

# Задача 8.10

ВЫПОЛНИЛА: ПОГОСБЕКЯН МАРИЯ,  
СТУДЕНТКА 305 ВМК

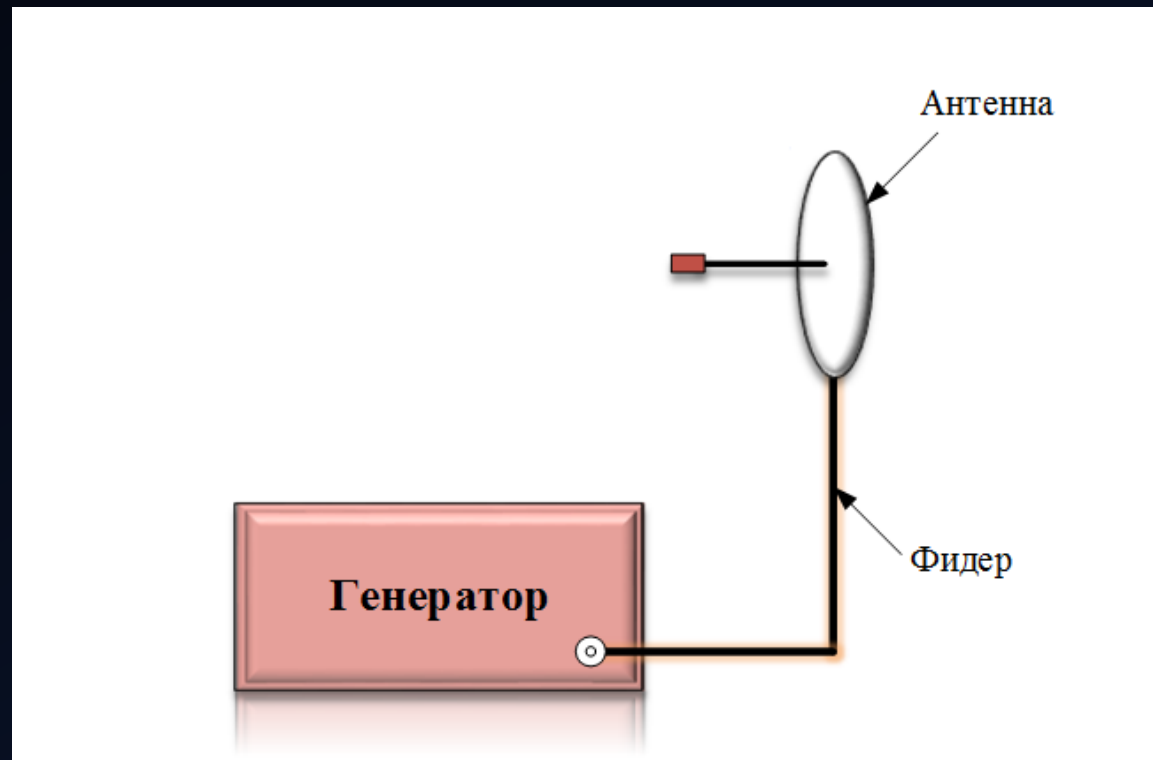
## Условие

- Сотовая связь в стандарте GSM 1800 работает на передачу на длине волны 0,34 м. Антенна базовой станции представляет собой вертикальный набор из пяти эквидистантно расположенных излучателей, общая длина которого  $L = 4,5$  м. Высота антенны над поверхностью земли  $D = 50$  м. Суммарная мощность излучения антенны 5 Вт. Определить угловую ширину диаграммы направленности антенны, приняв, что на расстоянии  $Z = 10$  км интенсивность на границе диаграммы составляет  $14 \cdot 10^{-1} = \text{Вт/см}^2$ . Найти фазовый сдвиг между соседними излучателями антенны, при котором диаграмма направленности с такой угловой шириной перекрывает наибольшую площадь на поверхности земли в круге радиусом 10 км.

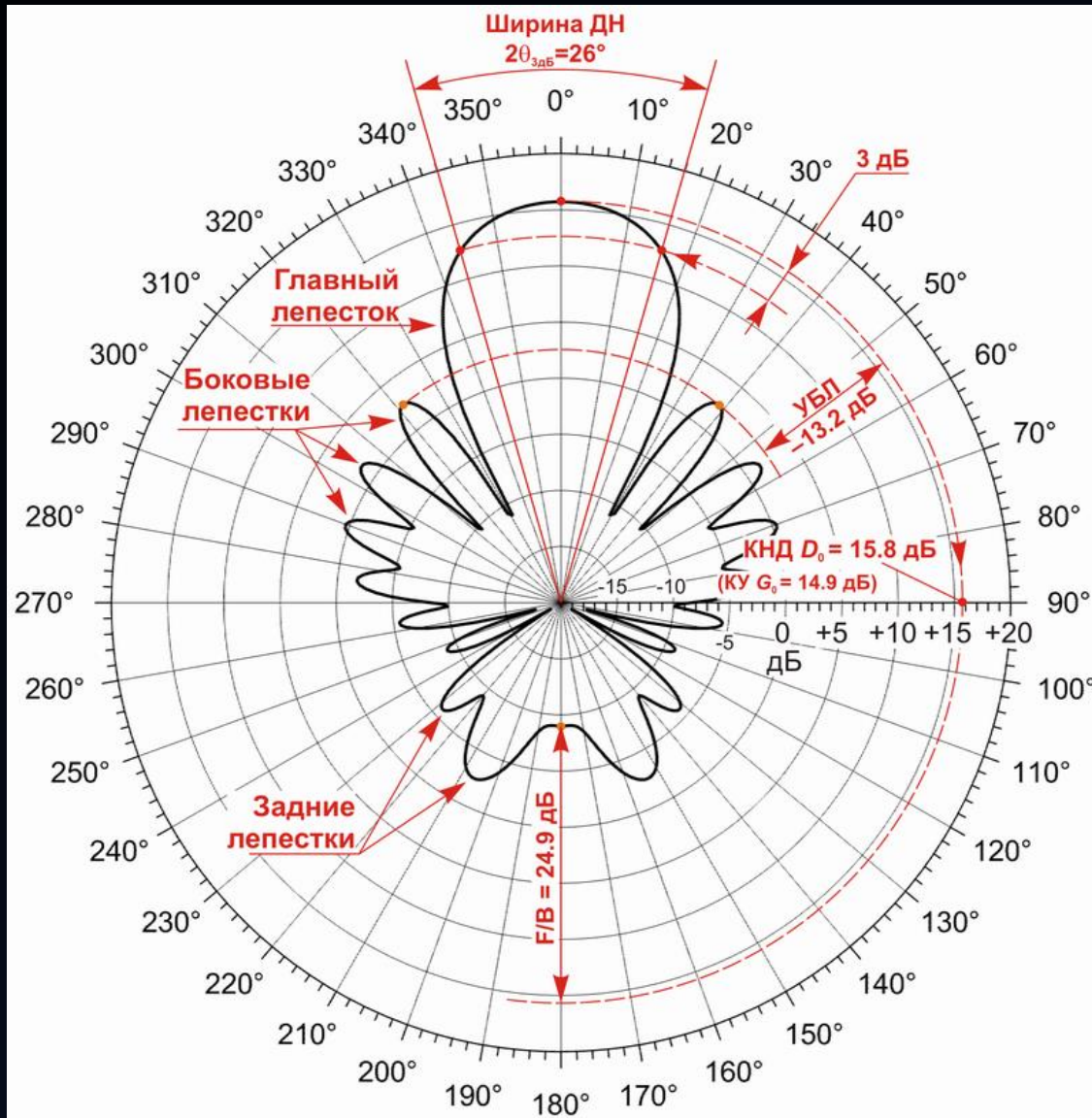
# Антенна

- Вся беспроводная передача данных основана на процессе распространения электромагнитного поля от источника в окружающее пространство. Антенна играет роль этого источника поля. Сам процесс излучения начинается с того, что под действием высокочастотных электромагнитных полей в излучающей системе (антенне) появляются сторонние токи и заряды. Токи и заряды в свою очередь подводятся от генератора по фидерному тракту (или фидера от слова "to feed" - питать).

Таким образом, в систему излучения электромагнитного поля входят: генератор колебаний, фидер и излучатель. Любая антенна обладает так называемым принципом "двойственности", который говорит о том, что любая антенна может быть как передающей (то есть преобразовывать волны линии передачи в расходящиеся волны окружающего пространства), так и приемной (осуществлять обратное преобразование).

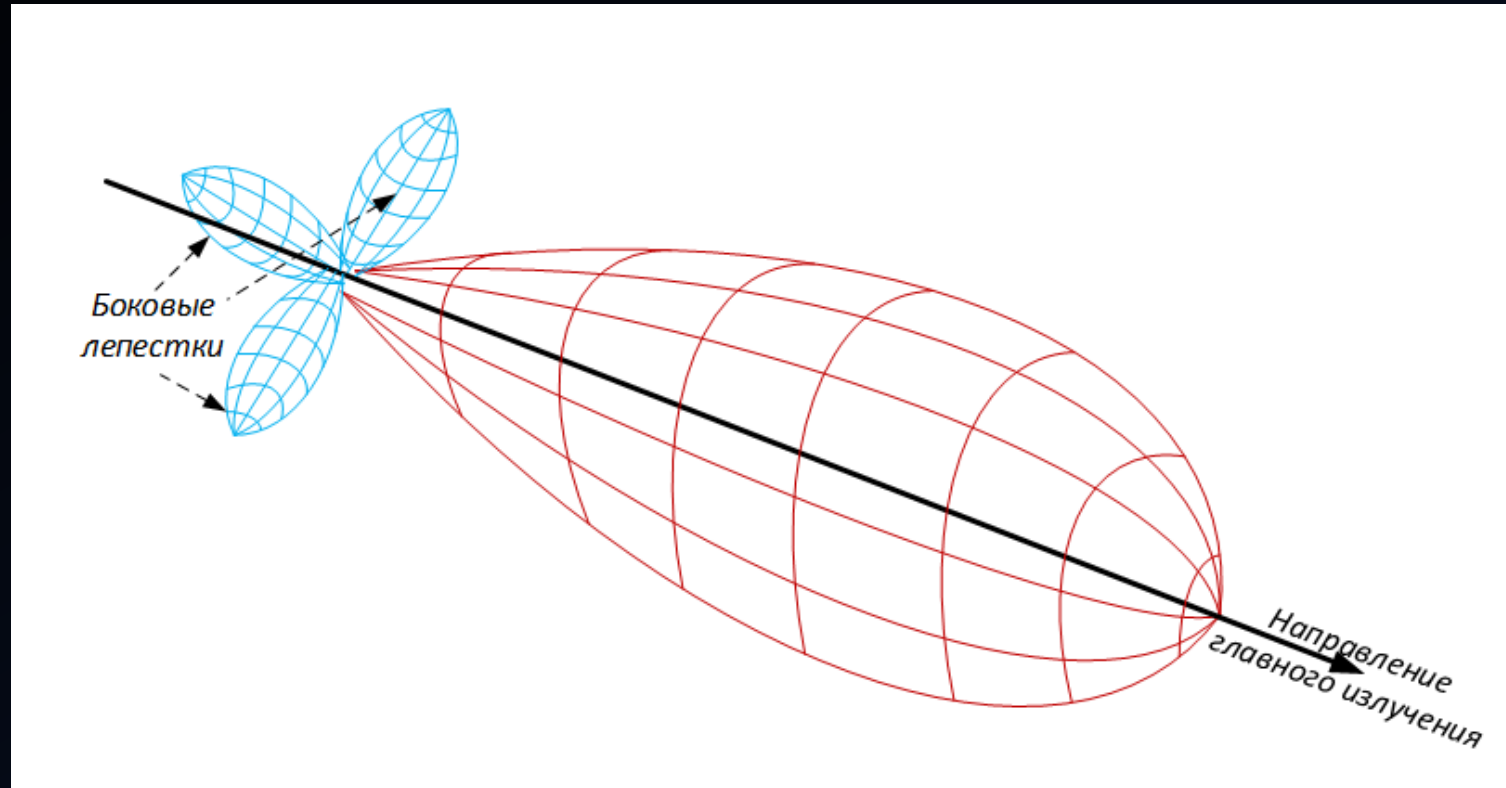


# Характеристики антенны



- Вне зависимости от реализации и вида антенны, она характеризуется следующими основными параметрами:
- Диаграмма направленности (ДН). Это распределение напряженности (или энергии) поля в пространстве, показывает в каких направлениях и с какой мощностью излучает антенная система. Строится эта зависимость, как правило, в сферической системе координат. В зависимости от вида диаграммы (от того, насколько диаграмма "острая") различают изотропные антенны, слабонаправленные, высоконаправленные. От вида диаграммы направленности зависят такие важные характеристики антенны как коэффициент направленного действия (КНД) и коэффициент усиления (КУ).

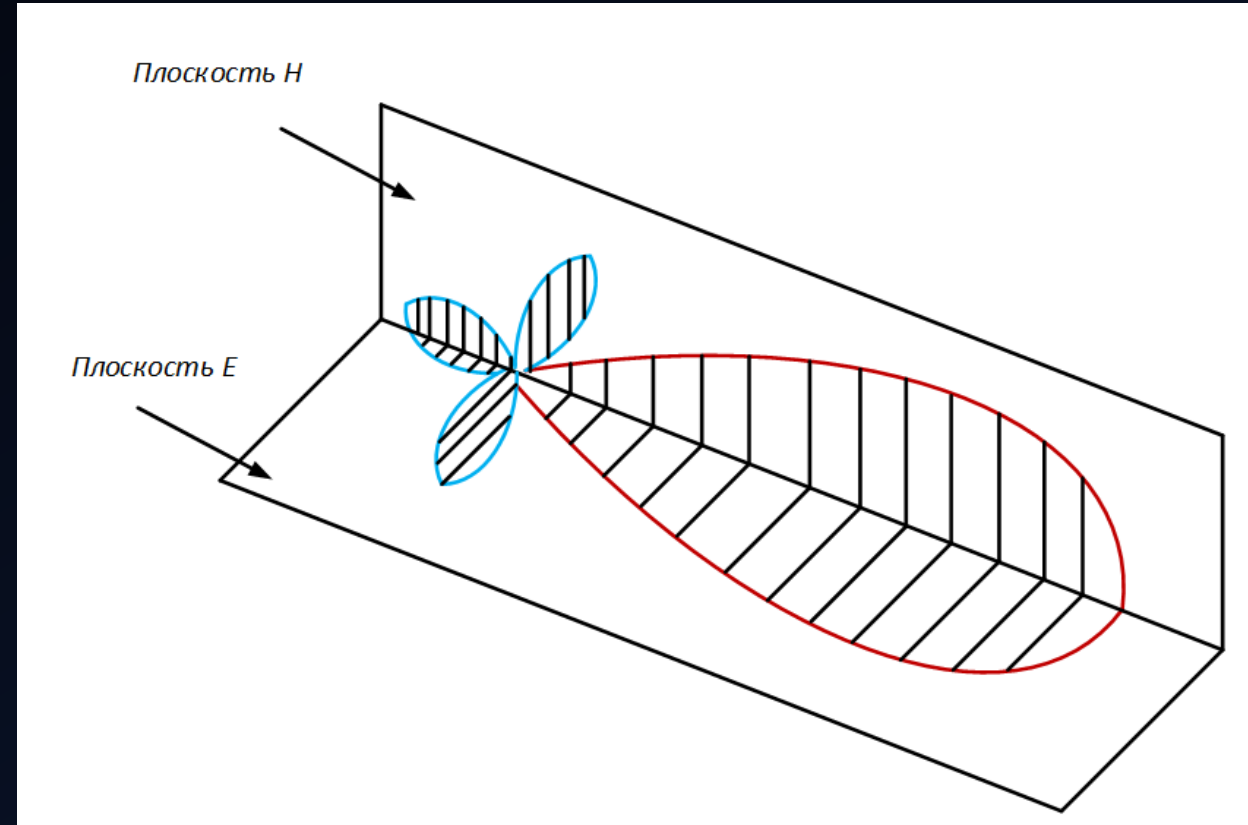
# Диаграмма направленности



- Диаграмма направленности (ДН) – это зависимость напряженности поля, создаваемого антенной на достаточно большом расстоянии, от углов наблюдения в пространстве. В объеме диаграмма направленной антенны может выглядеть так, как показано на рисунке 1. Главный максимум, выделенный на рисунке красным цветом, называется главным лепестком диаграммы и соответствует направлению главного излучения (или приема). Соответственно первые минимальные или (реже) нулевые значения напряженности поля вокруг главного лепестка определяют его границу. Все остальные максимальные значения поля называются боковыми лепестками.

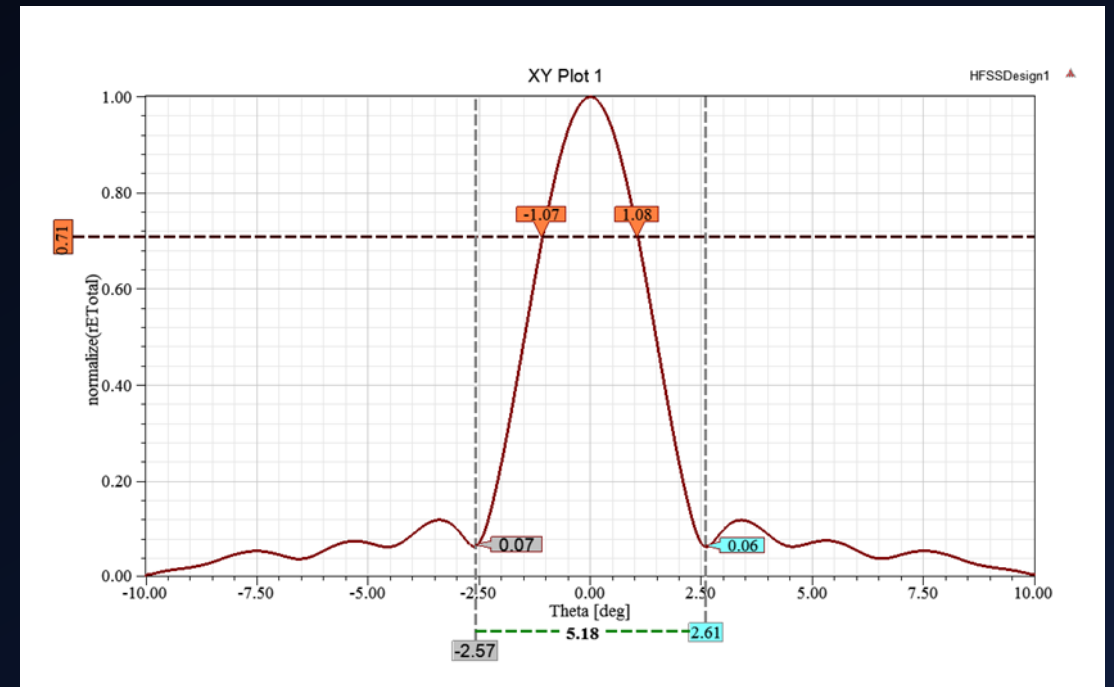
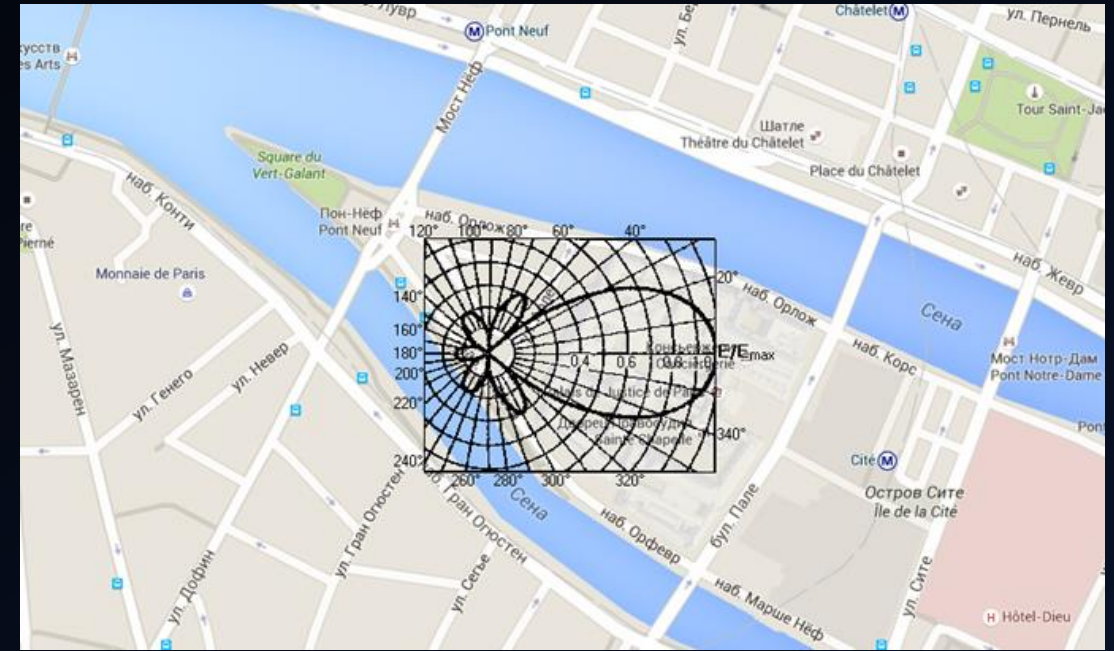
# Диаграмма направленности

- На практике встречаются различные антенны, которые могут иметь несколько направлений максимального излучения, или не иметь боковых лепестков вовсе.
- Для удобства изображения (и технического применения) ДН их принято рассматривать в двух перпендикулярных плоскостях. Как правило, это плоскости электрического вектора  $E$  и магнитного вектора  $H$  (которые друг другу в большинстве сред перпендикулярны), рисунок 2.

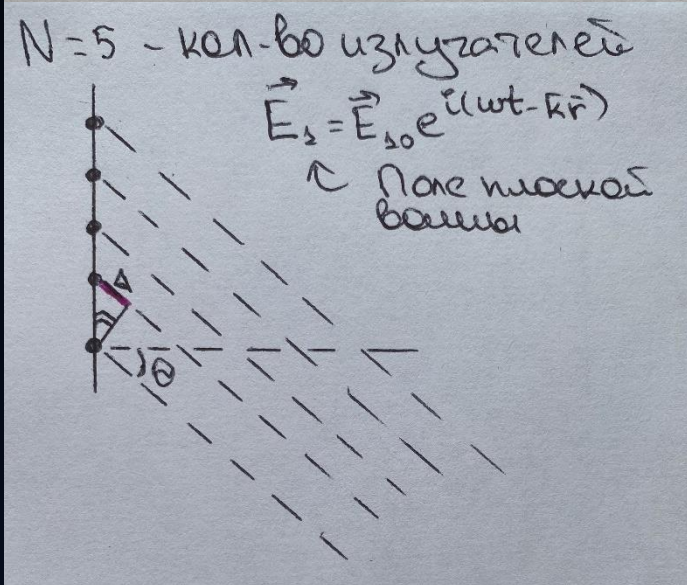
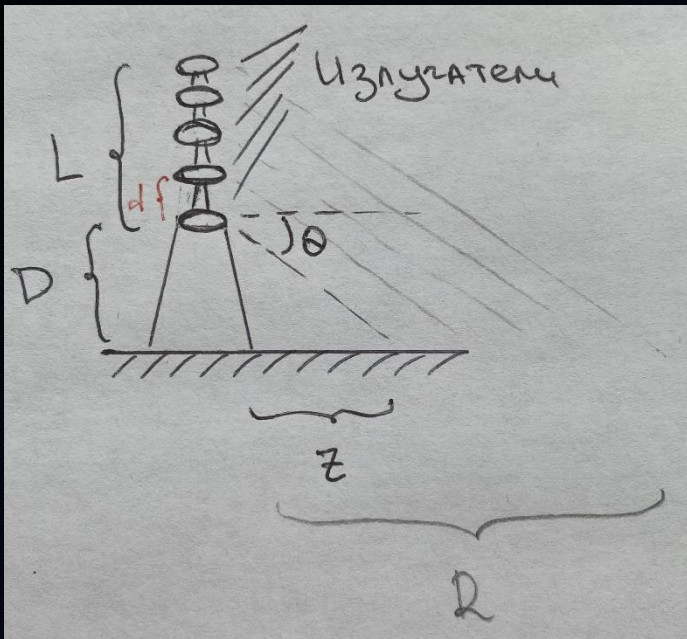


# Диаграмма направленности

- В некоторых случаях ДН рассматривают в вертикальной и горизонтальной плоскостях по отношению к плоскости Земли. Плоские диаграммы изображают полярной или декартовой (прямоугольной) системами координат. В полярных координатах диаграмма более наглядна, и при наложении ее на карту можно получить представление о зоне действия антенны радиостанции, рисунок 3. Один из наиболее важных параметров – это ширина главного лепестка по нулевому излучению  $\theta_0$  и ширина главного лепестка по уровню половинной мощности  $\theta_{0,5}$ . Половина мощности соответствует уровню 3 дБ, или уровню 0,707 по напряженности поля.



# Решение задачи



Тогда для 2 источников:

$$\vec{E}_2 = \vec{E}_{20} e^{i(\omega t - k\vec{r} - \varphi)}$$

раз.свир.

Раз.свир.:  $\varphi = k\Delta \approx kds \sin \theta$   
(из теор.)

Все амплитуды источников одинаковы

$\vec{E}_{s0} = \vec{E}_{20} = \dots = \vec{E}_{50}$

Тогда  $\Sigma$  поле будет амплитудой:

$$E = E_0 e^{i(\omega t - k\vec{r})}$$

сум.

$$\sum_{n=0}^{N-1} e^{-in\varphi} \Rightarrow \frac{1 - e^{i\varphi N}}{1 - e^{i\varphi}}$$

## Решение задачи

$$\frac{1 - e^{-i\varphi N}}{1 - e^{-i\varphi}} = \frac{e^{i\varphi \frac{N}{2}}}{e^{-i\varphi \frac{1}{2}}} \cdot \frac{(e^{i\varphi \frac{N}{2}} - e^{-i\varphi \frac{N}{2}})}{(e^{i\varphi \frac{1}{2}} - e^{-i\varphi \frac{1}{2}})} \Rightarrow \{I \sim |E|^2\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I \sim \frac{\sin^2(\frac{N\varphi}{2})}{\sin^2(\frac{\varphi}{2})} = \frac{\sin^2(kNd \frac{\sin \theta}{2})}{\sin^2(kd \frac{\sin \theta}{2})}$$

$$I_{\max} \sim I_0 \cdot N^2$$

Условие положения max оу-се ср-ной:

$$d \sin \theta_{\max} = \lambda n \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Ширина центр. max определяется как условие рассейание между максимумами, где мин-ты в первом фз, отражаются во втор:

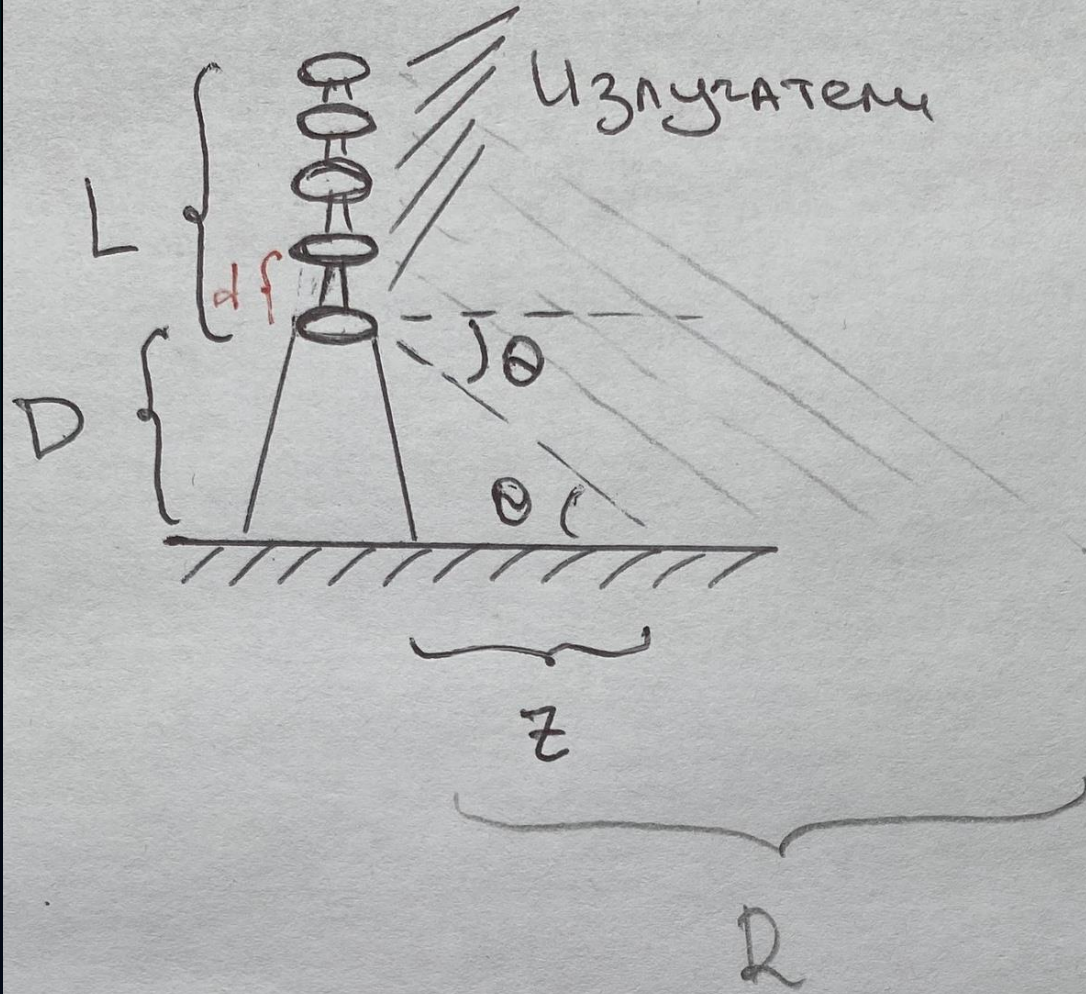
$$\frac{Nkd \sin \varphi}{2} = \pm \pi \Rightarrow \text{Услов. коэф. max слева и справа от центр. max: } \theta^+ \approx \frac{2\pi}{Nkd} = \frac{\lambda}{Nd}$$

$$\theta^- \approx -\frac{\lambda}{Nd}$$

$$\text{Ширина центр. max: } \Delta \theta = \theta^+ - \theta^- = \frac{2\lambda}{Nd} \approx 0.12 \text{ рад} = 6.875^\circ$$

$$L = (N-1)d \Rightarrow d = \frac{L}{N-1} = \frac{4.5}{4} = 1.125$$

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ



$$\Delta \varphi_{i,i+1} = kd \sin \theta \quad \left. \begin{array}{l} \sin \theta = \frac{D}{\sqrt{D^2 + z^2}} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta \varphi_{i,i+1} = \frac{k \cdot d \cdot D}{\sqrt{D^2 + z^2}} =$$

$$= \frac{\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{L}{N-1} \cdot D}{\sqrt{D^2 + z^2}} =$$

$$= \frac{\frac{2\pi}{0.34} \cdot \frac{4.5}{4} \cdot 50}{\sqrt{50^2 + 10000^2}} = 0.10395$$