

# ОАО «ОКБ МЭИ»

**О восстановлении характеристик  
остронаправленных антенн при их  
длительной эксплуатации в условиях  
космического пространства.**

Гусевский В. И.

Бондарев В.Е.

Копытина А.А.

## 1. Цель работы:

Создание обоснованной методики и алгоритмов восстановления характеристик остронаправленных антенных устройств, работающих в условиях космического пространства.

## 2. Основа методики – метод апертурных ортогональных полиномов.

В.И. Гусевский. Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2001 г, №3, с 50-72.

## 3. Условие восстанавливаемости характеристик антенн.

На основе анализа фактического состояния амплитудно-фазового распределения поля в пределах плоского раскрыва.

Амплитудное распределение:

$$\frac{N_{\text{эпн}}}{N_{\text{и дн}}} \approx 50\%$$

Фазовое распределение:

$$\|\Phi(x, y)\|_{L_2} \leq \frac{1}{kl} \sqrt{\frac{2(G_0 - G)}{G_0 \alpha}}$$

## 4. Одномерный раскрыв.

Результат контроля фазового распределения:

$$\Phi(x) = \sum_{n=0}^N a_n x^n = \sum_{n=0}^N C_n P_n(x)$$

$$\{P_n(x)\} \in L_{ort} [\rho(x) > 0, x \in [-1, 1]];$$

$$\int_{-1}^1 P_q(x) P_m(x) \rho(x) dx = \begin{cases} 1; & q = m \\ 0; & q \neq m \end{cases}$$

Коэффициенты Фурье  $q$ -го порядка:

$$C_q = \int_{-1}^1 \frac{\Phi_0(x)}{kl} P_q(x) \rho(x) dx$$

Исходная ДН:

$$\dot{\Psi}_0(x) = |\dot{\Psi}_0(x)| \exp(\Phi_0(x))$$

Искаженная ДН:

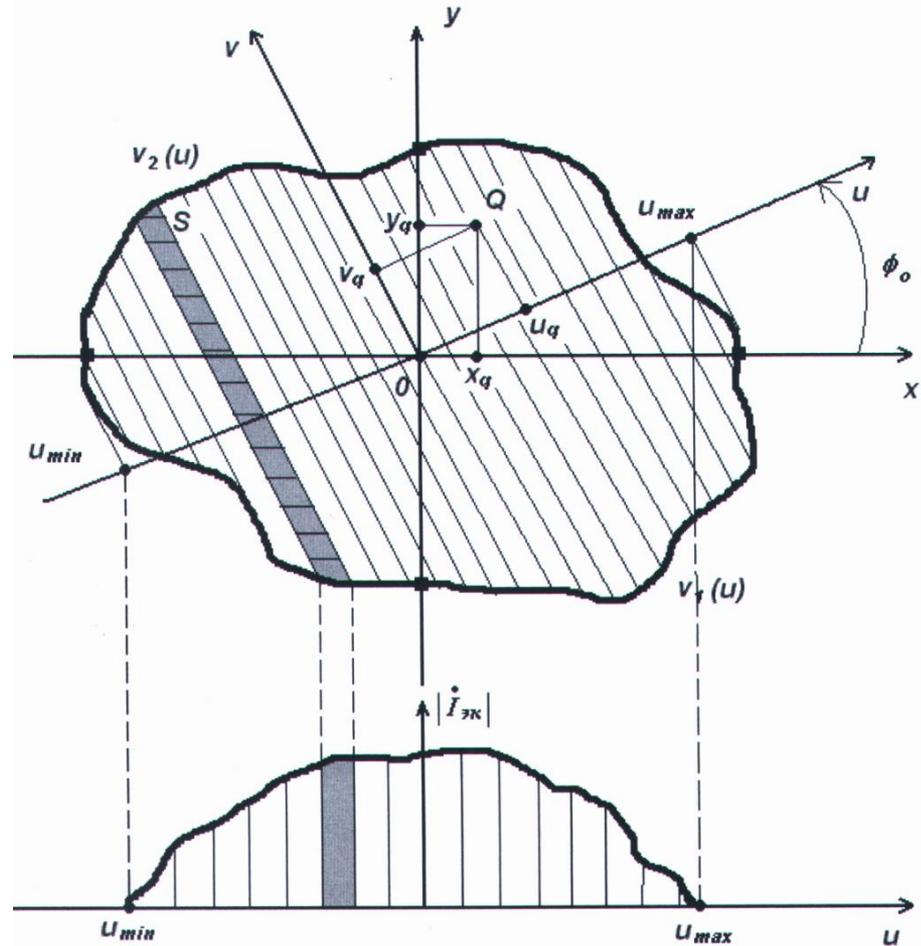
$$\tilde{\dot{\Psi}}_0(x) = |\tilde{\dot{\Psi}}_0(x)| \exp(\tilde{\Phi}_0(x))$$

Удельный вклад  $n$ -ой гармоники в искаженном ФР

$$\delta_n = \frac{\int_{-1}^1 [C_n P_n(x)]^2 |\Psi(x)| dx}{\int_{-1}^1 \Phi^2(x) |\Psi(x)| dx}$$

## 5. Метод эквивалентного линейного раскрыва (МЭЛР) для расчета ДН линейного плоского раскрыва

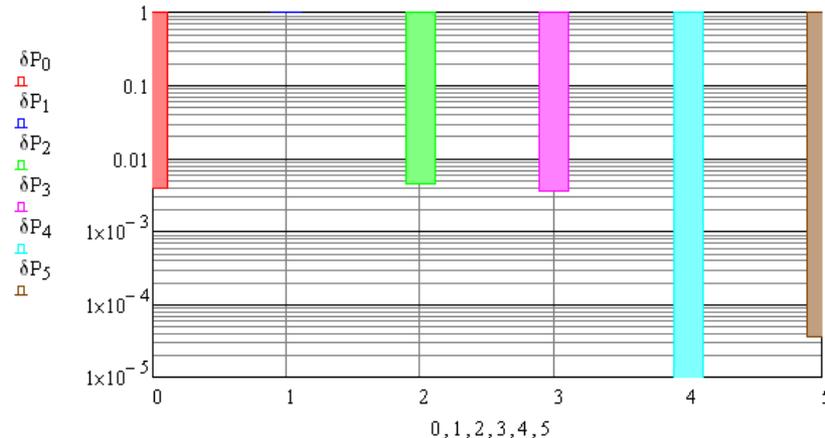
$$\dot{f}(\theta, \varphi_0) = \int_{u_{\min}}^{u_{\max}} \dot{I}_{\text{ЭК}}(u) \cdot e^{j\beta u \sin \theta} du,$$



К определению понятия эквивалентной линейной антенны.

## 6. Относительные величины фазовых дисперсий

Результат контроля фазового распределения:



Определение зон максимального влияния в раскрыве.

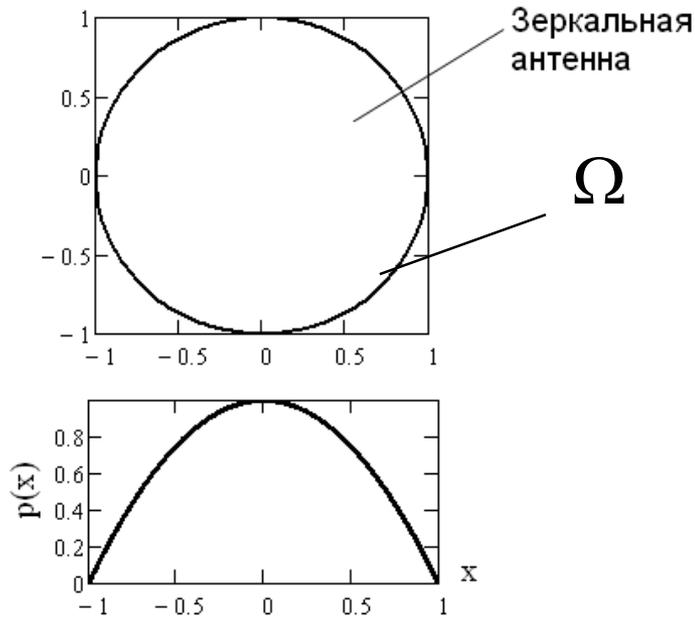
$u_q$  — Искомые центры окрестностей локальных зон максимального влияния на величину  $q$ -ой гармоники.

$$C_{qr}(u_q) = \int_{u_q} \frac{\Phi(x, y)}{kl} P_{qr}(x, y) \rho(x, y) d\Omega \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\partial}{\partial x} P_{qr}(x, y) \rho(x, y) = 0; \quad \frac{\partial}{\partial y} P_{qr}(x, y) \rho(x, y) = 0.$$

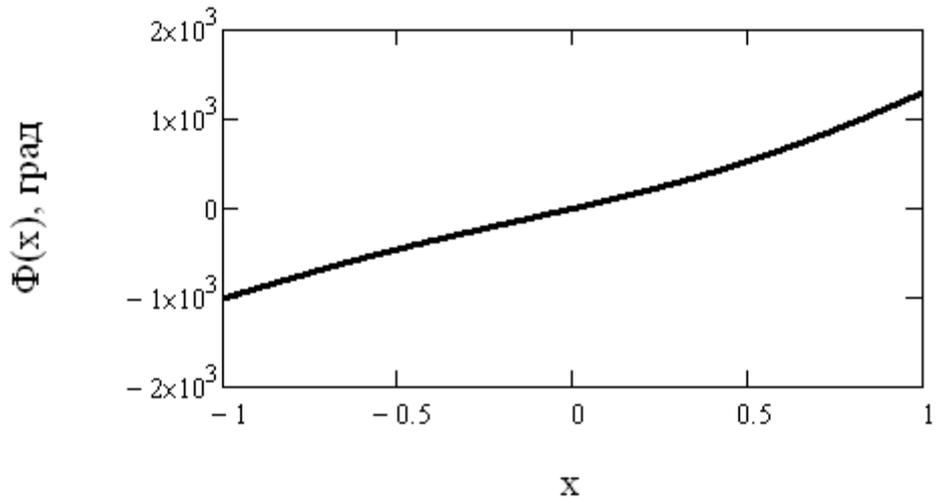
## 7. Пример восстановления пространственных характеристик зеркальной антенны.

Раскрыв длиной  $kl=10\pi$      $\rho(x) \equiv 1$  в  $\Omega$

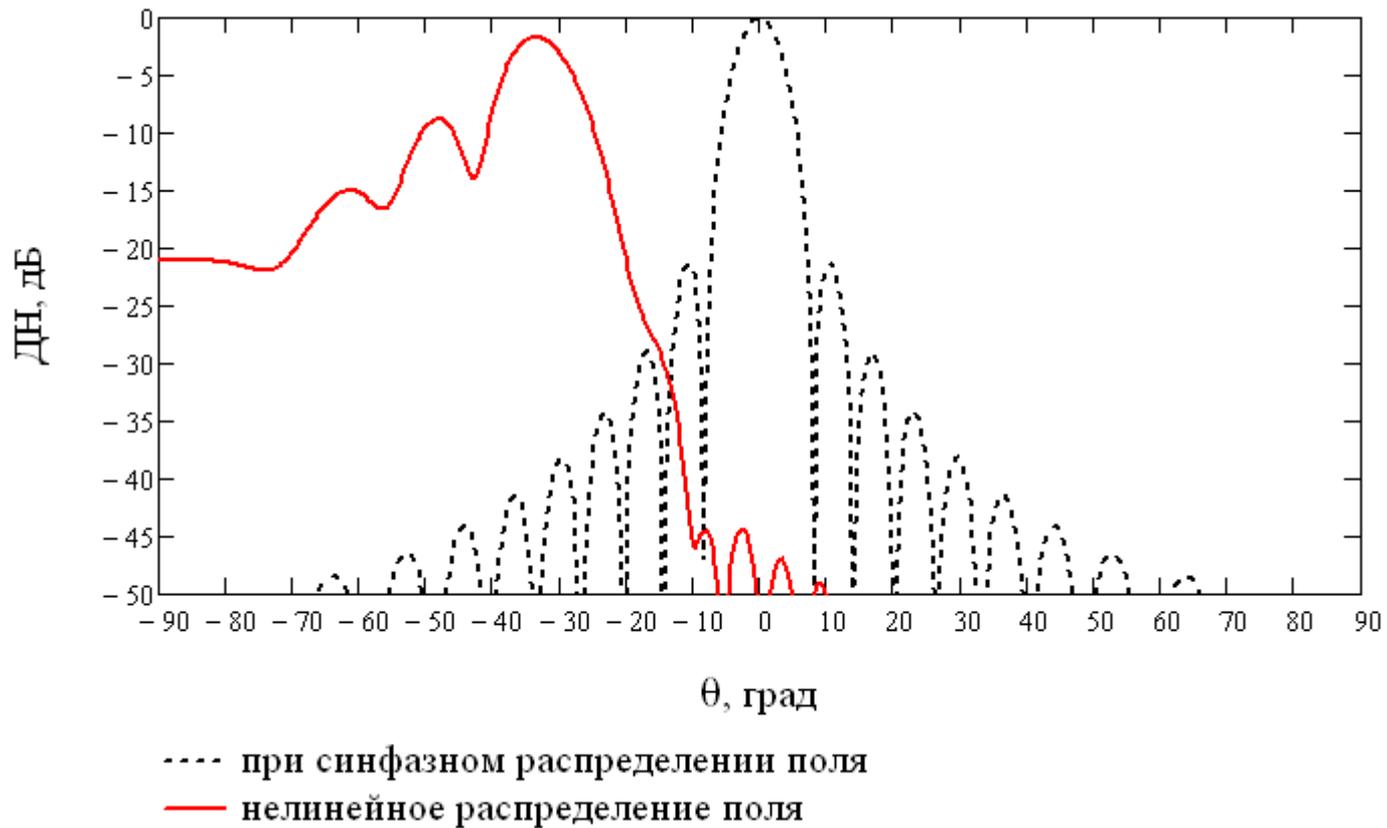


Нелинейное ФР:

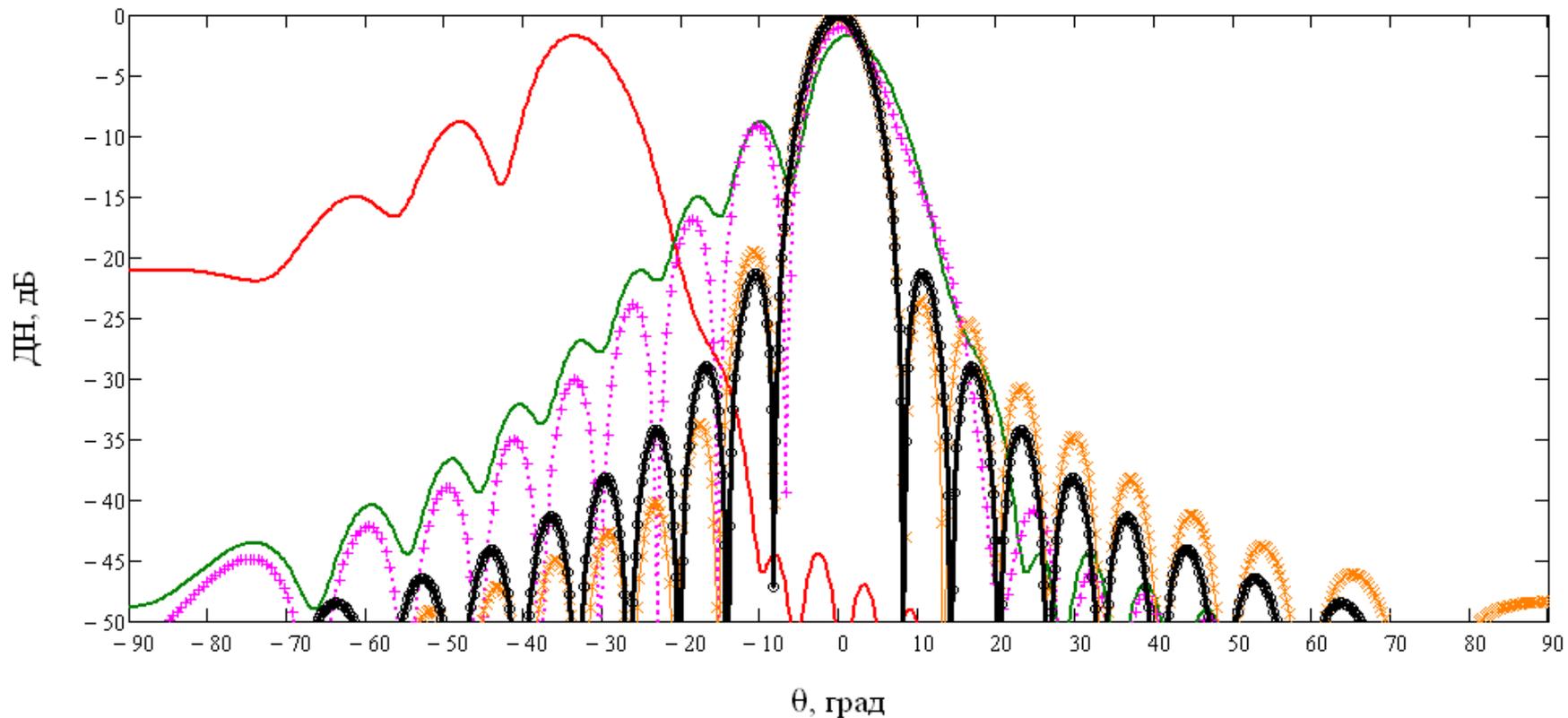
$$\Phi(x) = kl(0.5x + 0.08x^2 + 0.2x^3 - 0.06x^5)$$



## 8. ДН эквивалентного линейного раскрыва.



## 8. Восстановление ДН эквивалентного линейного раскыва.



- при наличии фазовых искажений
- при компенсации 1 гармоникой
- +++ при компенсации 1, 2 гармониками
- xxx при компенсации 1, 2, 3 гармониками
- o-o При компенсации 1, 2, 3, 5 гармониками

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

- 1. Обоснована методика и алгоритмы восстановления характеристик остронаправленных антенн с плоским раскрытием.*
- 2. Дальнейшее развитие этого подхода должно быть увязано с процедурой контрольной диагностики АФР, обоснованием стратегии перебора локальных зон антенного раскрытия и глубиной диагностических процедур.*
- 3. Необходимым условием успешного использования предлагаемой методики является разработка алгоритмов аппроксимации, а в перспективе – использование электронных приборов в многоэлементных ФАР, облучающих решетках ГЗА с цифровым управлением.*

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**