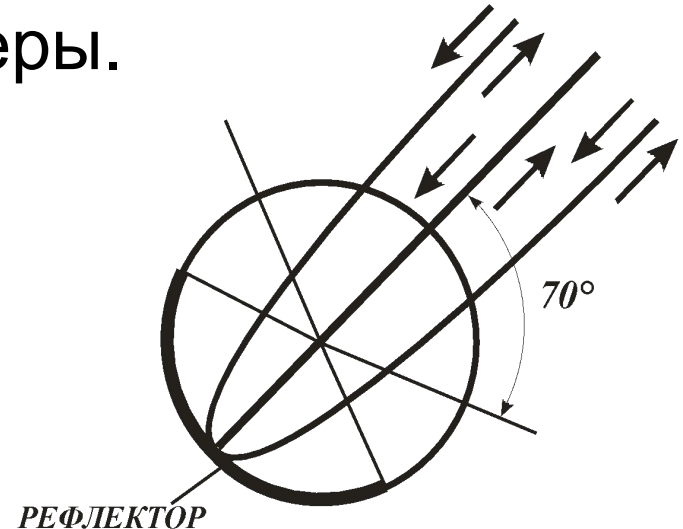
Коэффициент преломления изменяется в зависимости от расстояния r до центра линзы радиусом R_0 согласно

$$n = \sqrt{2 - (r/R_0)^2}$$

из-за чего падающий на линзу параллельный пучок ЭМВ фиксируется в одной точке на внутренней металлической поверхности сферы.

Величина ЭПР линзы Люнеберга

$$\sigma_{\text{л}} = 4\pi^3 \cdot \frac{R_0^4}{\lambda^2}$$



Линза Итона-Липмана

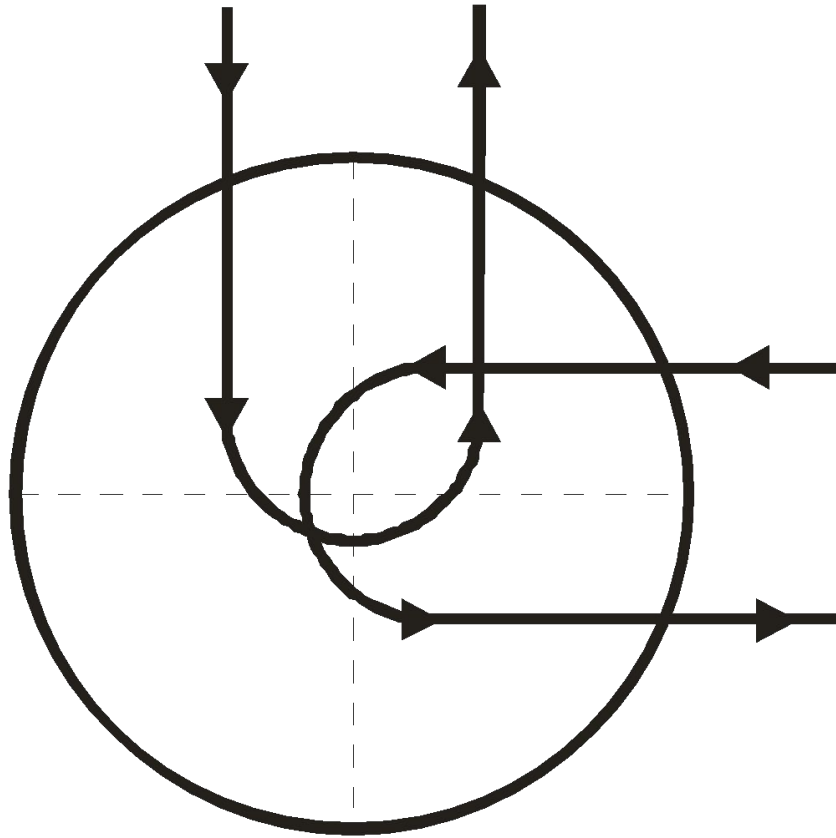


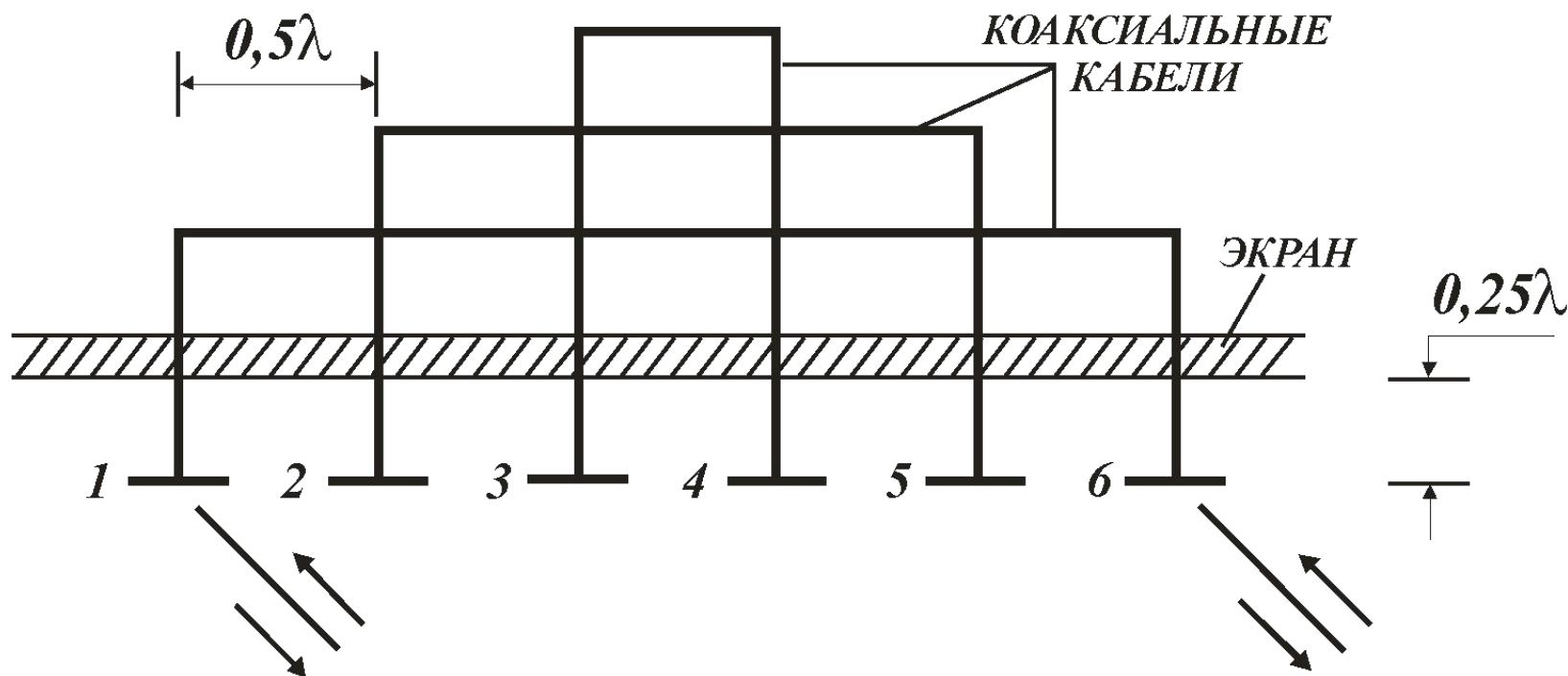
Рис. 6. Ход лучей в линзе Итона-Липмана с круговым переизлучением

Коэффициент преломления линзы без металлических колец с изотропным переизлучением (**линзы Итона-Липмана**) должен меняться по закону

$$n = \sqrt{\frac{2R_0}{r} - 1}$$

где r – текущий радиус.

Решетки Ван-Атта – совокупность приемно-излучающих антенных элементов (**полуволновых диполей 1–6**), попарно соединенных коаксиальными кабелями одинаковой электрической длины. ЭМВ, принятая диполем 1, будет излучаться диполем 6 и наоборот. Решетки рассчитываются на отражение волн **с любой поляризацией**. Диполи располагают на метал. экране под различными углами.



Максимальная ЭПР решетки Ван-Атта

$$\sigma_{B-A} = \pi \cdot N^2 \cdot \frac{\lambda^2}{4}$$

N – количество полуволновых диполей.

Преимущества решеток Ван-Атта:

- 1) диаграмма переизлучения **шире**, чем у УО;
- 2) переизлученный сигнал можно **промодулировать**;
- 3) возможность **изменять направление и поляризацию** переизлученного сигнала;
- 4) можно обеспечить **угловое сканирование** диаграммы переизлучения

Недостатки решетки Ван-Атта – сложность конструкции, настроенность на конкретное значение частоты, малая диапазонность

Общий недостаток ЛЦ – их сравнительно малая подвижность в пространстве, вследствие чего отраженные от них радиосигналы могут подавляться в РЭС противника с помощью устройств **селекции движущихся целей**.

Более дорогой и эффективный способ перемещения ЛЦ в атмосфере – с помощью **специальных отстреливаемых ракет**.

Плазменные образования

ИЗУЧИТЬ
САМОСТОЯТЕЛЬНО

1. Леньшин А.В. Бортовые системы и комплексы радиоэлектронного подавления. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. – С. **299-302.**
2. Леньшин А.В. Принципы построения авиационных комплексов радиоэлектронной борьбы. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2011. – С. **293-294.**
3. Авиационные системы радиоэлектронного противодействия / А.В. Леньшин. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2012. – С. **100-103.**

Совместное применение **активных** и **пассивных помех** в интересах повышения эффективности РЭП РЛС возможно в различных вариантах с целью:

- **повышения эффективности активных помех, непосредственно воздействующих на РЛС**
- **преднамеренного изменения угла прихода помехового излучения путем подсвета облака ДО**
- **увеличения отношения мощностей помехи и полезного сигнала на входе подавляемого приемника вследствие постановки в зоне обзора РЛС в створе со САП полосы отражателей достаточно большой плотности**

**ИЗУЧИТЬ
САМОСТОЯТЕЛЬНО**

Уравнение РЭП активно-пассивными помехами. Комбинированные помехи и способы их создания

1. Леньшин А.В. Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы: Учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – С. 277-280.

Задание на самоподготовку

1. **Леньшин А.В.** Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы: Учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – **С. 254-280.**
2. **Леньшин А.В.** Бортовые системы и комплексы радиоэлектронного подавления. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. – **С. 292-321.**
3. **Леньшин А.В., Лебедев В.В.** Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы [Электронный ресурс]: **электронный учебник** (85,0 Мб). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 1 CD-ROM. – Инв. 1617.
4. Радиоэлектронная борьба. Основы теории / **А.И. Куприянов, Л.Н. Шустов.** – М.: Вузовская книга, 2011. – **С. 247-312.**