

Линейные антенные решетки

ДН АР определяется произведением ДН одного излучающего элемента на множитель системы:

$$f(\theta, \phi) = f_0(\theta, \phi) \cdot f_c(\theta, \phi)$$

Множитель системы:

$$f_c(\theta) = \frac{\sin[N(kd \cos\theta - \psi)/2]}{\sin[(kd \cos\theta - \psi)/2]}.$$

N – число элементов АР;

d – шаг решётки;

ψ – фазовый сдвиг токов соседних элементов;

$k = 2\pi / \lambda$ – волновое число.

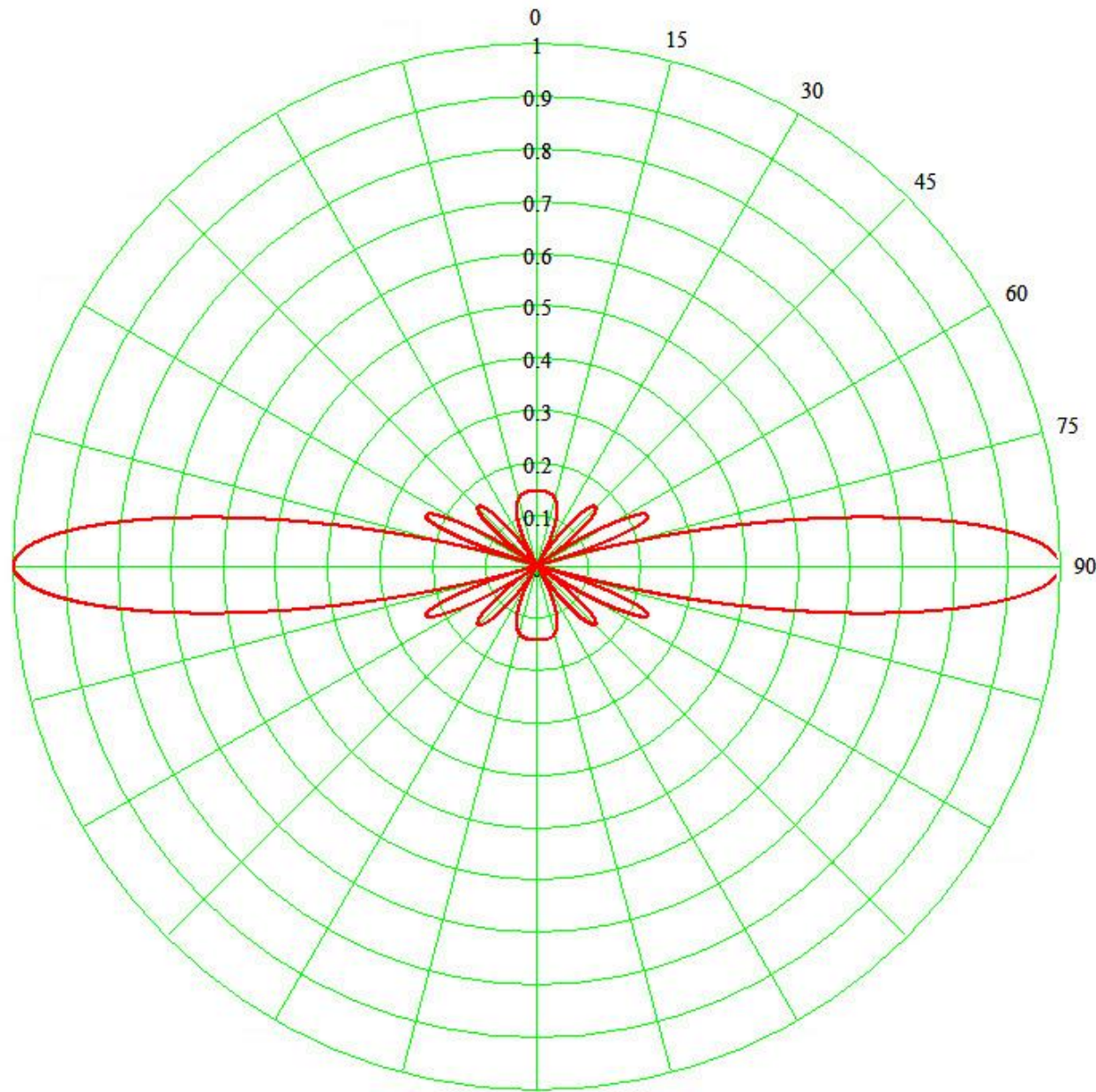
В зависимости от фазового сдвига токов ψ изменяется положение максимума излучения. Различают режимы нормального, наклонного и осевого излучения.

Режим нормального излучения ($\psi = 0$)

Элементы решётки возбуждаются синфазно.
Максимум излучения ориентирован по
нормали к решетке ($\theta_{\text{гл}} = 90^\circ$).

Нормированная ДН (множитель системы):

$$F_c(\theta) = \frac{\sin[(Nkd \cos \theta)/2]}{N \sin[(kd \cos \theta)/2]}.$$



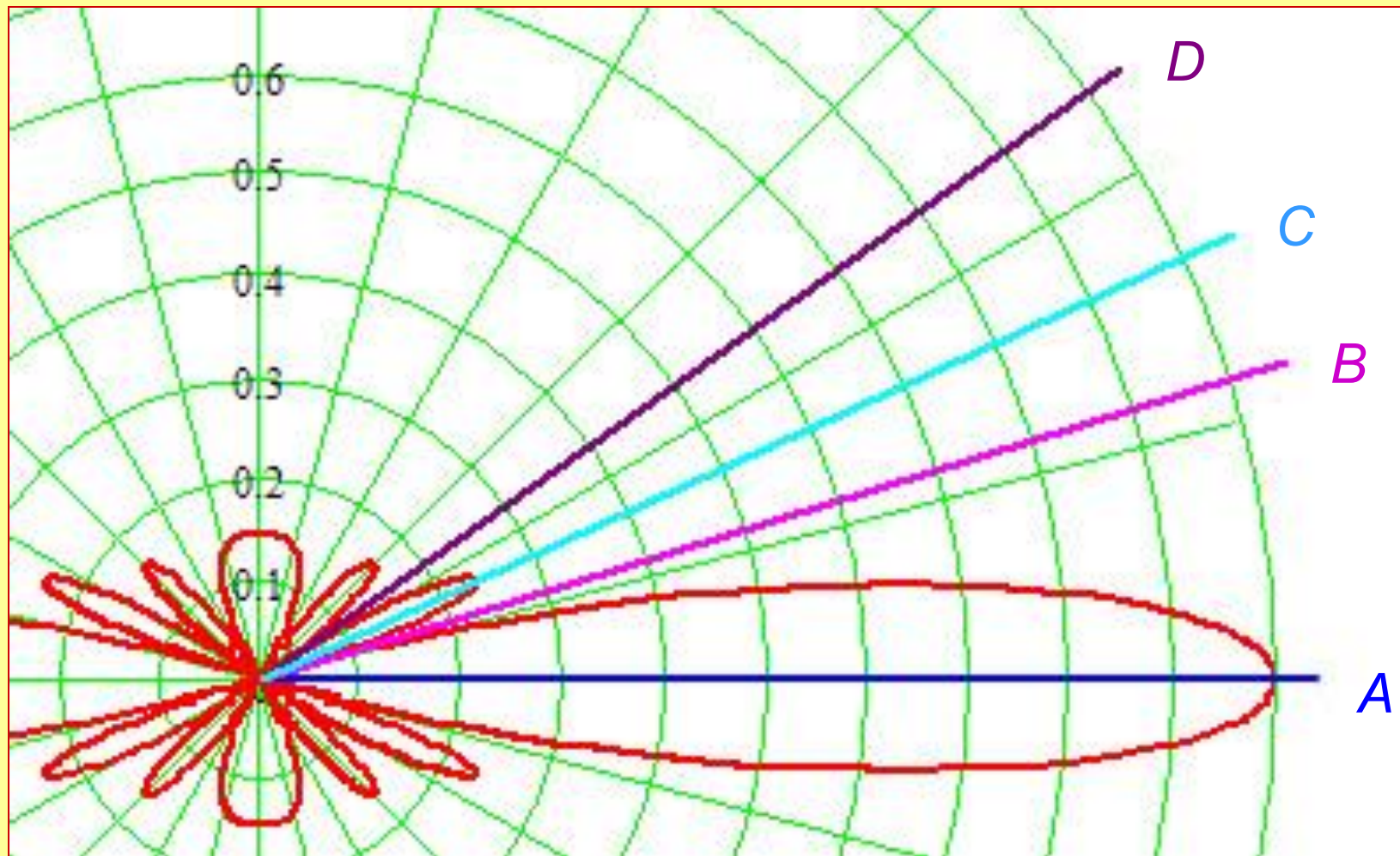
Пример:

множитель системы

$F_c(\theta)$ при

$N = 7; d = 0,5\lambda$

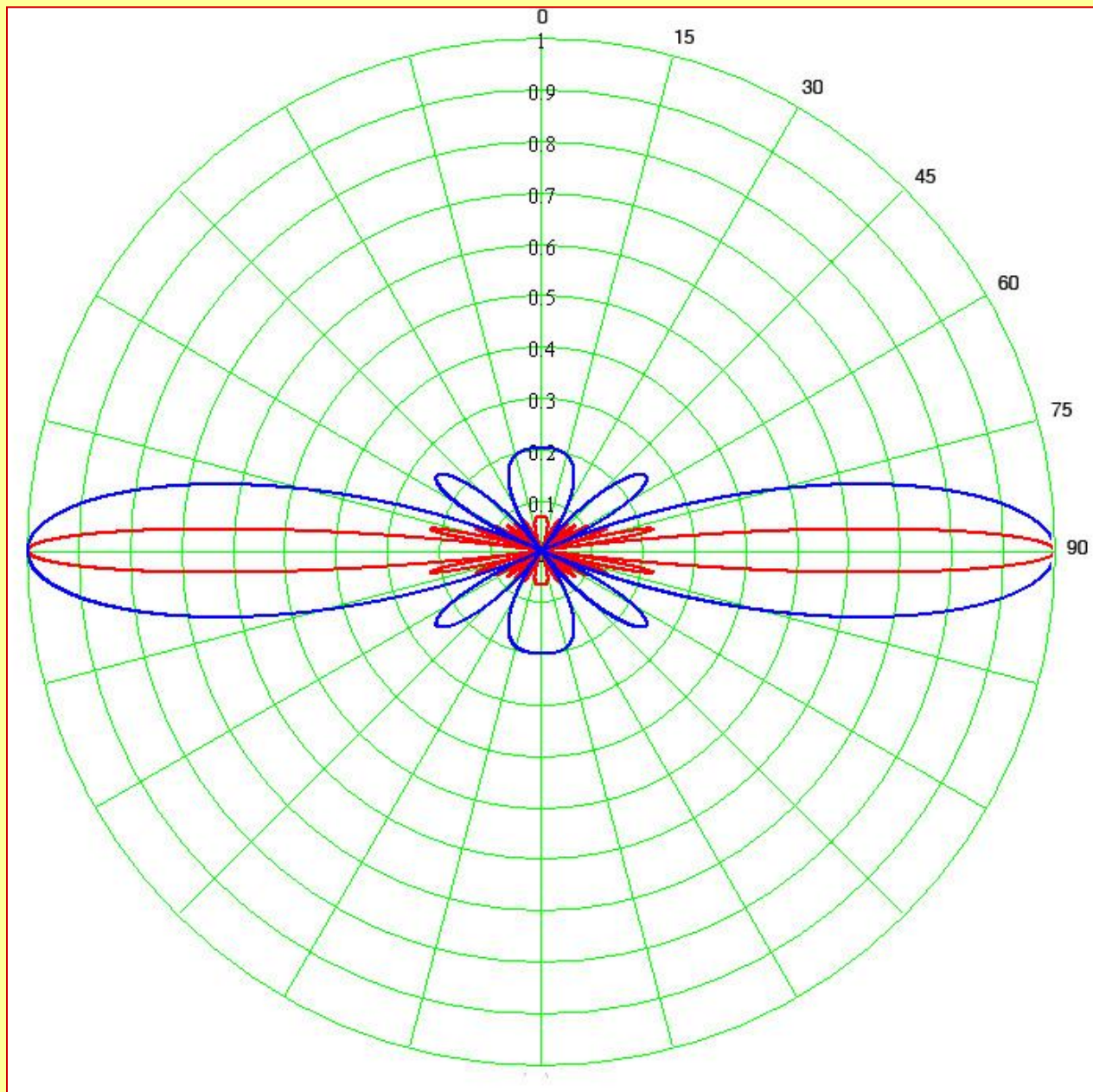
Характерные направления:



Первый нуль ДН определяется из условия:

$$\cos \theta_{01} = \lambda / Nd .$$

Чем больше элементов N содержит АР, тем меньше θ_{01} , т.е. уже ДН.



При увеличении числа элементов ширина ДН уменьшается.

Пример:

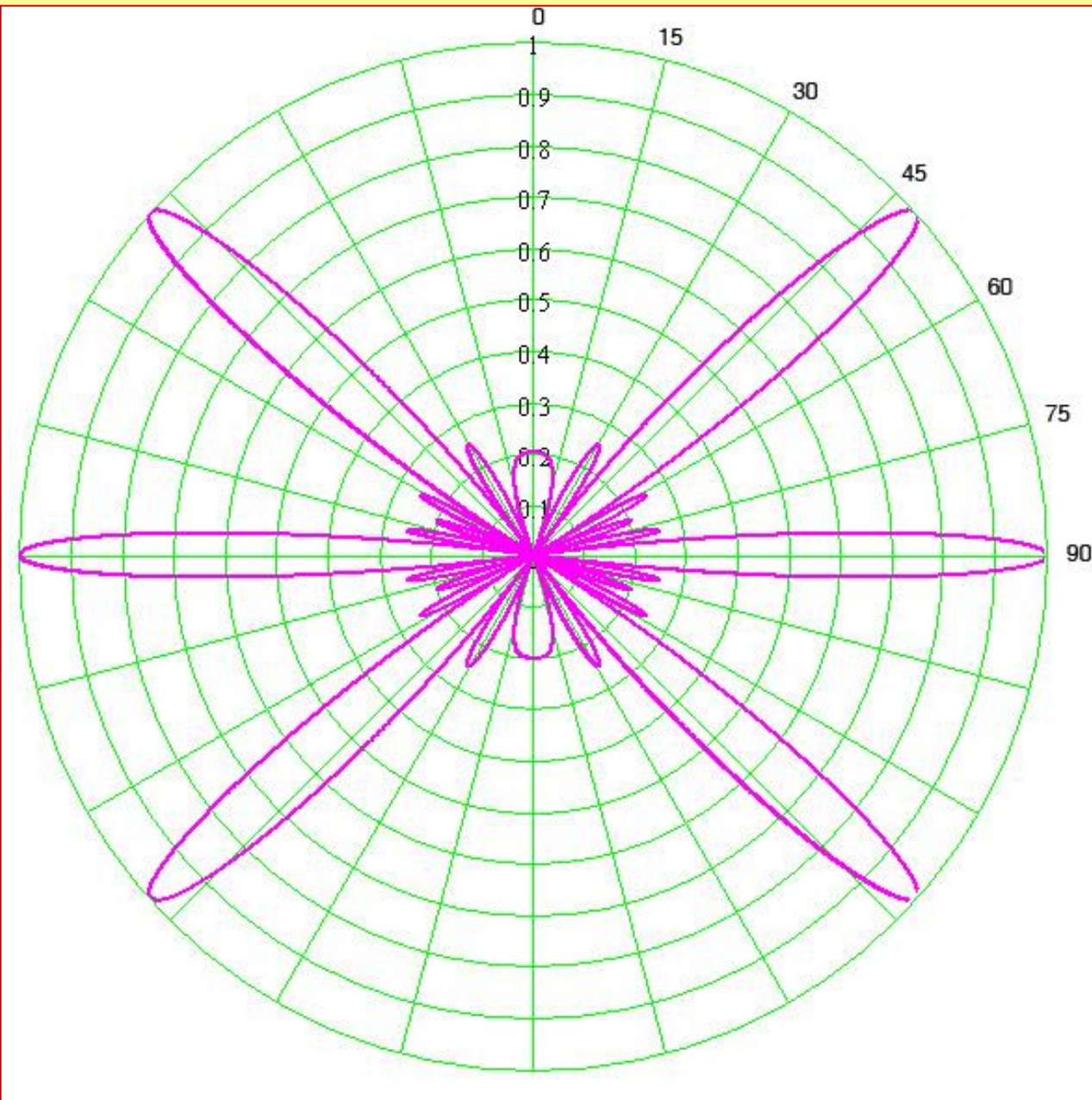
$$d = 0,5\lambda;$$

--- $N = 5;$

--- $N = 15.$

Для предотвращения появления дополнительных главных максимумов ДН расстояние d между элементами АР должно быть меньше длины волны:

$$d < \lambda .$$



При расстоянии d между элементами АР, большем длины волны λ , появляются вторичные главные максимумы ДН.

Пример:
 $N = 5$;
 $d = 1,5\lambda$.

Ширина главного лепестка ДН по нулевому уровню:

$$2\theta_0 = 2(\theta_{\text{гл}} - \theta_{01}) \approx 2\lambda / Nd \approx 115^\circ \lambda / Nd .$$

Ширина ДН по уровню половинной мощности:

$$2\theta_{0,5} \approx 0,89\lambda / Nd \approx 51^\circ \lambda / Nd .$$

Режим наклонного излучения ($0 < \psi < kd$)

Элементы решетки возбуждаются токами с фазовыми сдвигами ψ . Максимум излучения отклоняется от нормали к плоскости решетки.

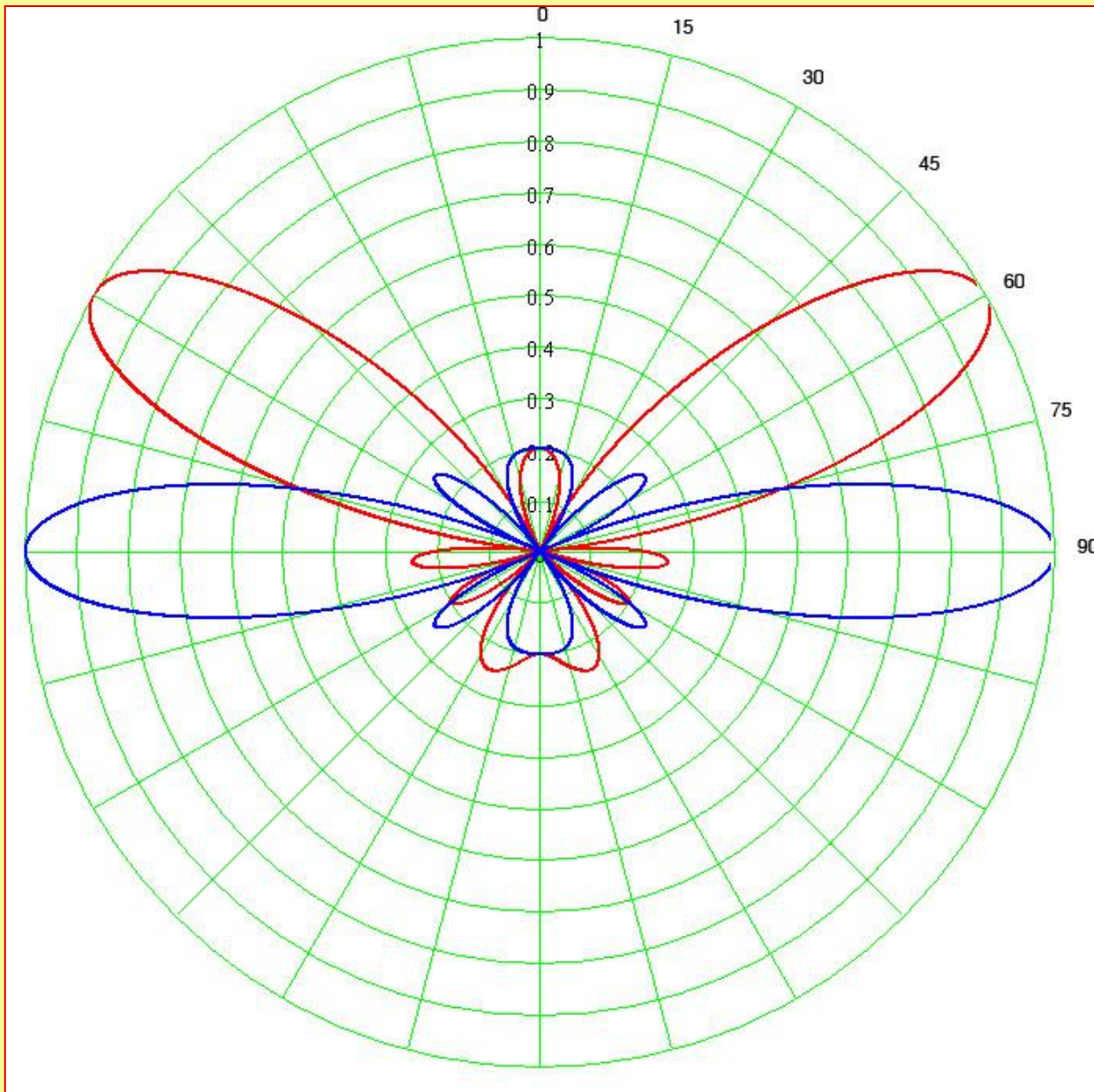
ДН решетки (множитель системы) описывается формулой:

$$F_c(\theta) = \frac{\sin[N(kd \cos\theta - \psi)/2]}{N \sin[(kd \cos\theta - \psi)/2]}.$$

Направление главного максимума излучения может быть найдено из выражения :

$$\cos\theta_{\text{гл}} = \psi / kd .$$

При изменении фазовых сдвигов ψ изменяется отклонение от нормали к плоскости решетки главного максимума ДН, т.е. осуществляется сканирование ДН.



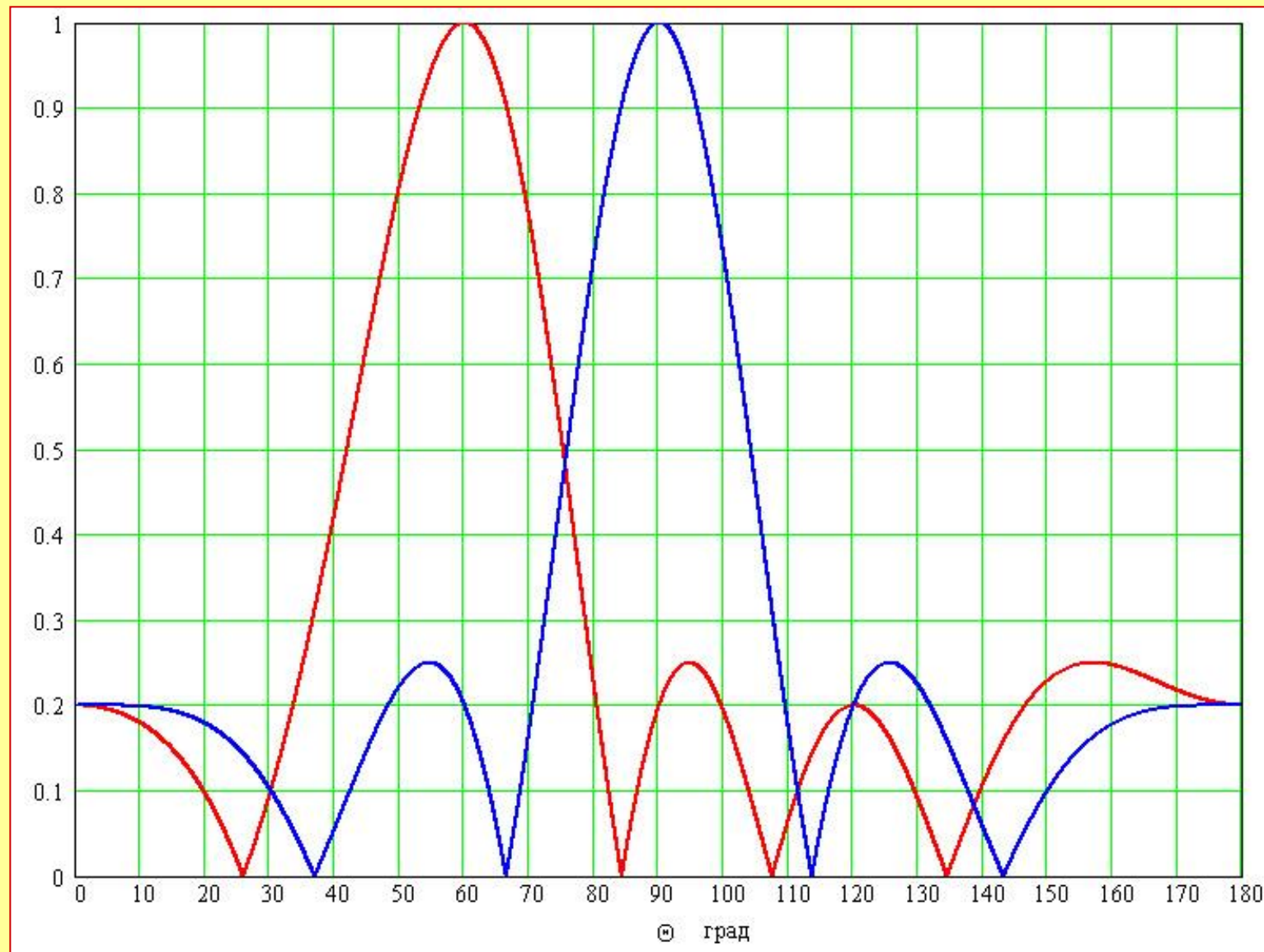
При наличии фазовых сдвигов между токами элементов АР главный лепесток ДН отклоняется от нормали к плоскости решетки.

Пример:

$N = 5$; $d = 0,5\lambda$;

--- $\psi = 0$;

---- $\psi = \pi/2$.

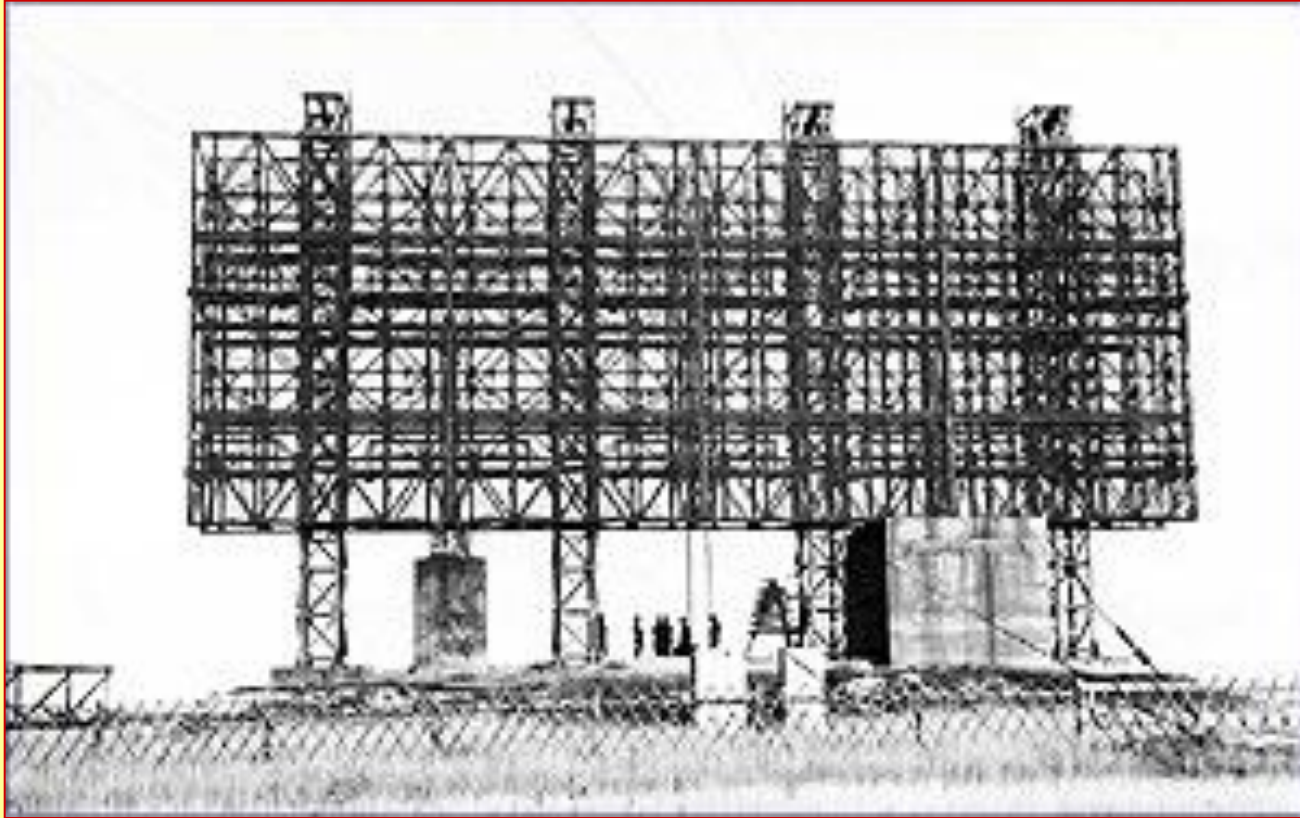


То же, более наглядно в прямоугольной системе координат



РЛС SCR-270 (США)

РЛС «Mammut» (Германия, 1942 г.)



Размеры вибраторной
антенной решетки:
30x18м.

Частота 187 - 220 МГц.
Мощность передатчика
200 кВт. Дальность
обнаружения до 300 км.

Синфазные антенные решетки: в радиолокации





в радио- и телевидении



в системах мобильной связи



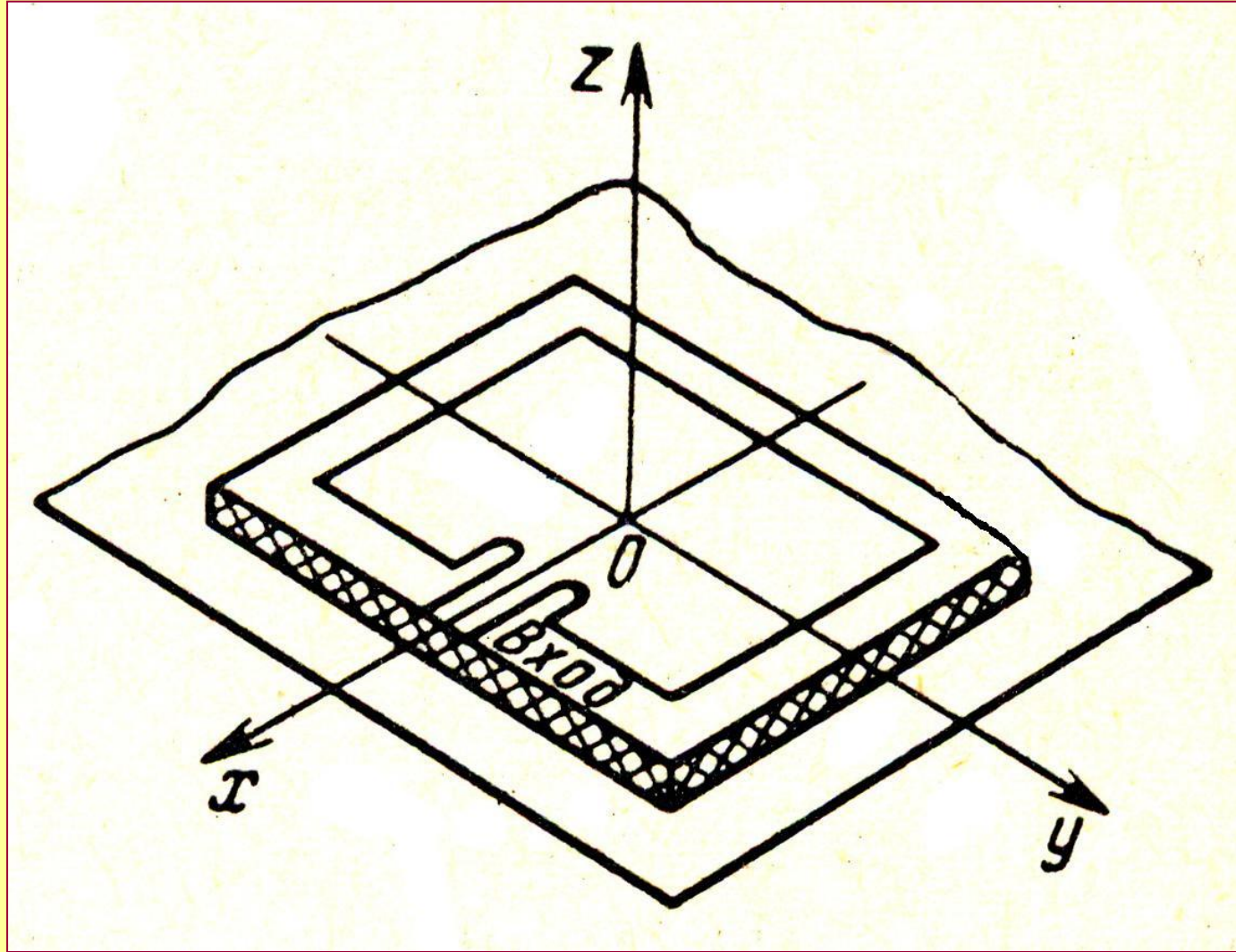
Типовая базовая станция
мобильной связи



Панельные антенны



Микрополосковая антенна с питанием полосковой линией



Режим осевого излучения ($\psi \geq kd$)

Вдоль AP распространяется бегущая волна.

Максимум излучения направлен вдоль оси AP.

Директорные антенны

(антенны «волновой канал»,
антенны Яги или Уда-Яги)

Рефлектор

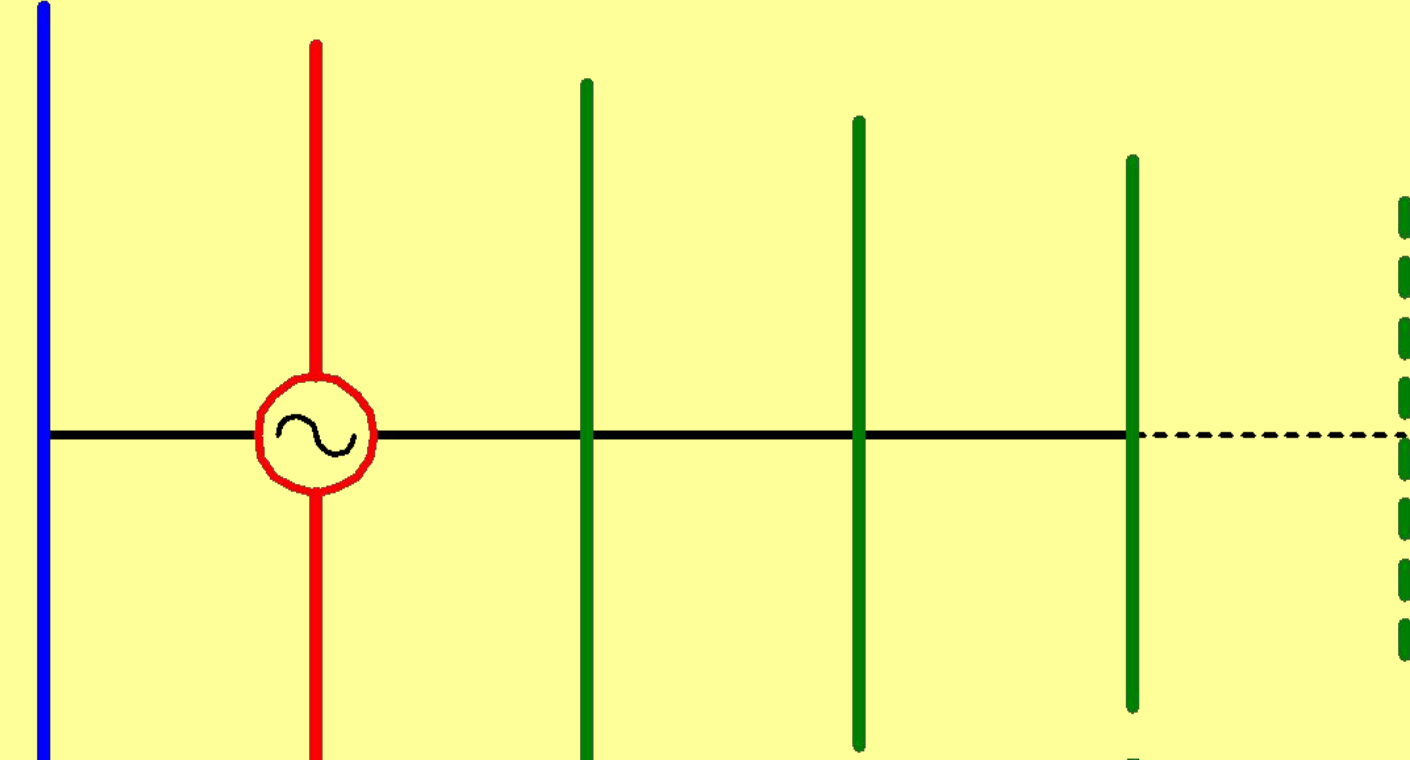
Активный
вибратор ($0,5 \lambda$)

1-й директор

2-й директор

3-й директор

Директорная
антенна

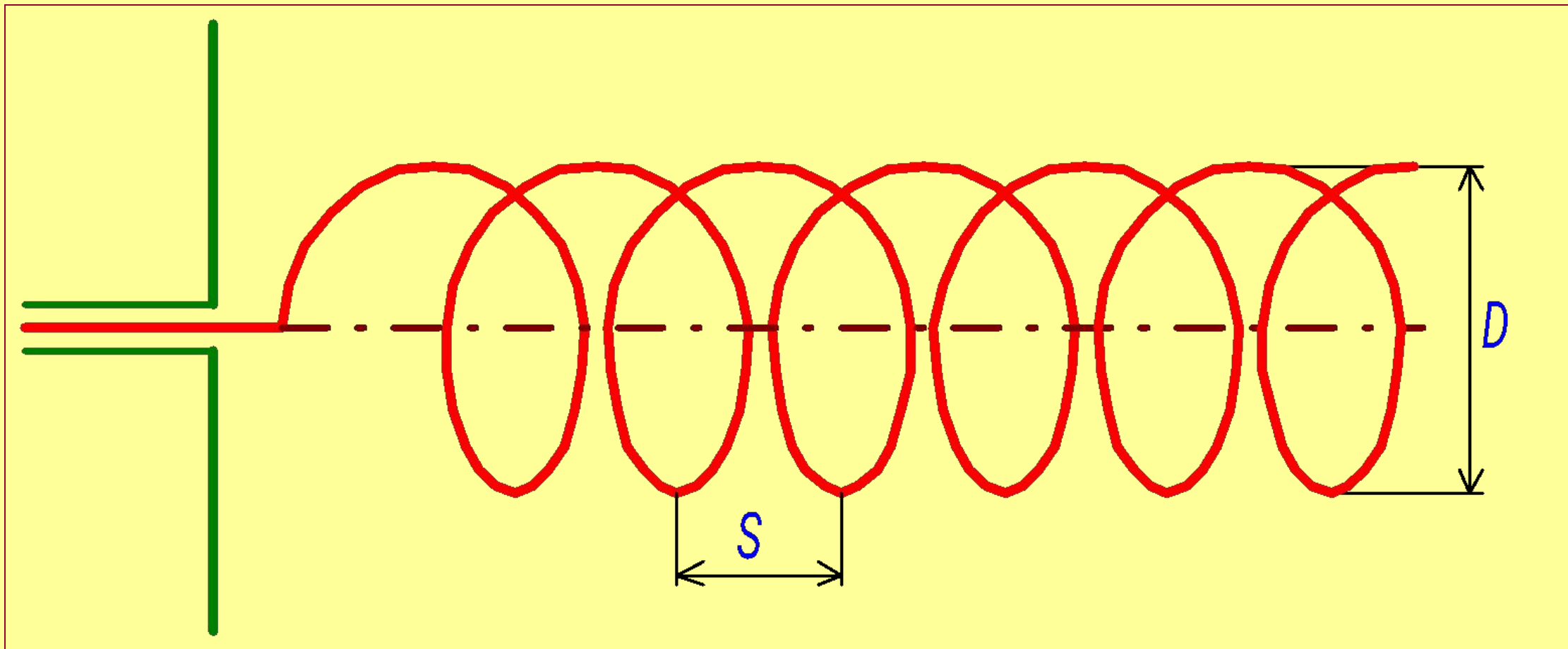


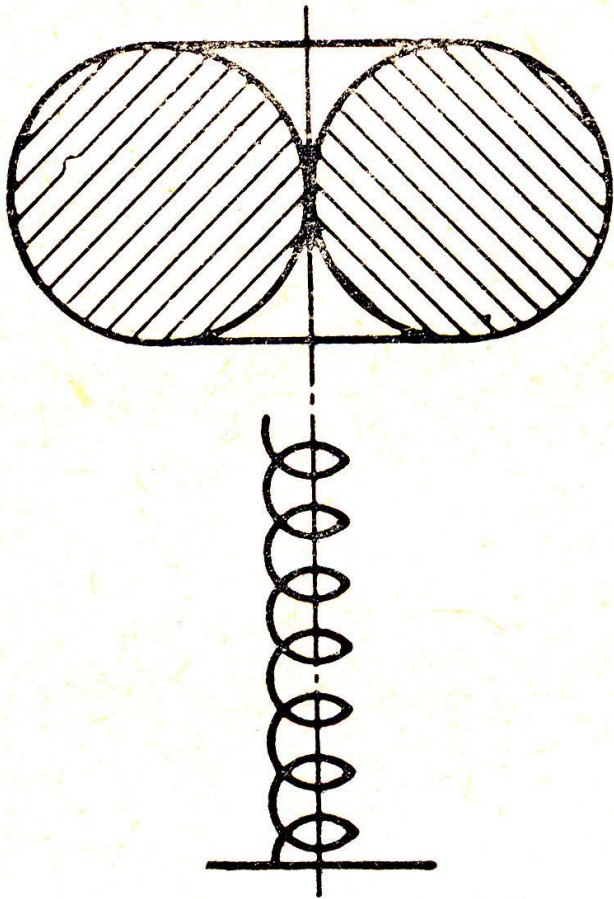


Спиральные антенны

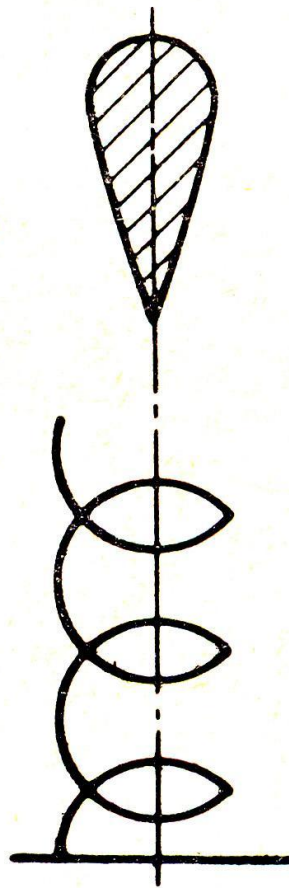


Спиральная цилиндрическая антенна

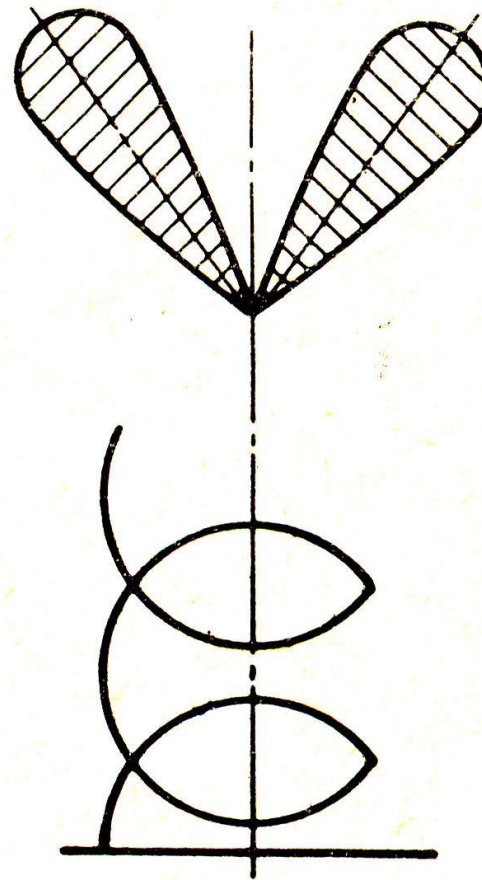




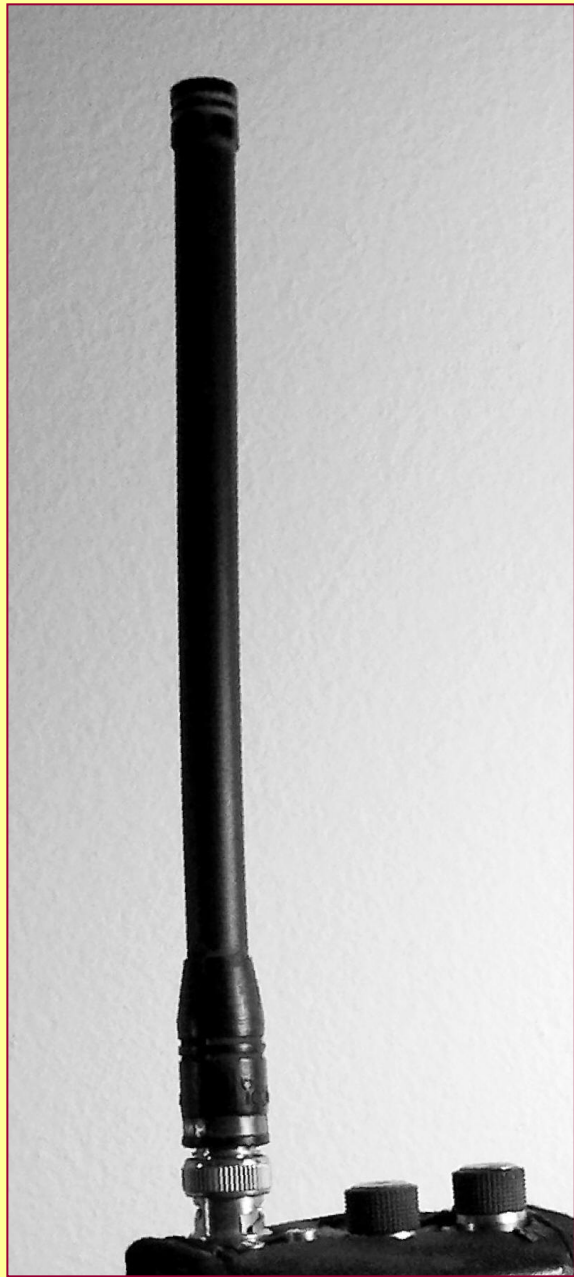
поперечное
излучение
 $\lambda > 6 D$



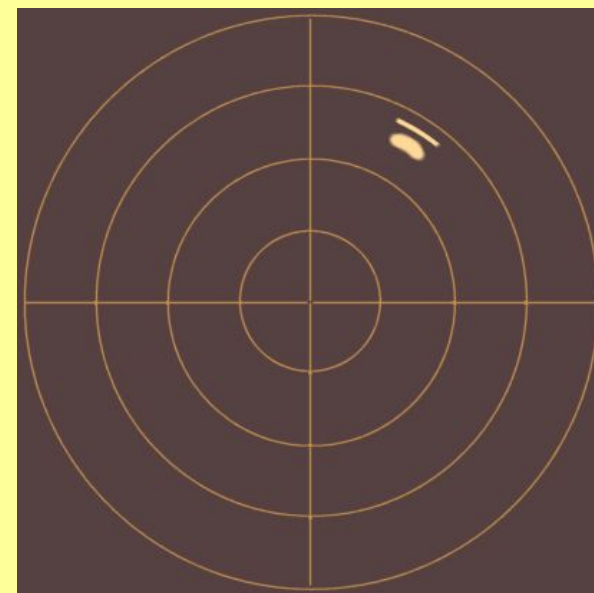
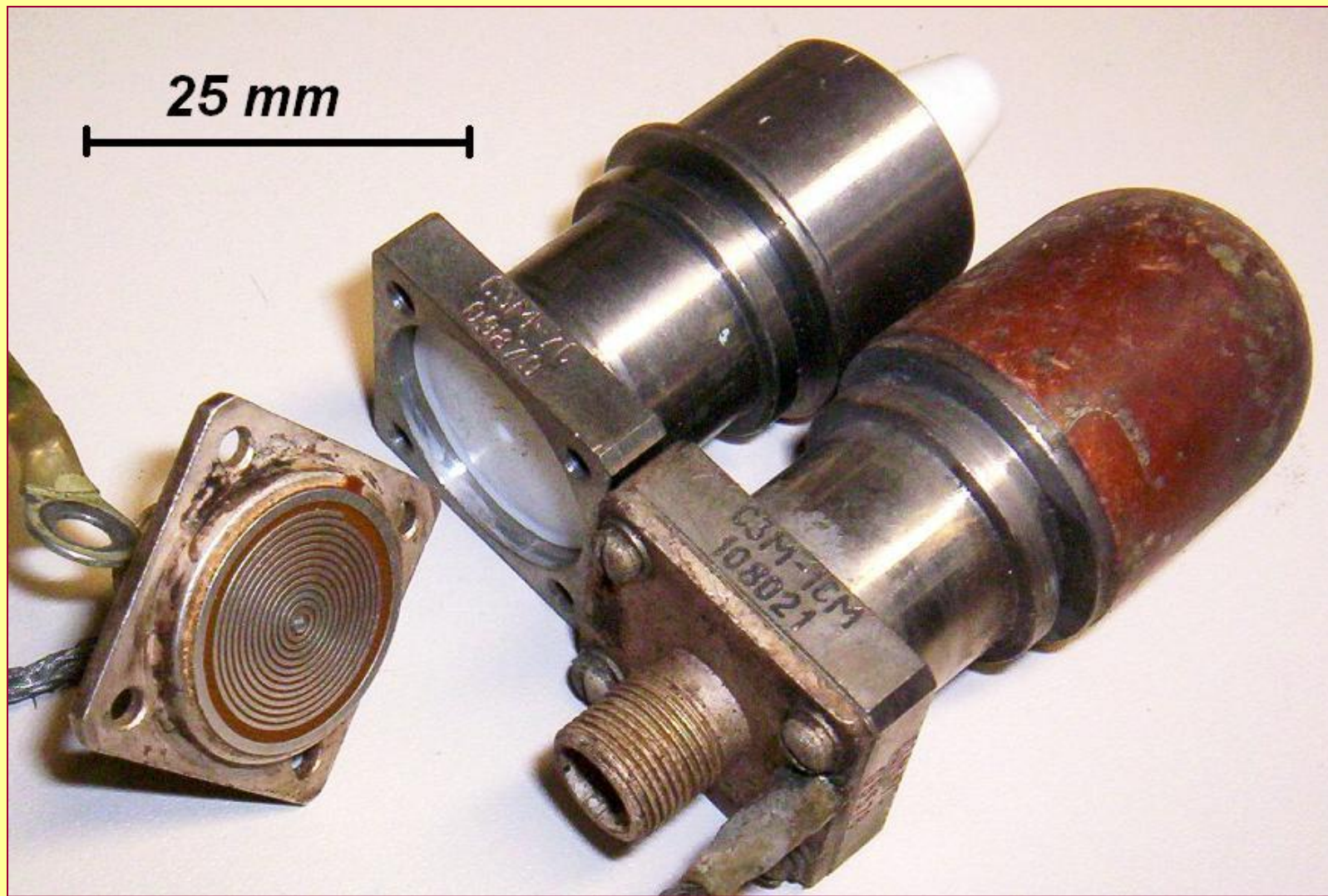
осевое
излучение
 $\lambda \approx \pi D$



коническое
излучение
 $\lambda < 2 D$

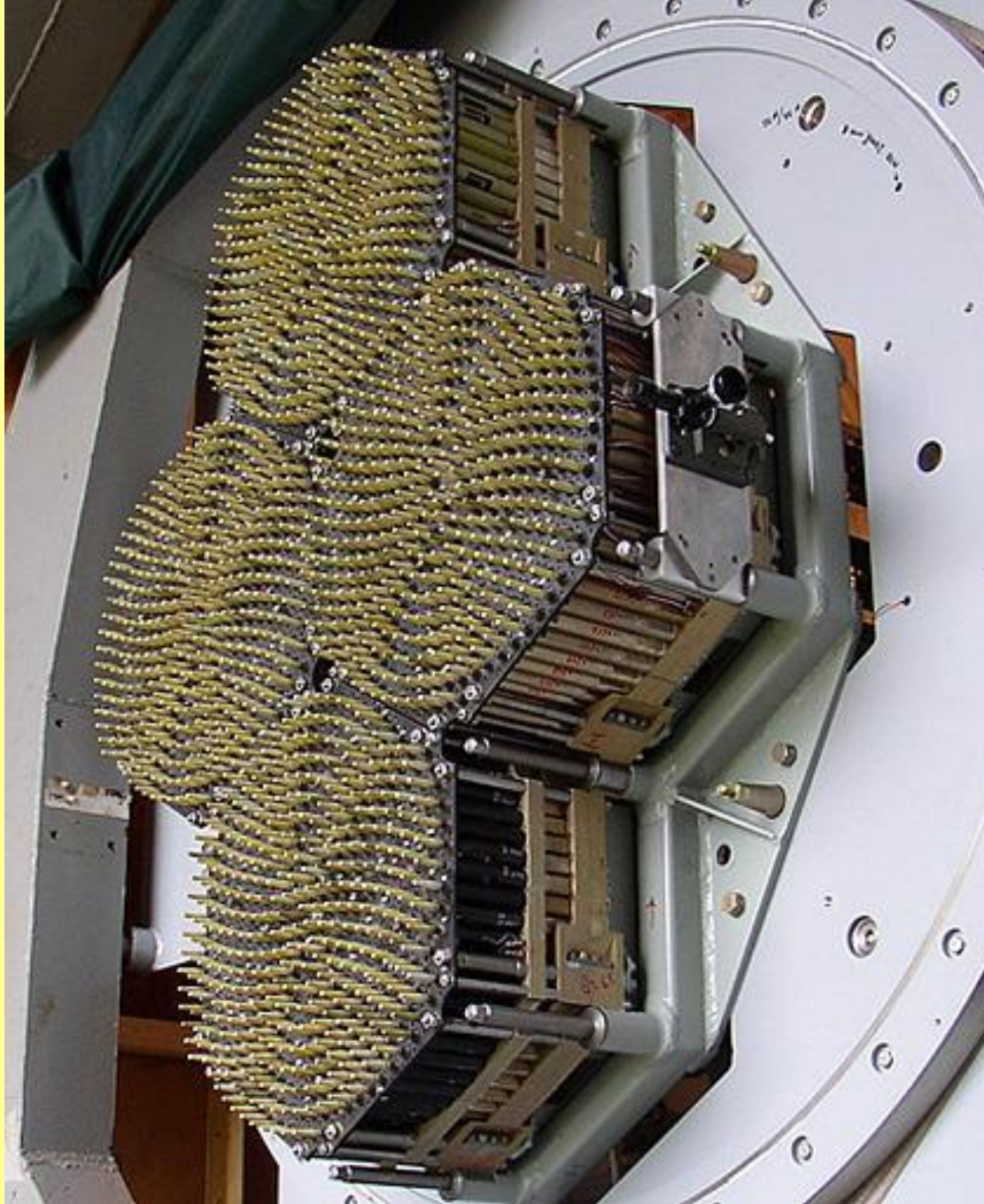


Плоская спиральная антенна системы распознавания «свой – чужой»

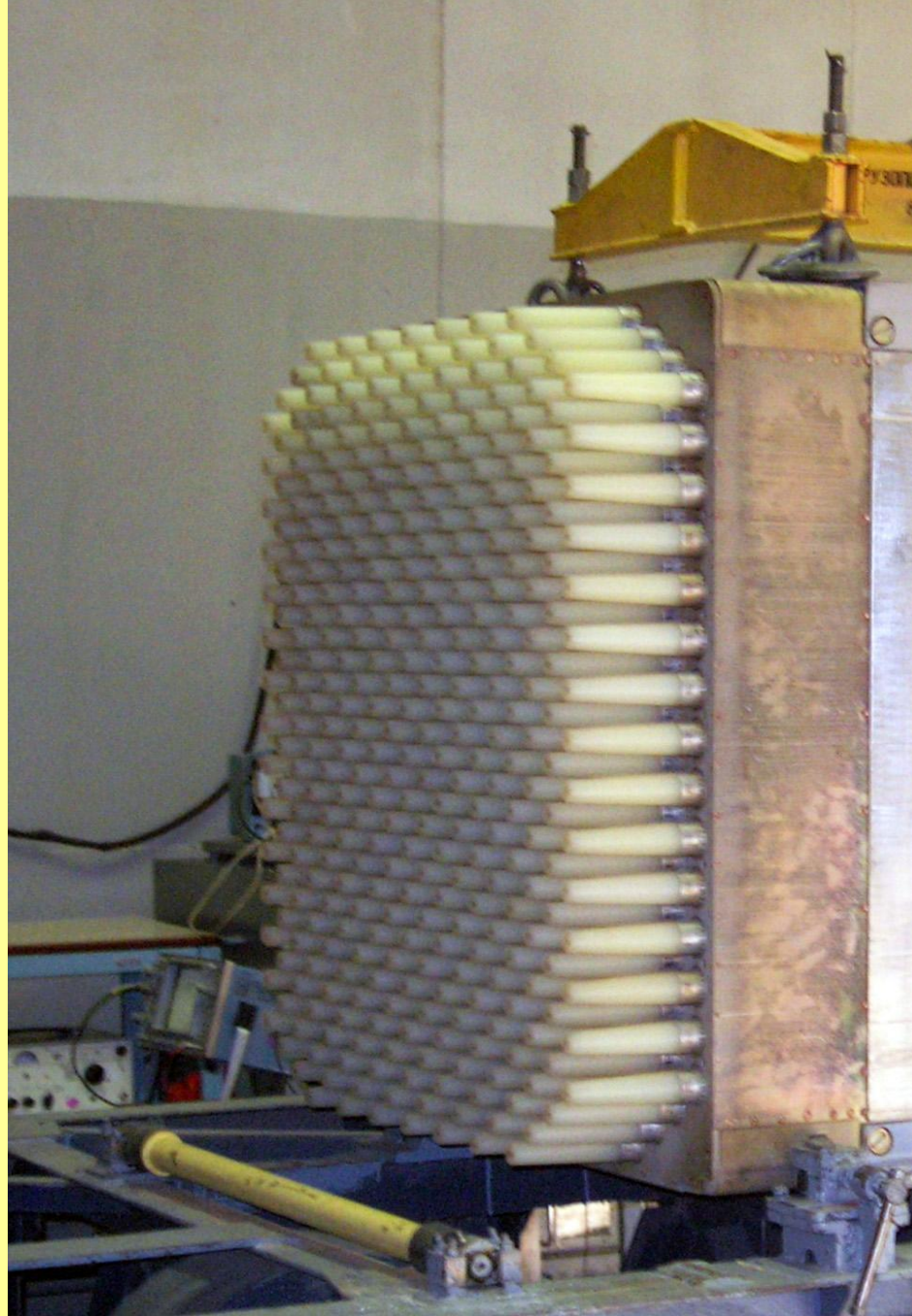




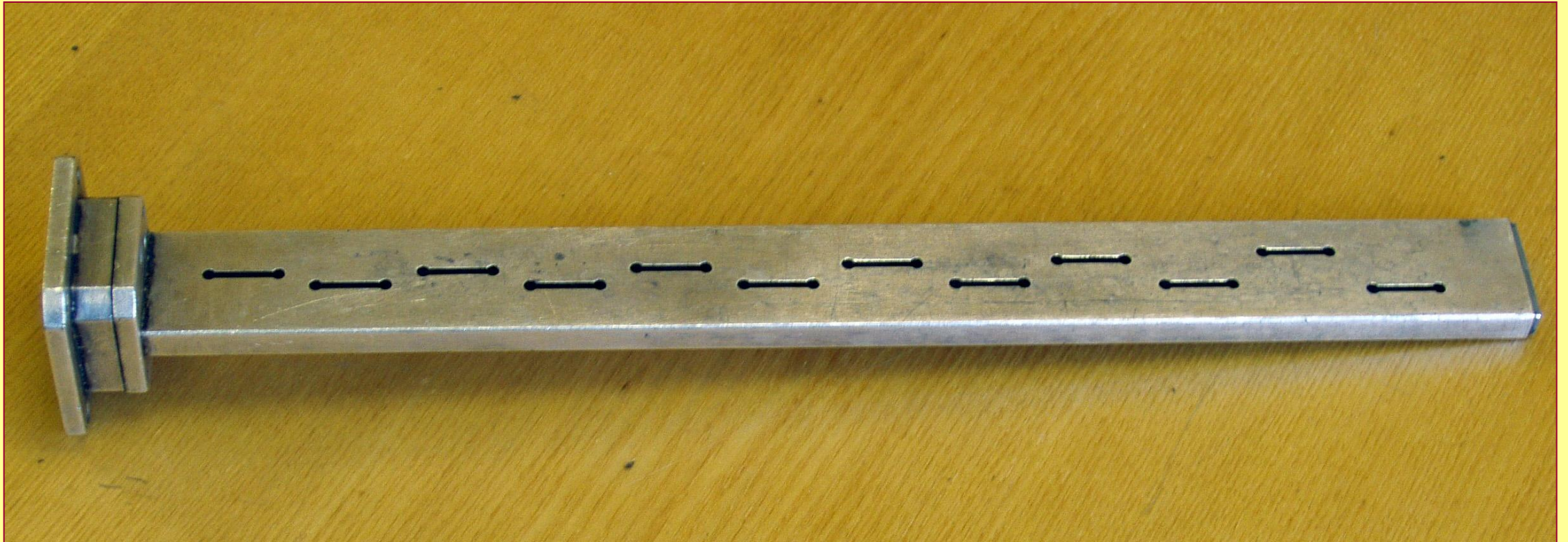
Диэлектрическая стержневая антенна



Диэлектрические
стержневые антенны в
фазированной антенной
решётке.



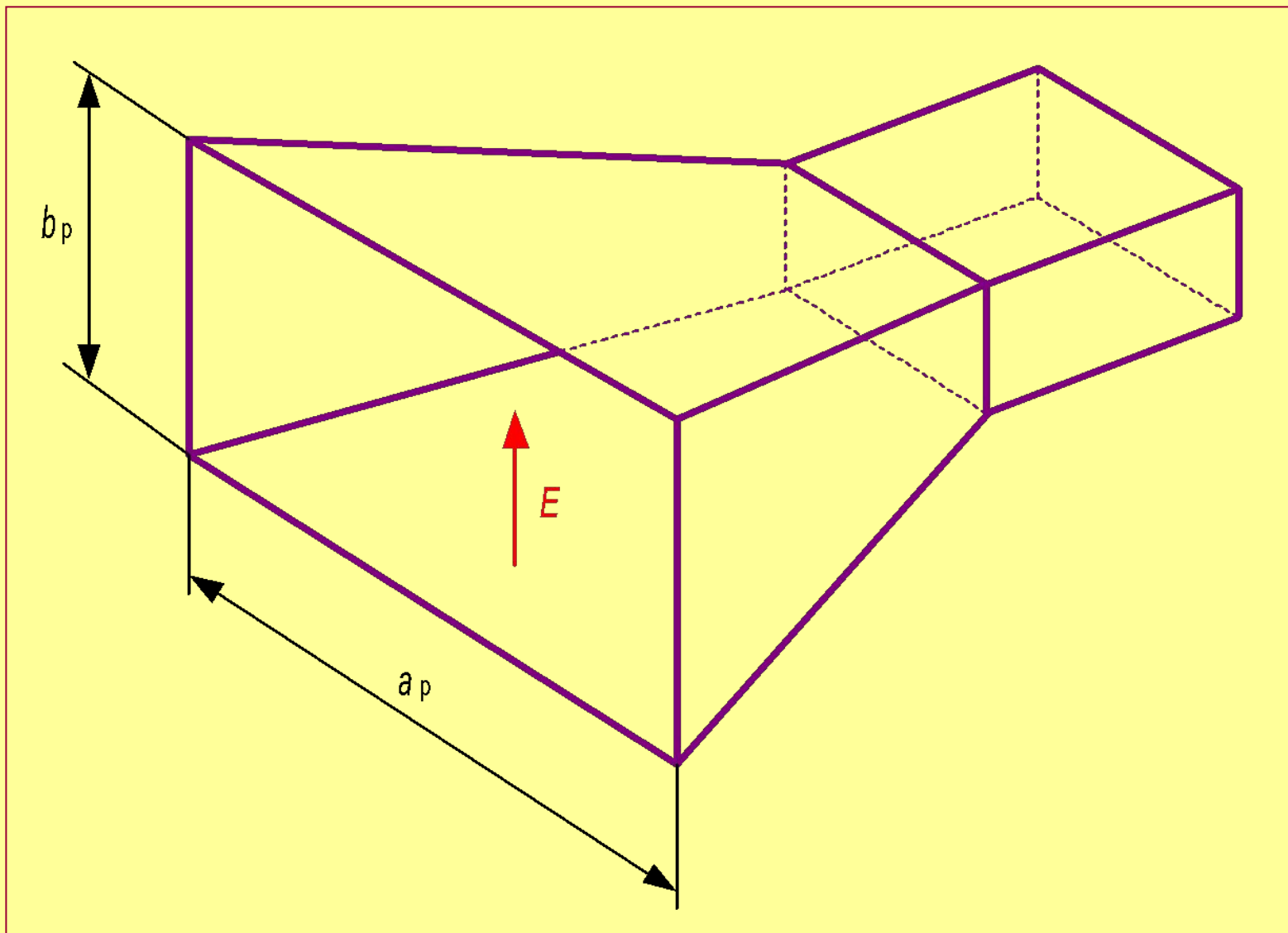
Волноводно-щелевые антенны



Апертурные антенны

Рупорные антенны

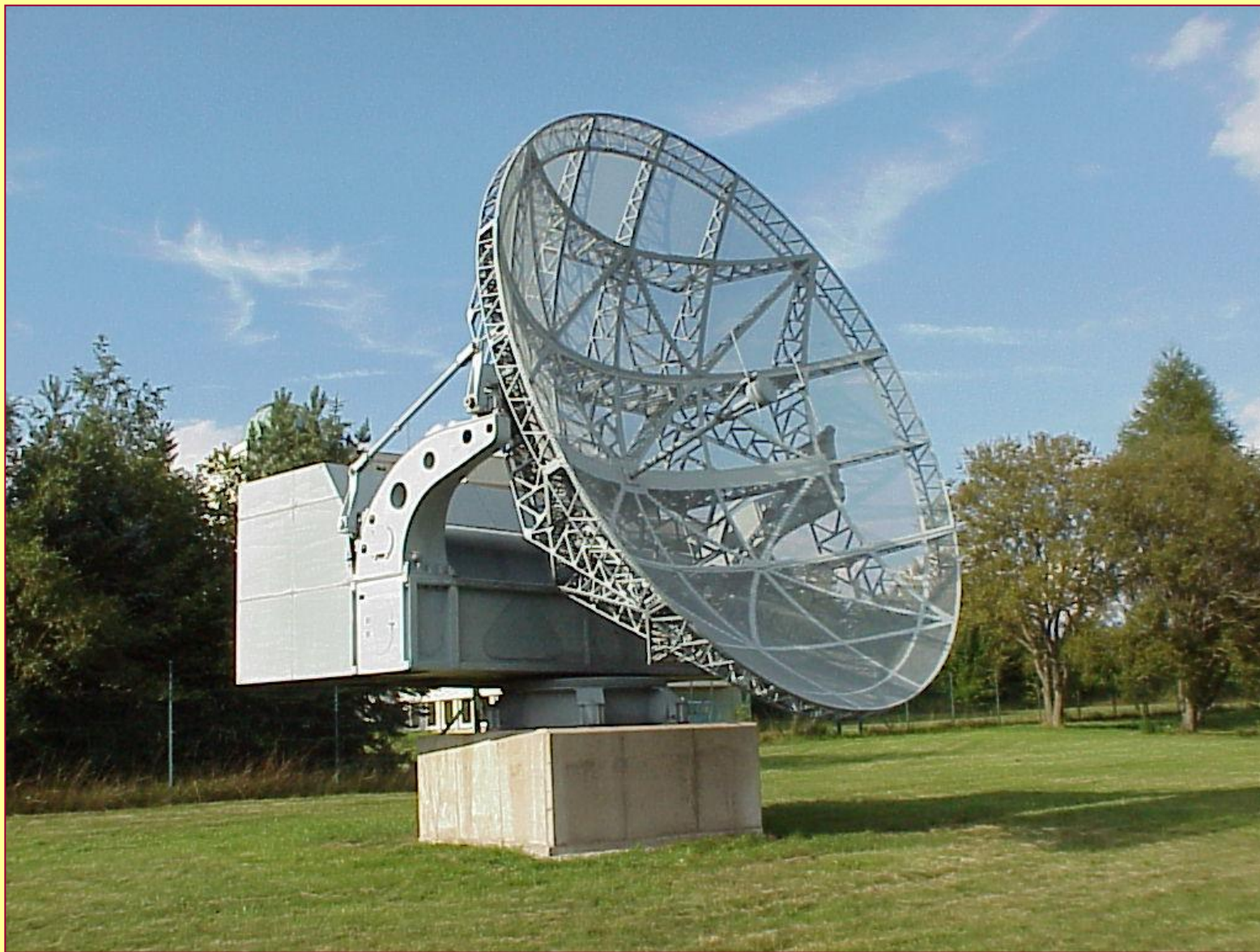
Пирамидальный рупор



Ширина ДН пирамидального рупора по уровню половинной мощности:

- в плоскости E : $2\theta_{0,5} \approx 51^\circ \lambda/b$;
- в плоскости H : $2\theta_{0,5} \approx 67,6^\circ \lambda/a$.

Зеркальные параболические антенны



РЛС
Wurzburg-Riese
(Германия,
1940 г.)

Частота 560 МГц.
Диаметр зеркала
7,5 м.

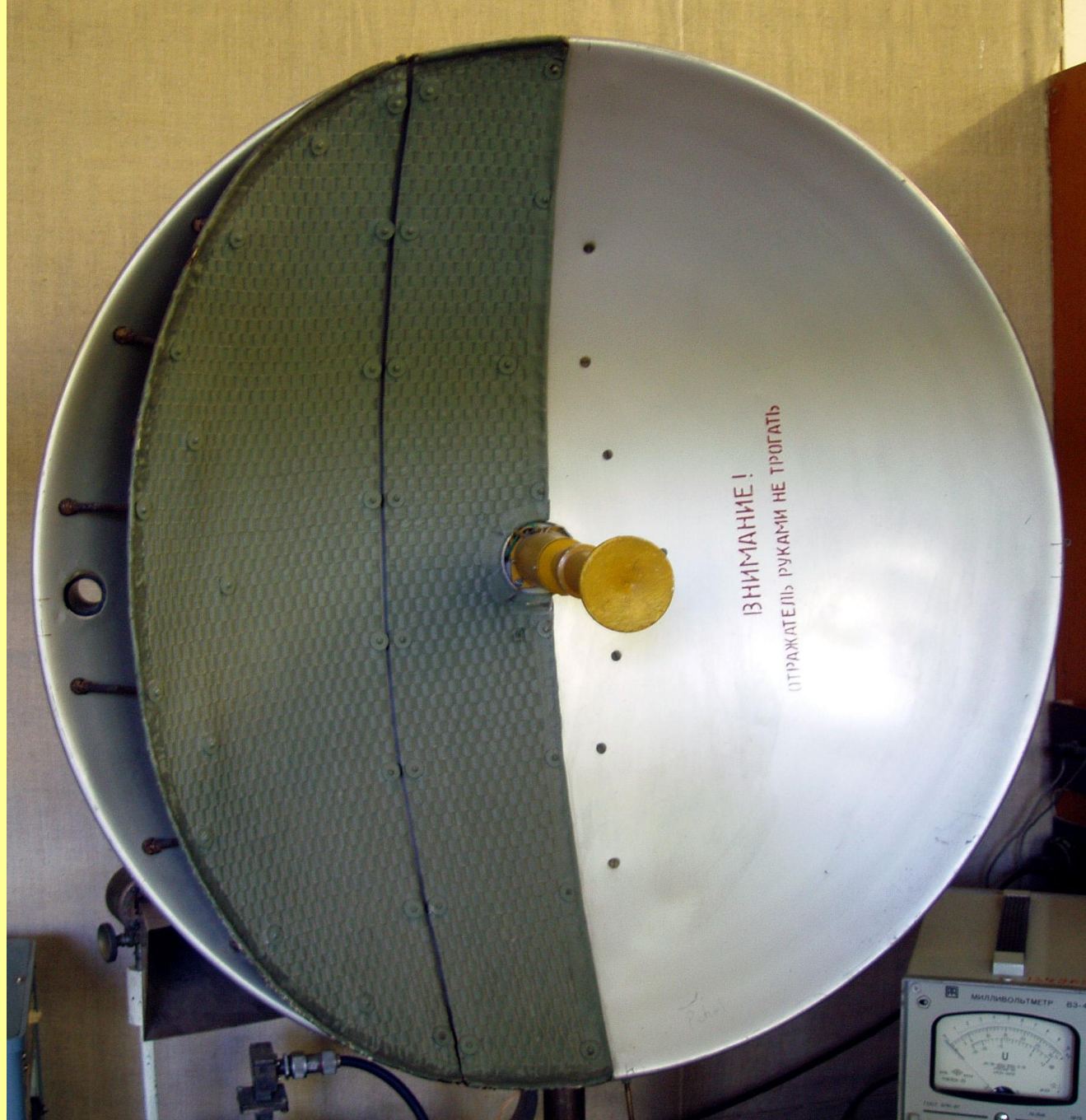


Bundesarchiv, Bild 1011-662-6660-27A
Foto: Ketelhohn [Kettelhohn] | 1943/1944

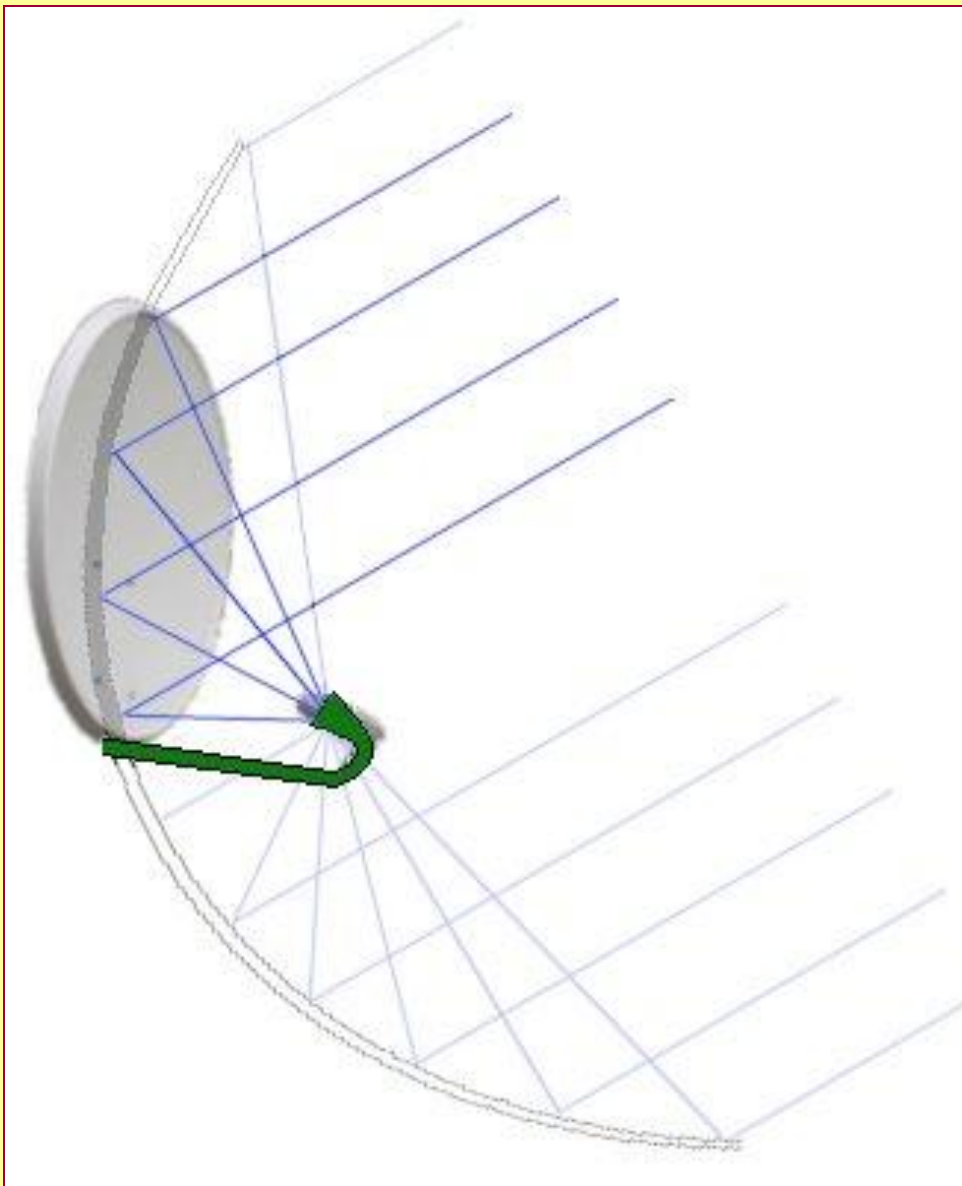
Для преобразования сферической волны в плоскую зеркало должно иметь форму параболоида вращения.

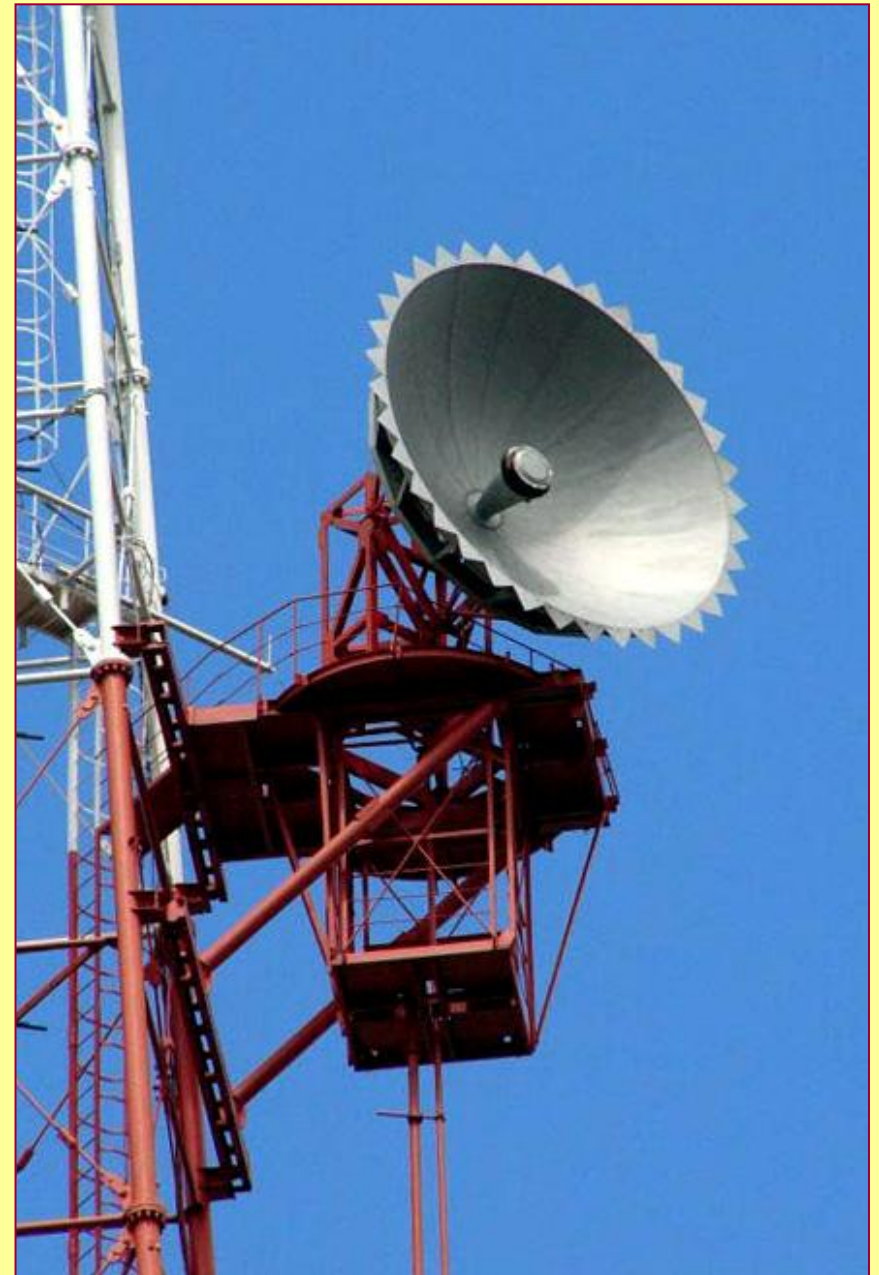
Все лучи, идущие из фокуса F , после отражения от зеркала параллельны его оси и приходят в плоскость раскрыва антенны в одной фазе (длины всех лучей одинаковы).





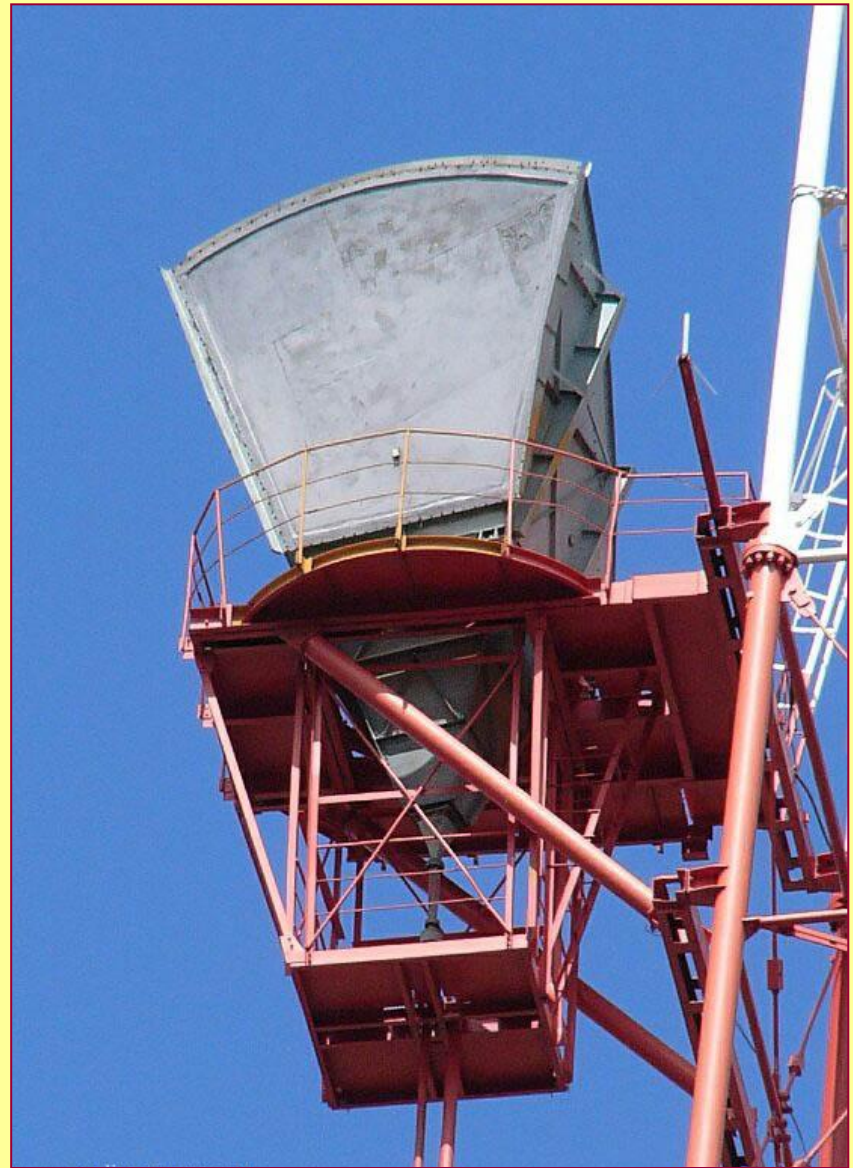
Офсетные зеркальные антенны





Радиотелескоп МГТУ:
двухзеркальная антенна
Кассегрена; диаметр
зеркала 7,5 метров,
диапазон длин волн:
1 - 4 мм.





Рупорно-параболическая антенна

