

**Антенно-фидерные устройства и
распространение радиоволн**

ОСНОВЫ ТЕОРИИ АНТЕНН

ЛЕКЦИЯ № 9



9.1. Управление ДН равномерной линейной решетки

Режим наклонного излучения:

$$F_c = \frac{\text{Sin} \left[\frac{n}{2} \cdot (k \cdot d \cdot \text{Sin}(\theta) - \Psi) \right]}{n \cdot \text{Sin} \left[\frac{1}{2} \cdot (k \cdot d \cdot \text{Sin}(\theta) - \Psi) \right]}$$

$$\Psi \neq 0$$



В этом случае максимальное излучение будет выполняться для угла, определяемого следующим неравенством:

$$kd \sin \Theta_{\max} - \psi = 0 \quad (9.1)$$

$$\psi_p = kd \sin \Theta_{\max}$$

$$\sin \Theta_{\max} = \frac{\Psi}{kd} = \frac{\Psi \lambda}{2\pi d} \quad (9.2)$$



Подставим Ψ_p в формулу для множителя системы:

$$F(\Theta) = \frac{\text{Sin} \left[\frac{nk d}{2} (\text{Sin} \Theta - \text{Sin} \Theta_{\max}) \right]}{n \text{Sin} \left[\frac{k d}{2} (\text{Sin} \Theta - \text{Sin} \Theta_{\max}) \right]} \quad (9.3)$$

Приравняем синус к нулю, чтобы определить направления максимального излучения:

$$k d (\text{Sin} \Theta - \text{Sin} \Theta_{\max}) = 2 N \pi \quad (9.4)$$

где $N = \pm 1; \pm 2; \pm 3$, т.е. в направлении характеризуемых углом Θ_d , в которых сдвиг фаз между полем соседних излучателей равен или кратен 2π .



9.2. Антенны бегущей волны

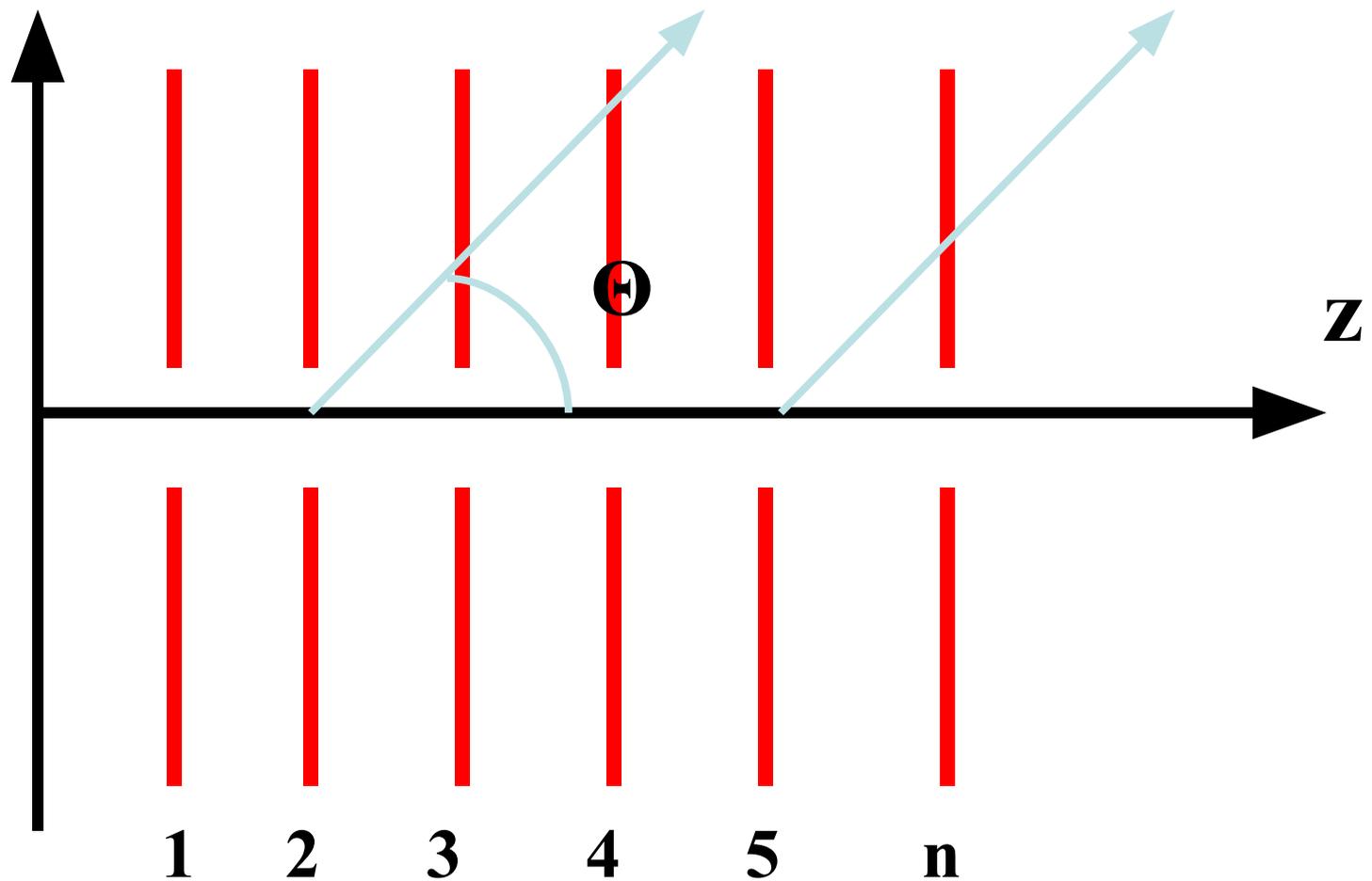


Рис. 9.1



Сдвиг по фазе токов в каждом элементе создаётся бегущей вдоль оси антенны волной .

Сдвиг по фазе:

$$\psi = \beta d,$$

$$\text{где } \beta = kc/v, \psi = kdc/v, c/v = K_{\text{зам}}$$

β - волновое число бегущей волны возбуждения,

$K_{\text{зам}}$ - коэффициент замедления.

$$\psi_n = (n-1) kd (\text{Cos}\Theta - c/v) \quad (9.5)$$

ψ_n - сдвиг по фазе полей излучения крайних элементов решётки.



Диаграмма направленности системы:

$$F(\Theta) = F_1(\Theta) \frac{\left[\text{Sin} \frac{knd}{2} (c/v - \text{Cos} \Theta^E) \right]}{n \text{Sin} \left[\frac{kd}{2} (c/v - \text{Cos} \Theta^E) \right]} \quad (9.6)$$

$F_1(\theta)$ - ДН одного излучателя.

В АБВ элементы решётки возбуждаются последовательно волной, распространяющейся от начала решётки к её концу с фазовой скоростью V .



Рассмотрим три случая:

- 1) $c/v=1$ (волна свободного пространства);**
- 2) $c/v<1$ (быстрая волна);**
- 3) $c/v>1$ (медленная волна).**



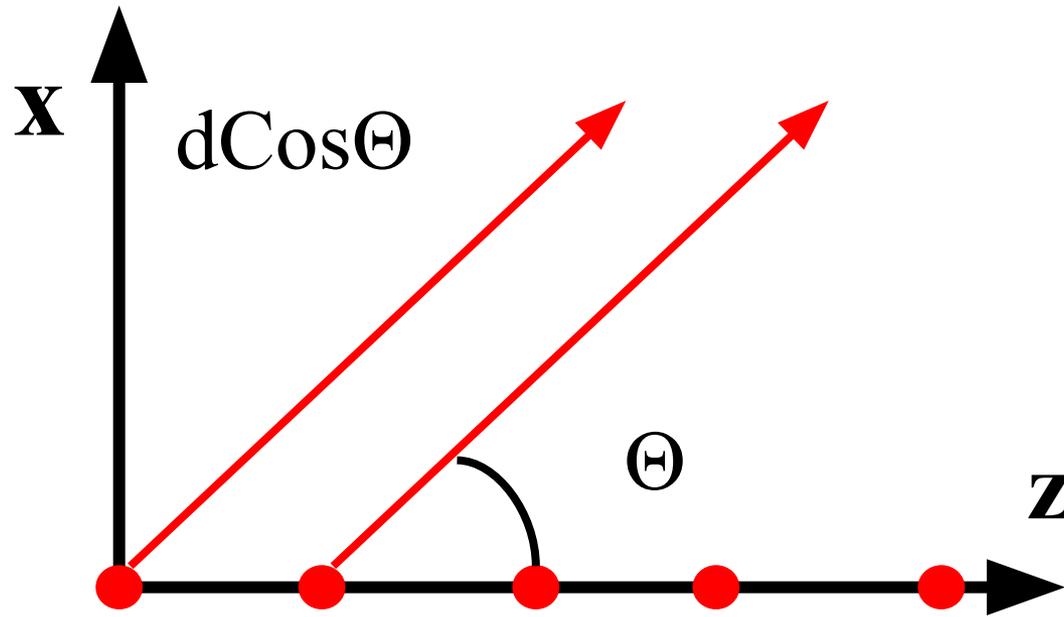


Рис. 9.2

$$F(\Theta^E) = F_1(\Theta) \frac{\left[\text{Sin} \frac{kL}{2} (1 - \text{Cos} \Theta^E) \right]}{kL \frac{(1 - \text{Cos} \Theta^E)}{2}} \quad (9.7)$$

$L = nd = \text{const}$ - длина решётки (n - стремится к бесконечности, d - стремится к нулю).

В данном случае антенна излучает с максимальной интенсивностью вдоль своей оси в направлении движения бегущей волны - антенна с осевым излучением.

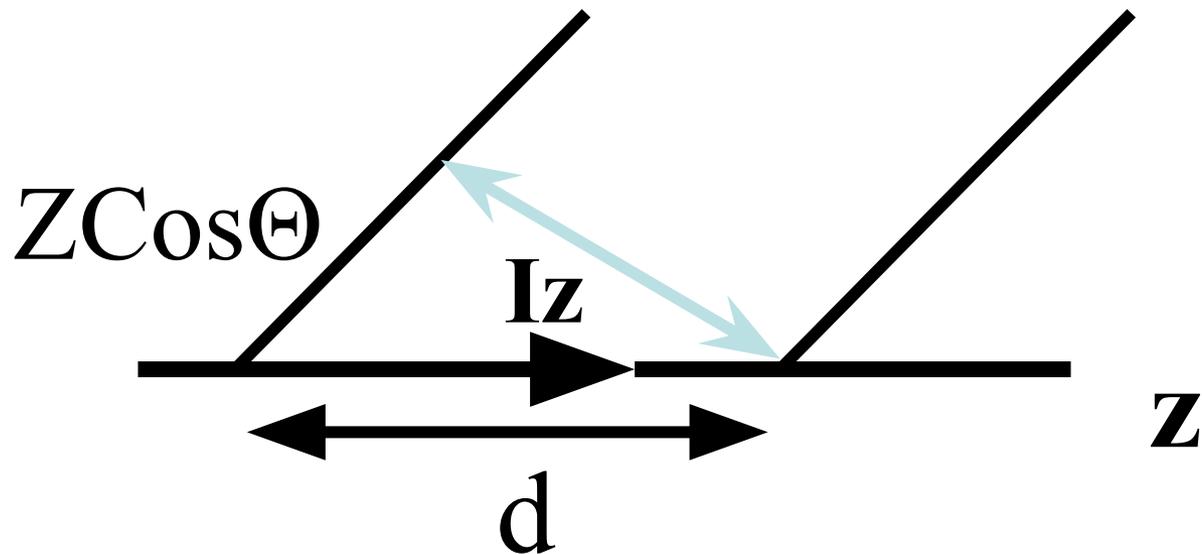


Рис. 9.3

Определим направления максимального излучения боковых лепестков.

$$\mathbf{Sin} \left[\frac{\mathbf{k} \cdot \mathbf{L}}{2} \cdot (1 - \mathbf{Cos}(\theta_{\max})) \right] = 1$$

Направление максимума первого бокового лепестка:

$$\mathbf{Cos} \Theta'_{\max} = \frac{2L - \lambda}{2L}$$



Направление нулевого излучения:

$$\frac{kL(1 - \cos\Theta)}{2} = \pi$$

Ширина главного лепестка по нулевому излучению:

$$2\Theta_0 = 2\sqrt{\frac{2L}{\lambda}} \quad (9.8)$$



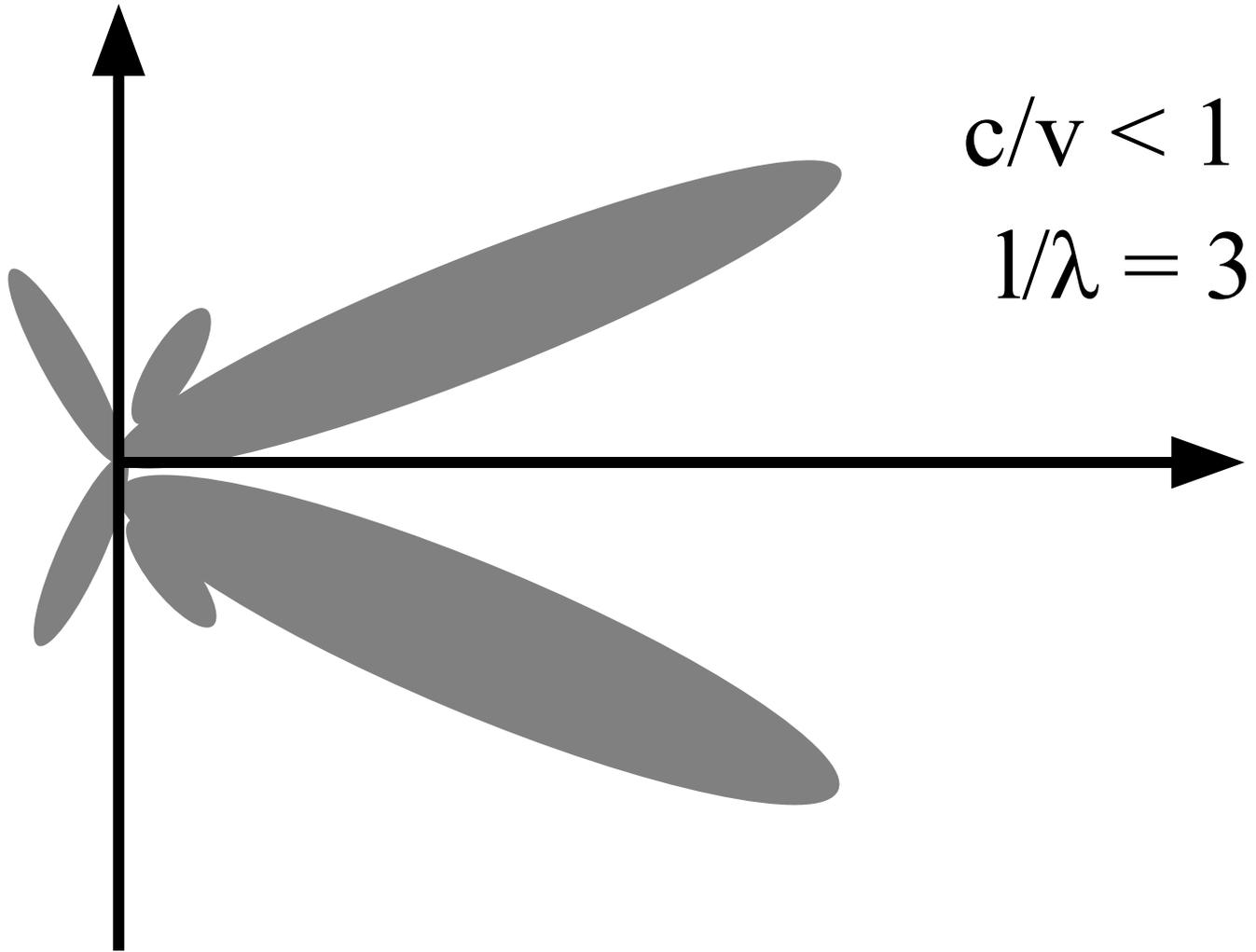


Рис.9.4.



Антенны быстрых волн применяются для создания ДН специальной формы, а также для сканирования ДН. Основой большинства антенн быстрых волн является волноводные структуры с неоднородностями.



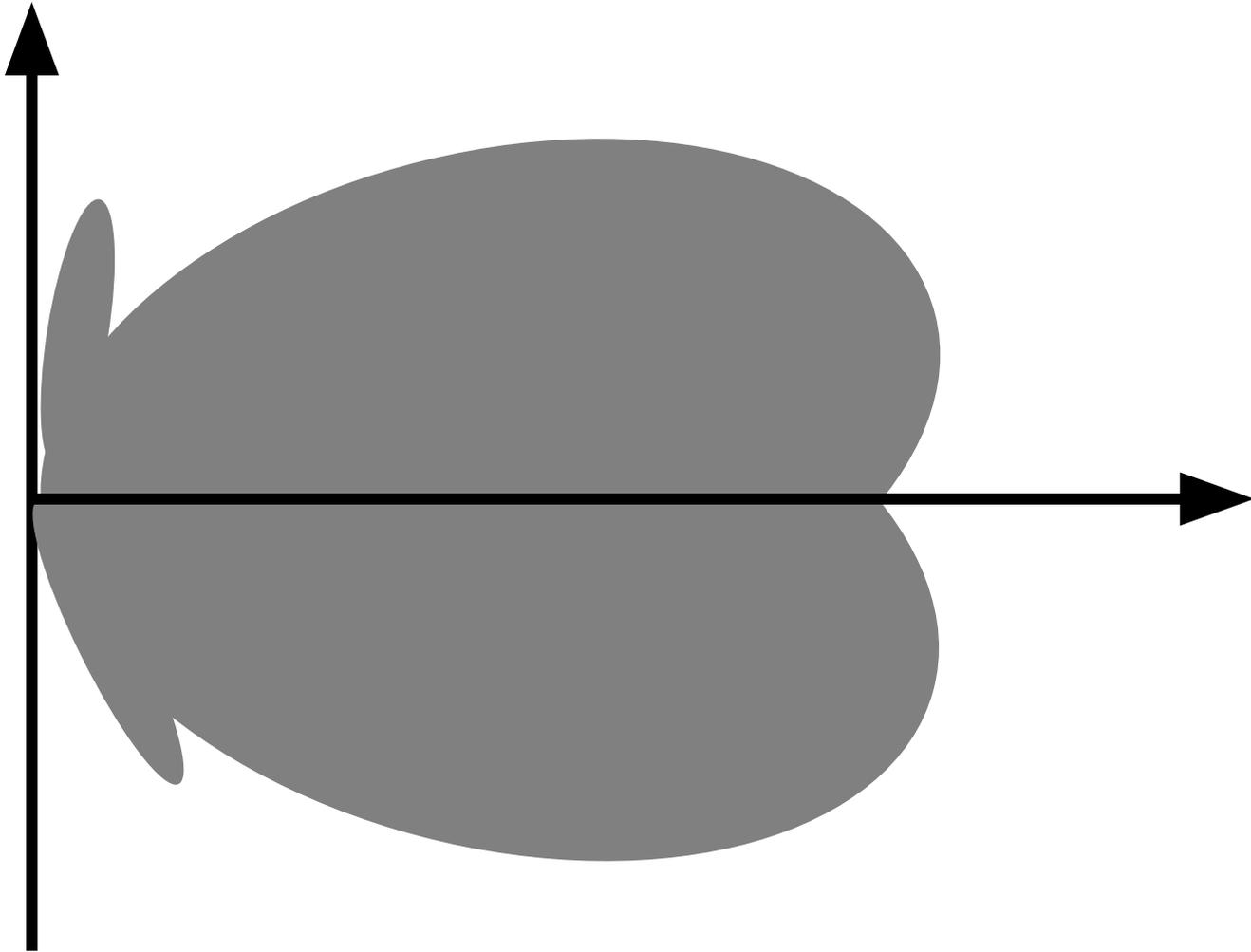


Рис. 9.5



$c/v > 1$ Отсутствует направление, в котором поля отдельных элементов складываются синфазно, но имеется направление вдоль оси, где разность фаз минимальна:

$$\Psi_{1MIN} = kd \left[1 - \frac{c}{v} \right]$$

При уменьшении фазовой скорости, начиная со скорости света происходит сужение главного лепестка, что приводит к увеличению КНД, а также происходит рост боковых лепестков, что ведёт к уменьшению КНД, оказывается, что с уменьшением фазовой скорости КНД сначала растёт, достигает максимума при некотором соотношении $c/v_{\text{опт}}$, а затем уменьшается.



Сдвиг по фазе между полями крайних элементов равен π :

$$\Psi_{опт} = kL \left[\frac{c}{v} - 1 \right] = \pi$$

Если $\frac{c}{v} = 1 + \frac{\lambda}{L}$, то в главном направлении

излучение отсутствует.



$$\frac{c}{v_{opt}} = 1 + \frac{\lambda}{2L}$$

Оптимальная длина антенны увеличивается с ростом фазовой скорости:

$$\left(\frac{L}{\lambda}\right)_{opt} = \frac{1}{2\left(\frac{c}{v} - 1\right)}$$

Все выкладки справедливы для слабонаправленных излучателей решётки.



В оптимальном режиме КНД:

$$D_{\max} = (7 - 8) \left(\frac{L}{\lambda_{\text{опт}}} \right)$$

Ширина ДН по нулю:

$$2\Theta_0 = 2\sqrt{\frac{L}{\lambda}}$$

Ширина ДН по половинной мощности:

$$2\Theta_{0,5} = 61^0 \sqrt{\frac{L}{\lambda}}$$



Зависимость КНД от c/v :

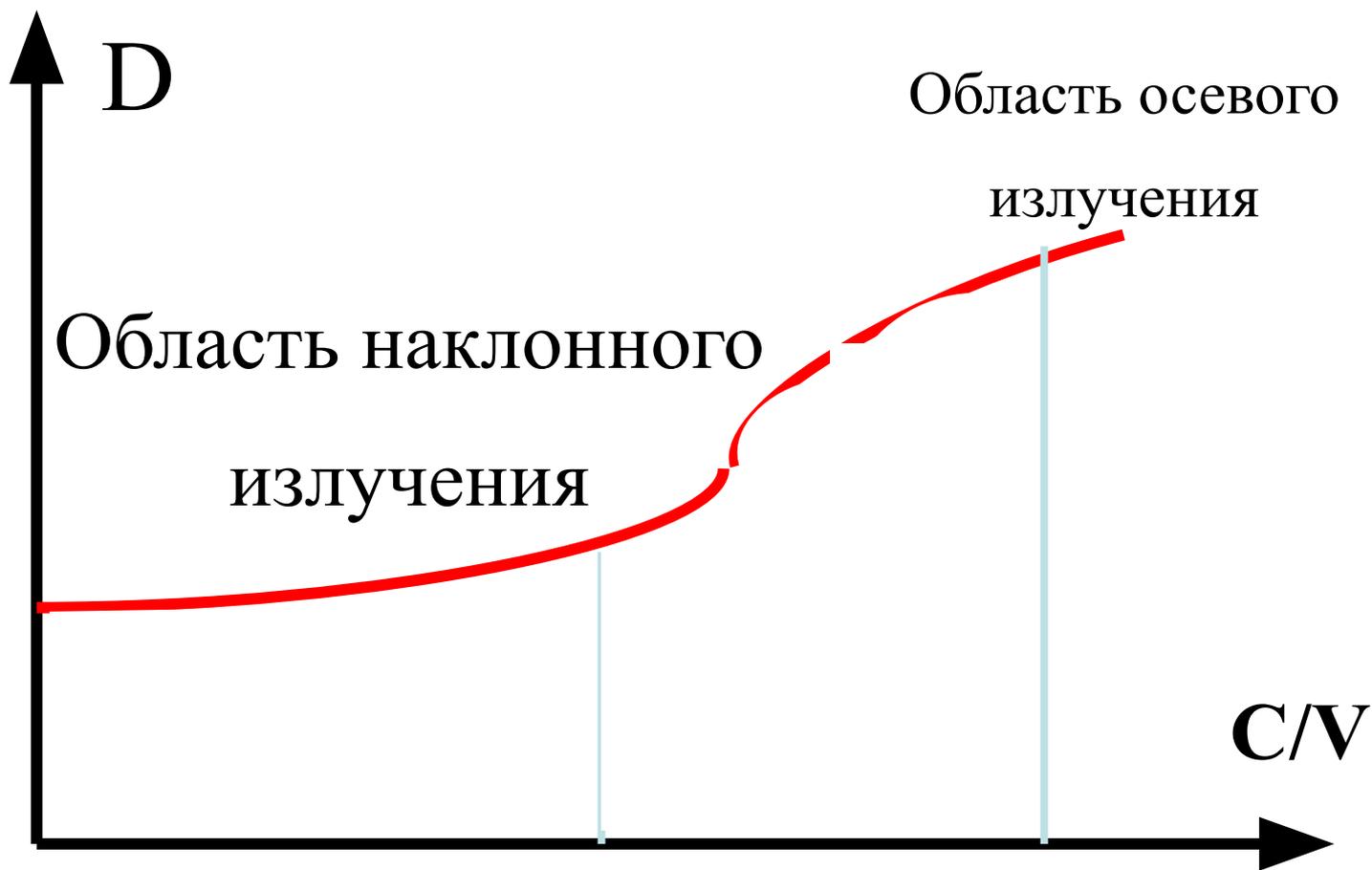


Рис. 9.6



Если длина антенны L больше $L_{\text{опт}}$, то излучение в главном направлении уменьшается и растут боковые лепестки.

При $L = 2L_{\text{опт}}$ излучение вдоль оси прекращается.





Рис. 8.9

