

Структура курса

- Введение
 - Фазированные антенные решетки и их назначение
- Теория ФАР
 - Основные характеристики ФАР
 - **Диаграммоформирование в ФАР**
- Техника ФАР
 - Схемы возбуждения ФАР
 - Широкополосные ФАР
 - Принципы конструирования ФАР
 - Калибровка и контроль ФАР

Типы диаграммоформирования

- Формирование остронаправленного луча (лучей)
- Создание ДН сложной формы
- Формирование нуля (нулей) в диаграмме направленности

Типы диаграммоформирования

- Формирование остронаправленного луча (лучей)
 - Традиционные методы
 - Расширение луча
 - Метод Дольфа-Чебышева и др.
- Создание ДН сложной формы
 - Подавление боковых лепестков
- Формирование нуля (нулей) в диаграмме направленности

ДН ФАР

Диаграмма направленности ФАР

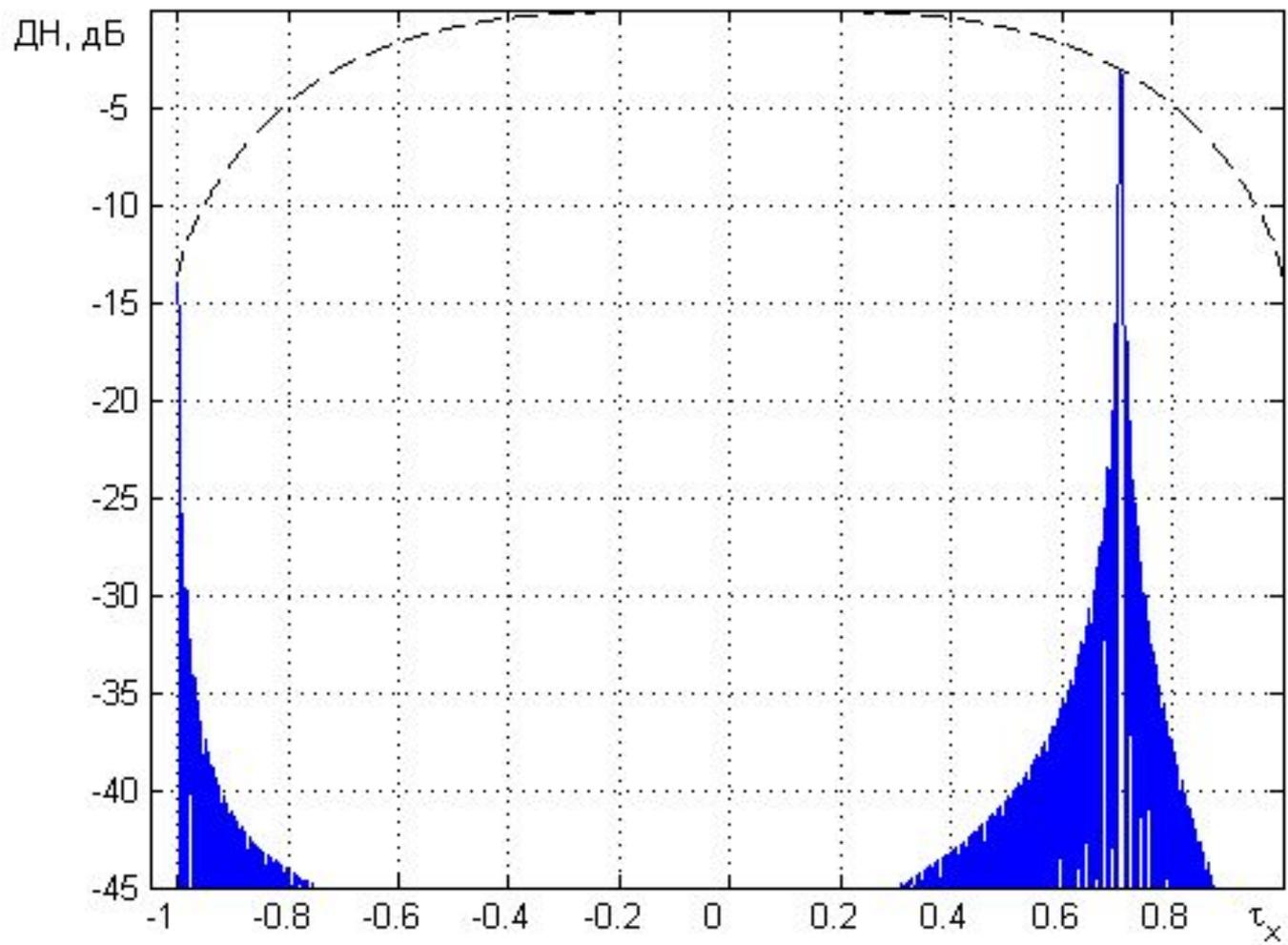
$$f_{\Sigma}(\theta, \phi) = f(\theta, \phi) \rho(\theta, \phi) \sum A_n e^{-ik(\tau r_n)}$$

Есть произведение ДН элемента
(парциальная ДН)

$$f(\theta, \phi) \rho(\theta, \phi)$$

На множитель решетки

$$\sum A_n e^{-i \frac{2\pi}{\lambda} (ux_n + vy_n)}$$



Множитель решетки:

фокусировка в направлении, острый луч

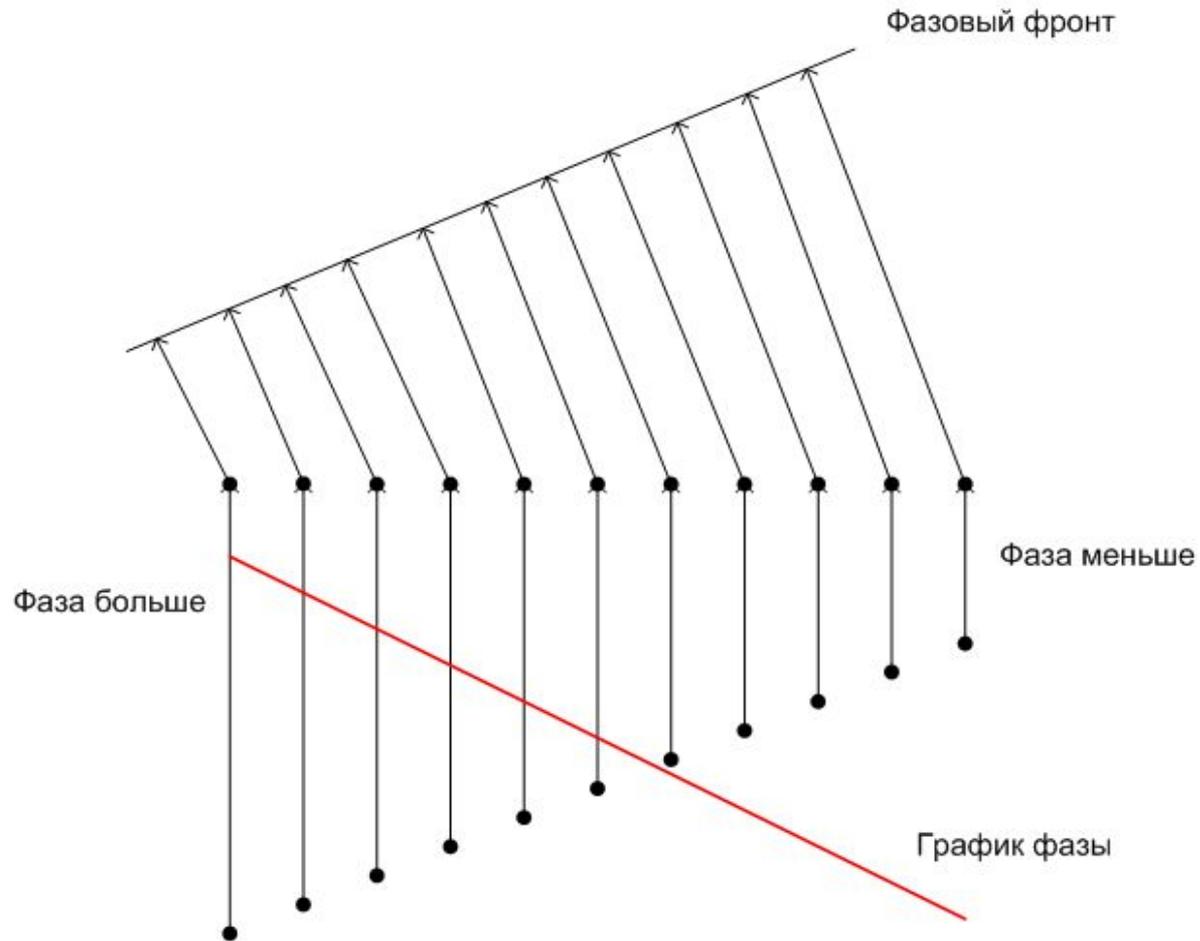
$$\sum A_n e^{-i\frac{2\pi}{\lambda}(ux_n + vy_n)} \longrightarrow \sum A_n e^{i\Psi_n} e^{-i\frac{2\pi}{\lambda}(ux_n + vy_n)}$$

Для когерентного суммирования

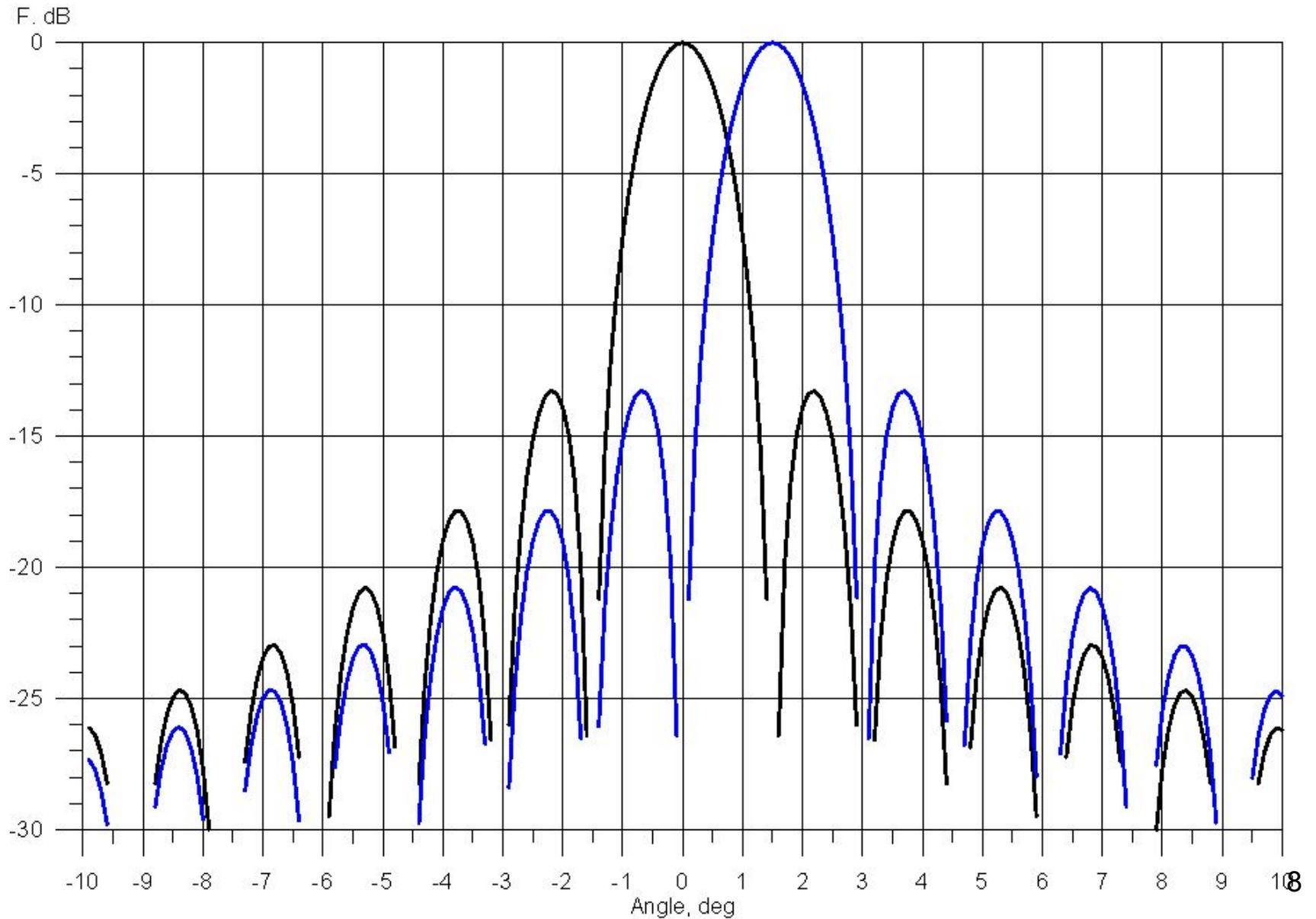
$$\Psi_n = \frac{2\pi}{\lambda} (ux_n + vy_n)$$

Для максимального КУ амплитуда единица

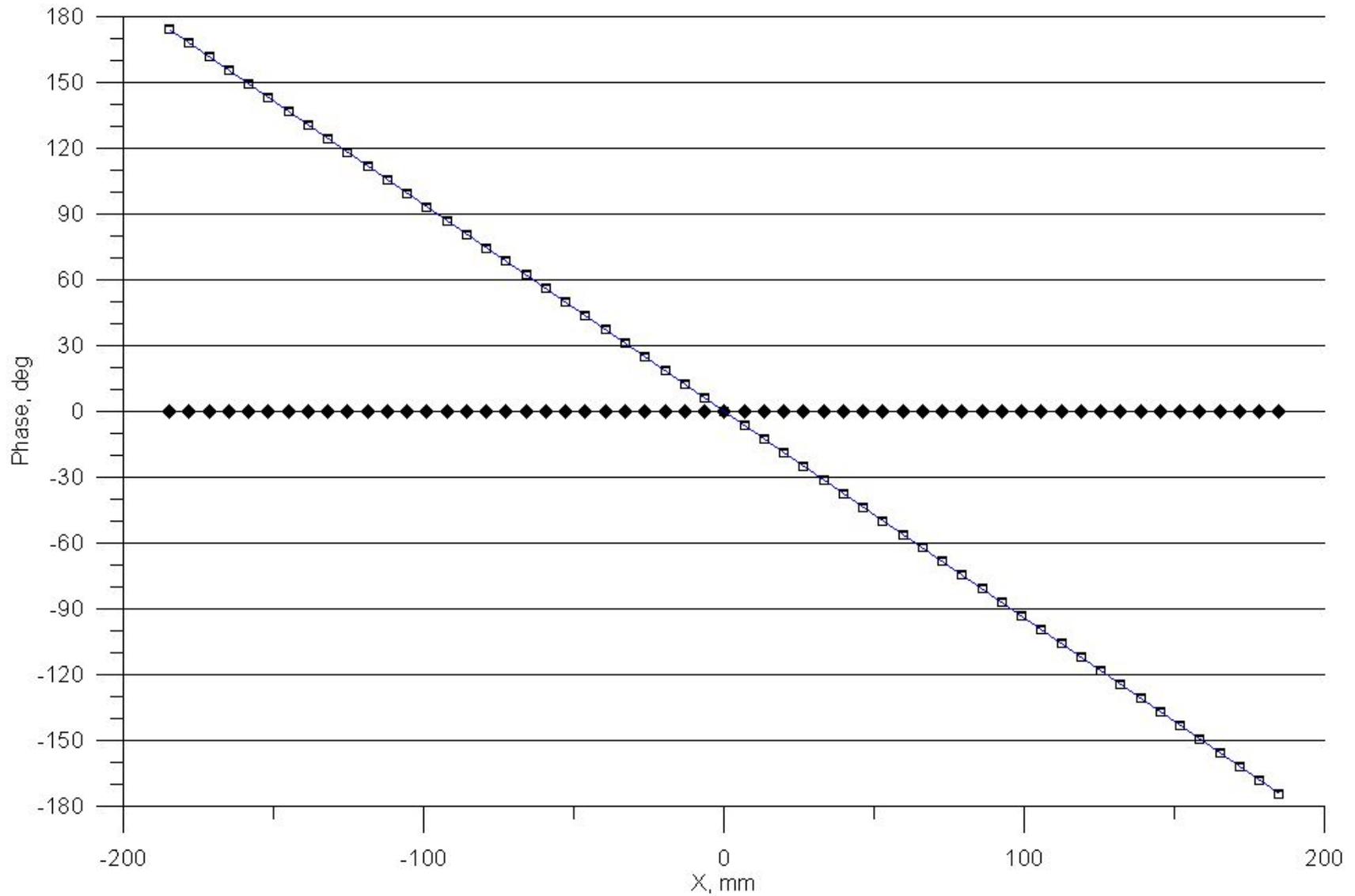
Фокусировка в заданном направлении



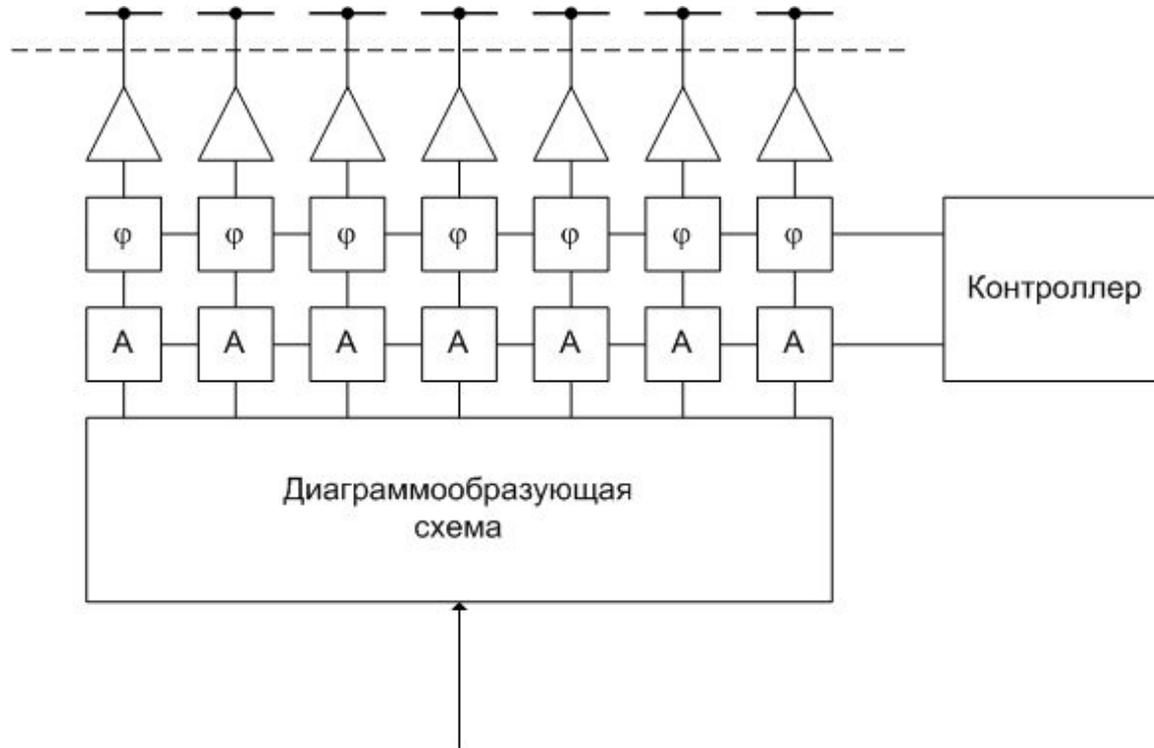
Две диаграммы



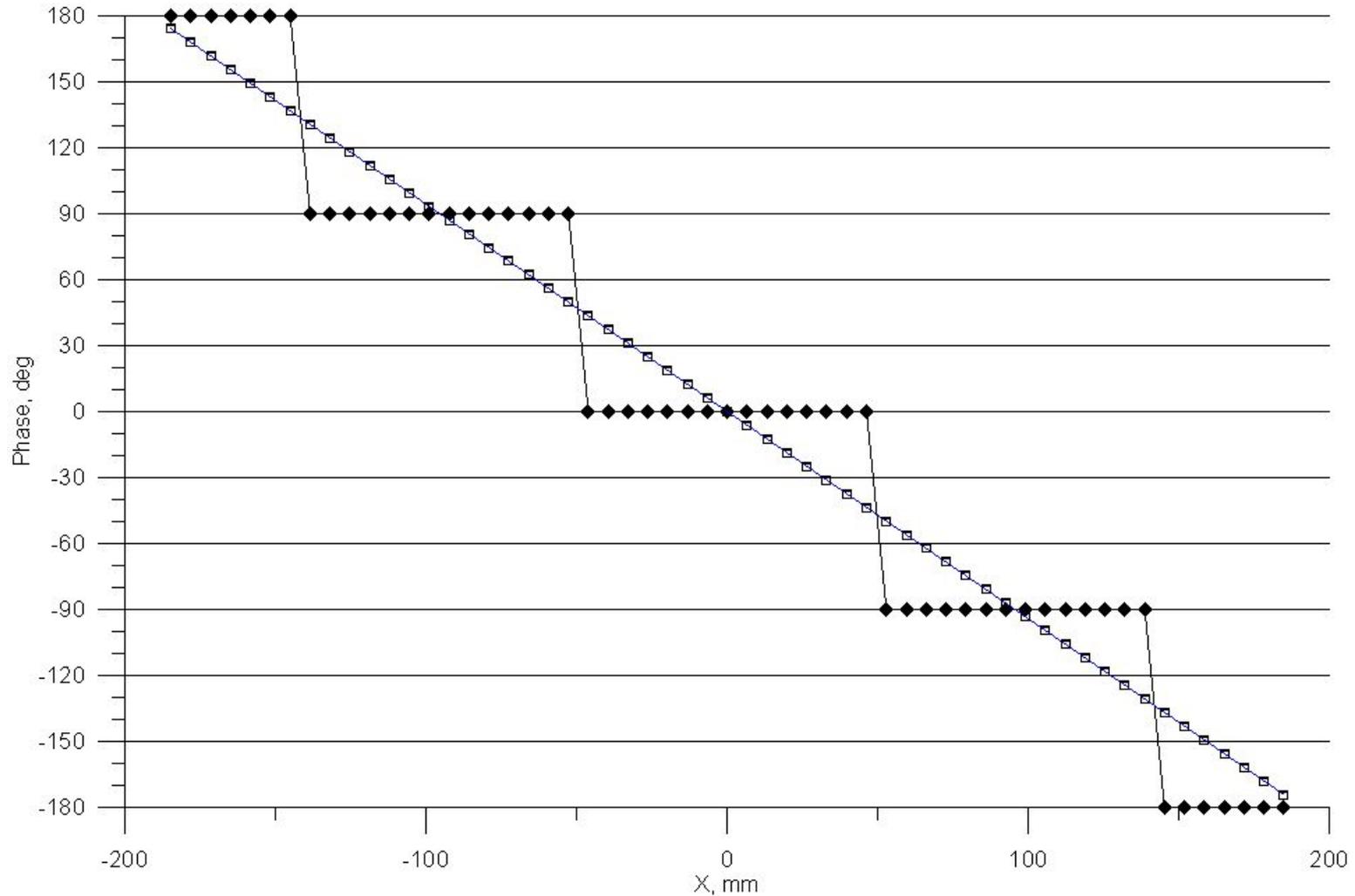
Распределение фаз



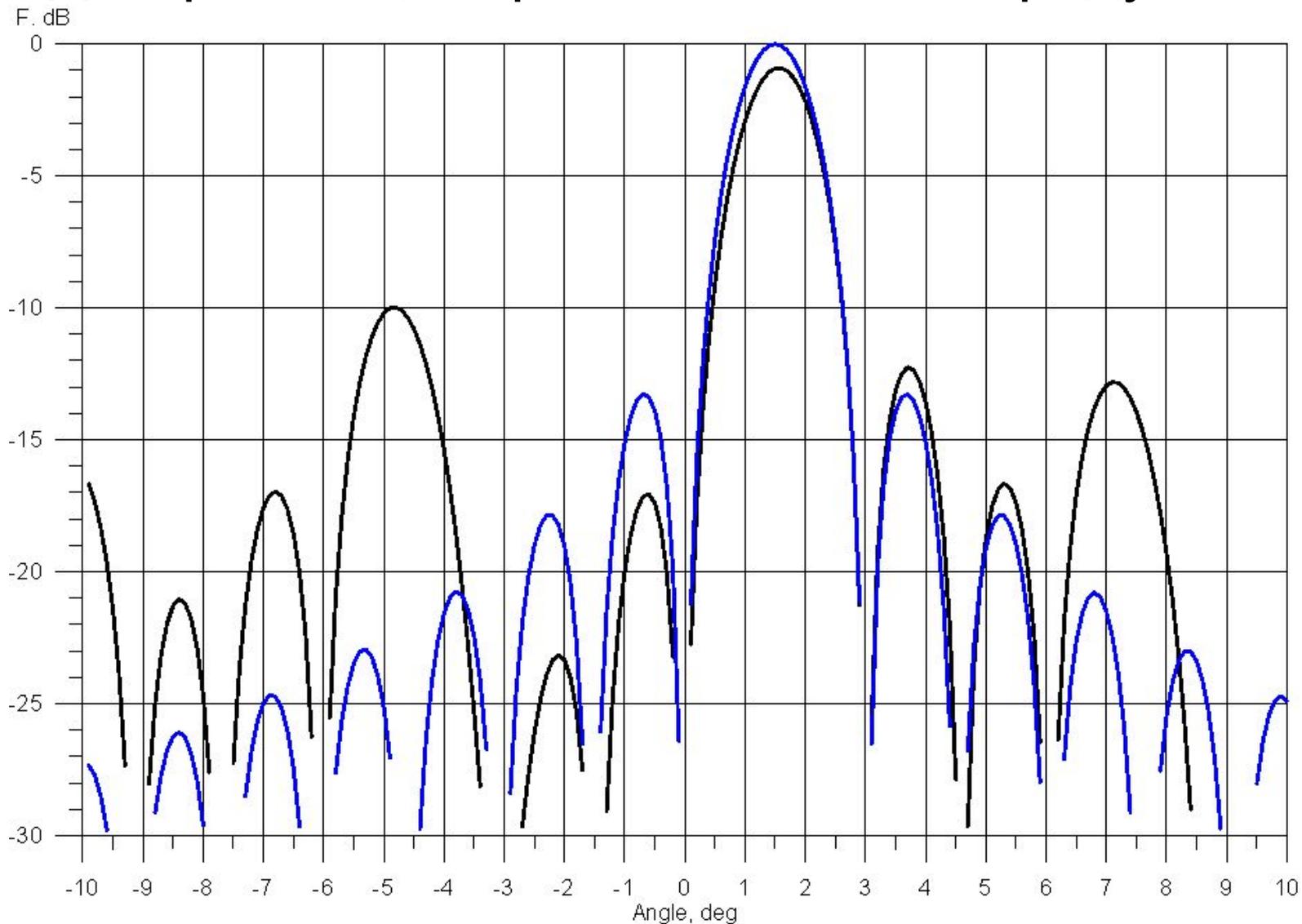
Управление фазой в раскрыве



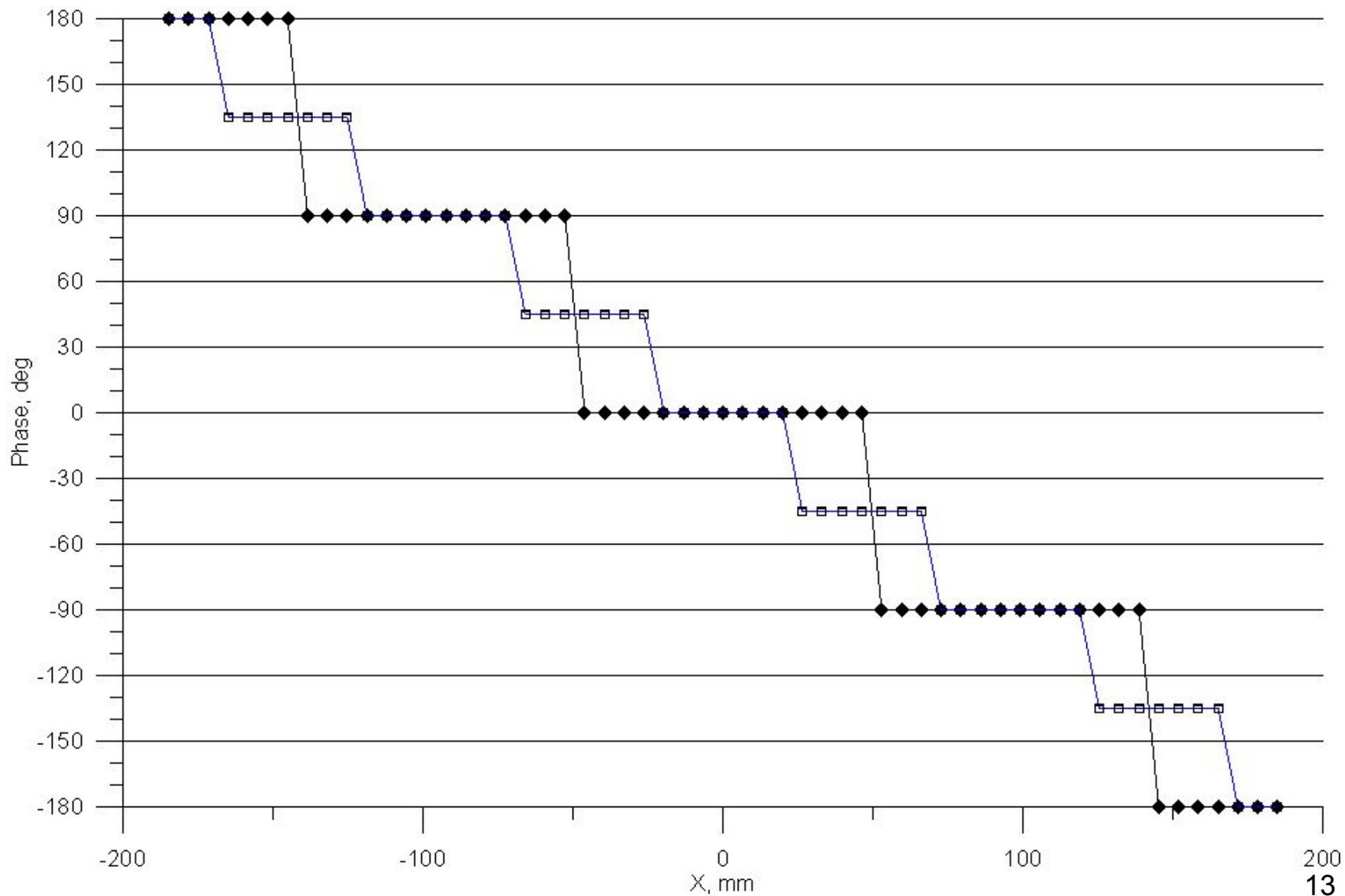
Дискретизация фазы с шагом 90 градусов



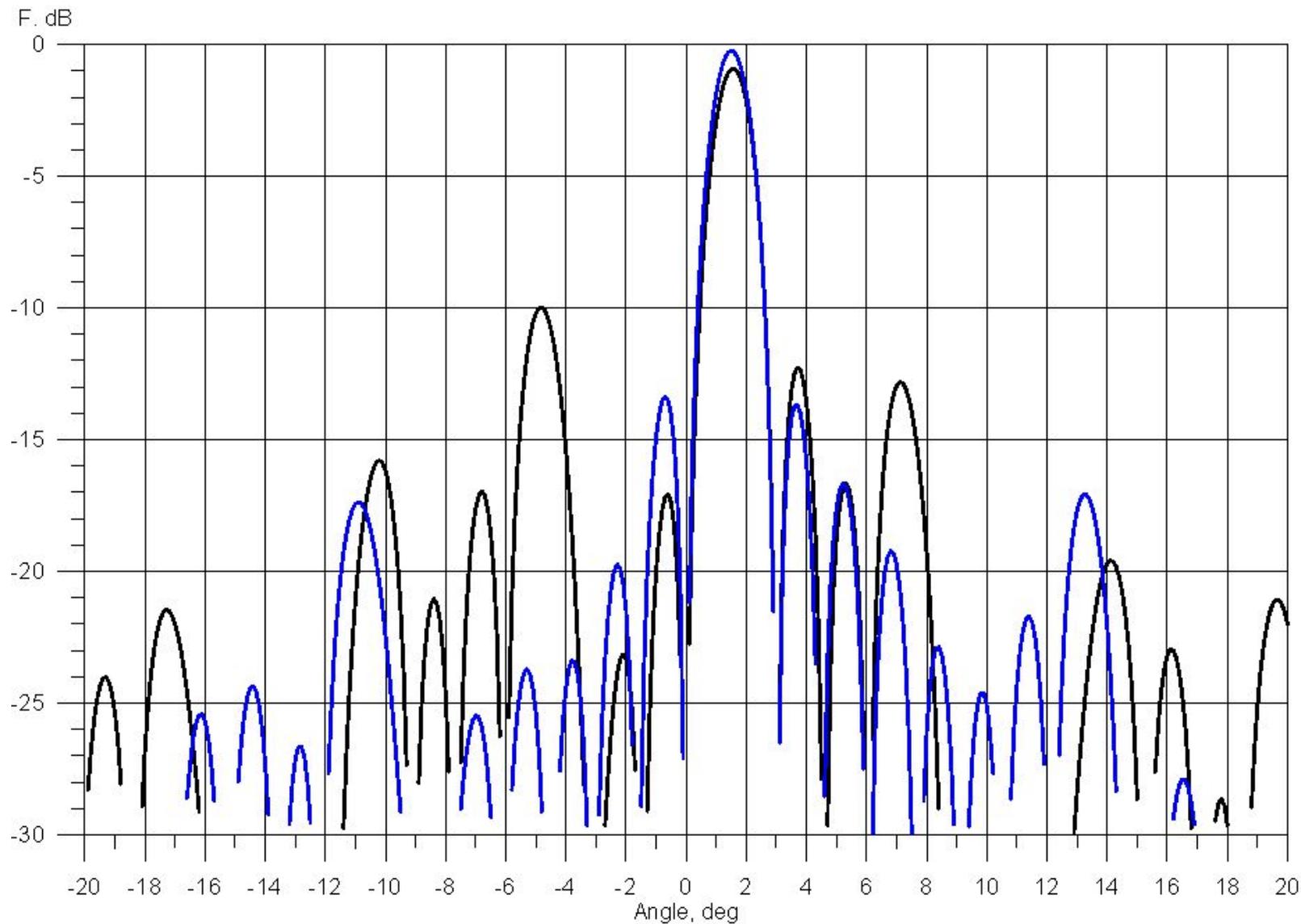
Дискретизация фазы с шагом 90 градусов



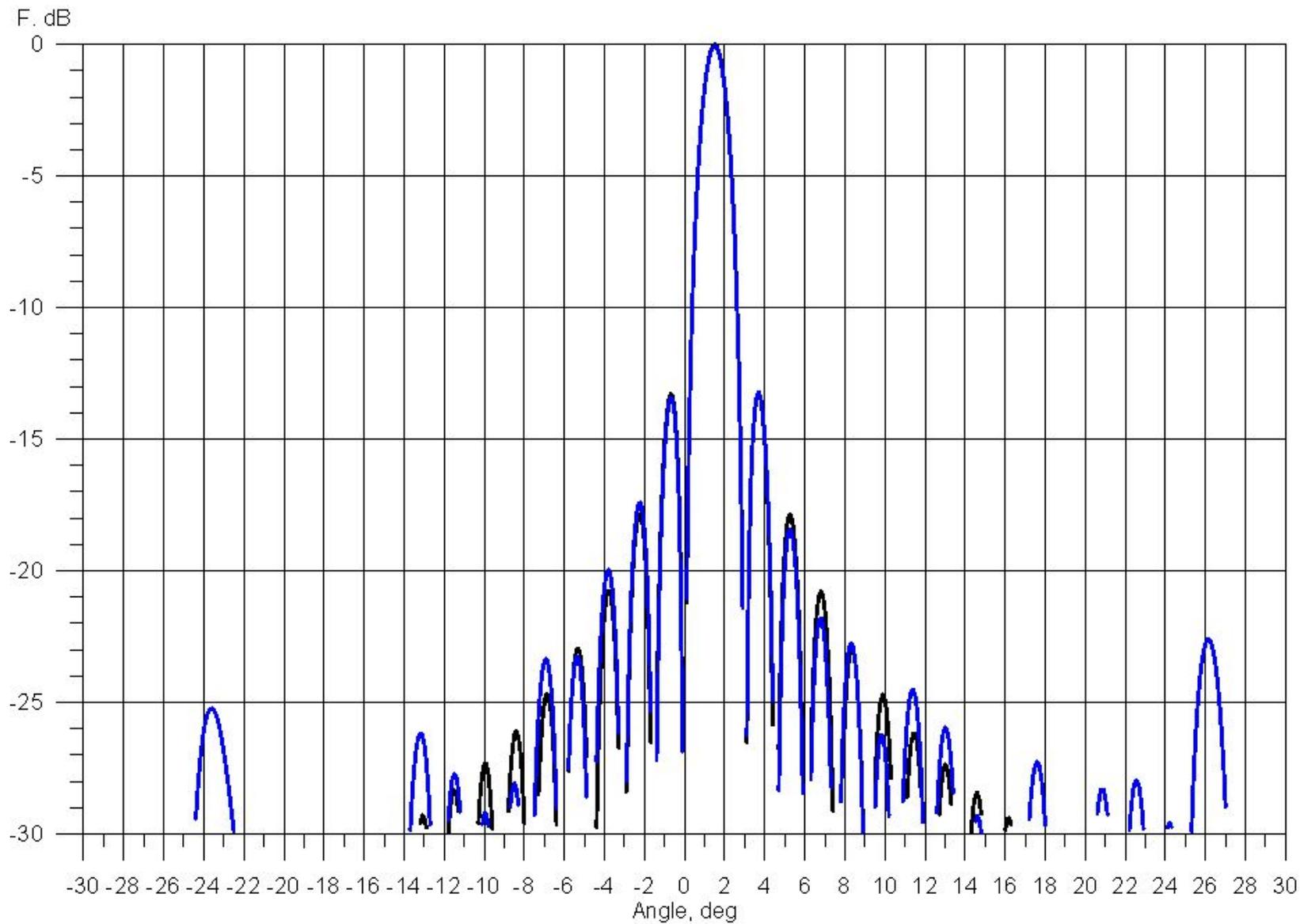
Дискретизация фазы с шагом 45 градусов



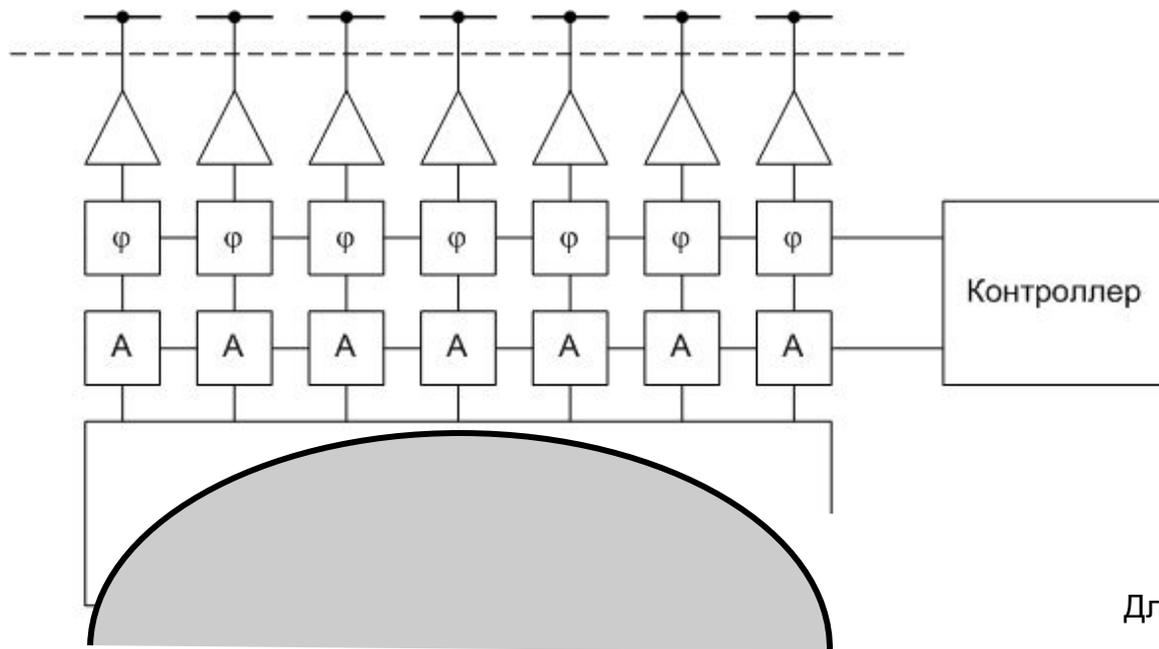
Дискретизация фазы с шагом 45 градусов



Дискретизация фазы с шагом 22.5 градусов



Подавление лепестков квантования



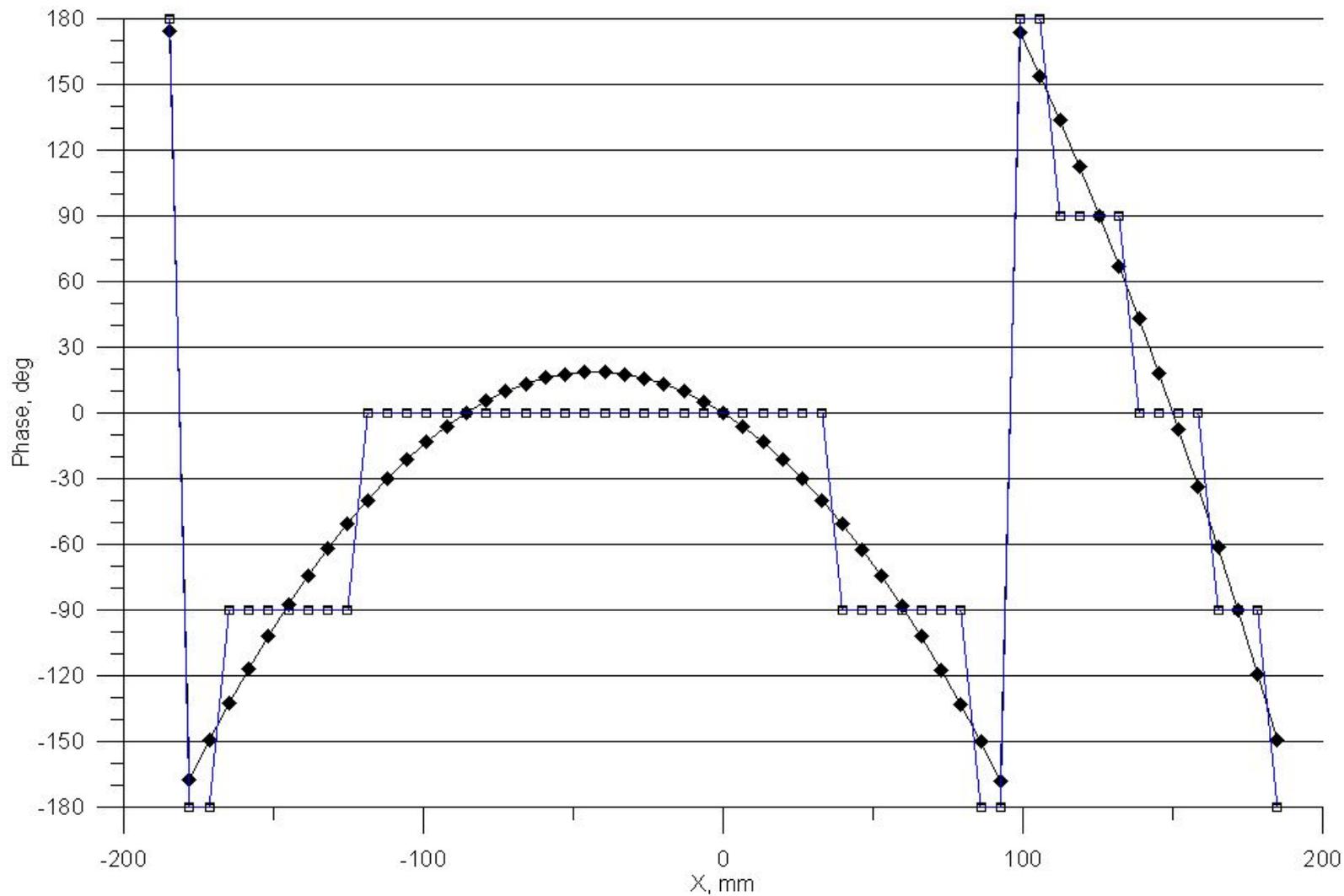
Дополнительный фазовый набег
(начальная фаза)

Для когерентного суммирования

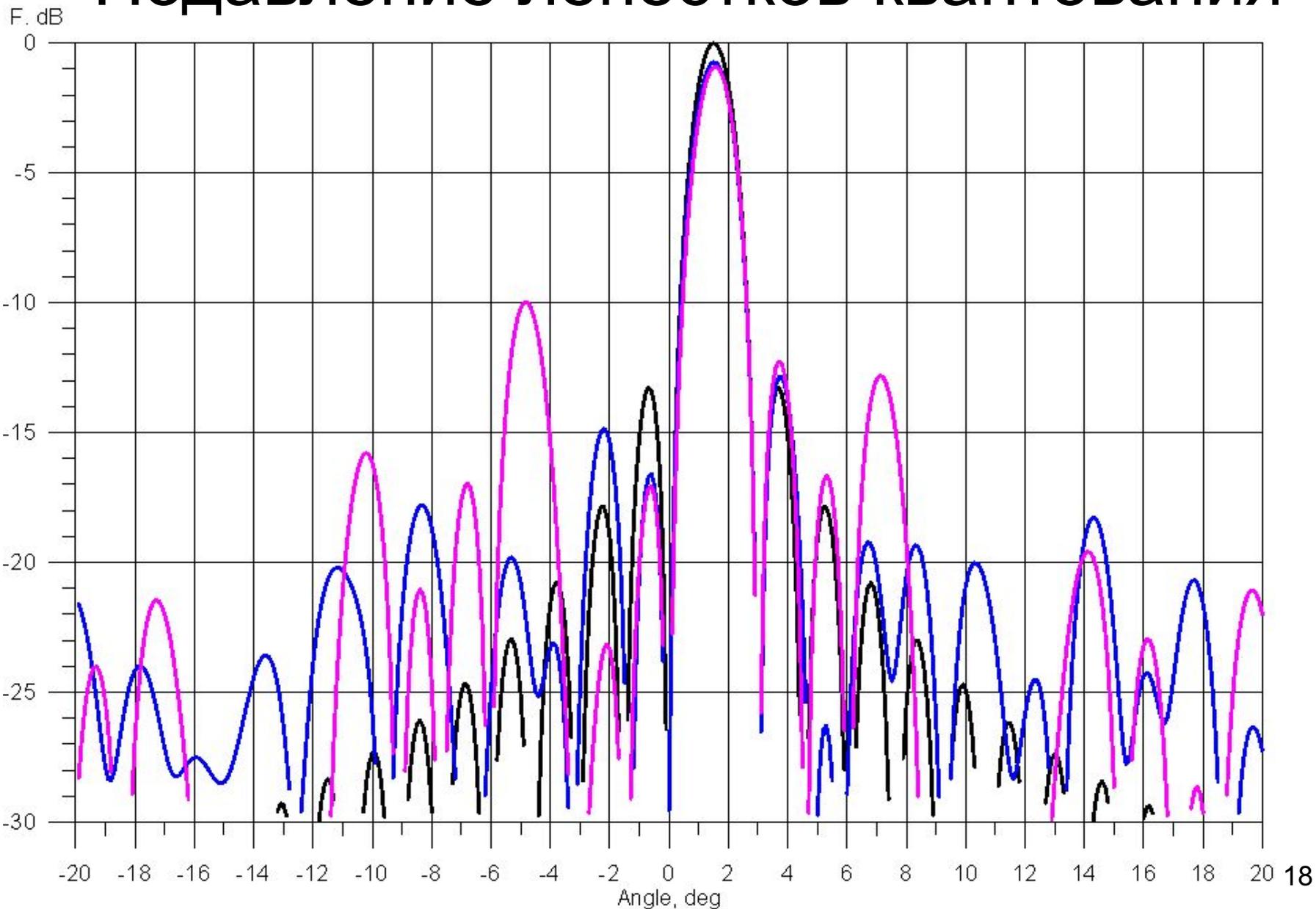
$$\Psi_n = \frac{2\pi}{\lambda} (ux_n + vy_n) - \Psi_n^0$$

В формуле для вычисления управляемой фазы появляется дополнительный член, связанный с т.н. начальной фазой

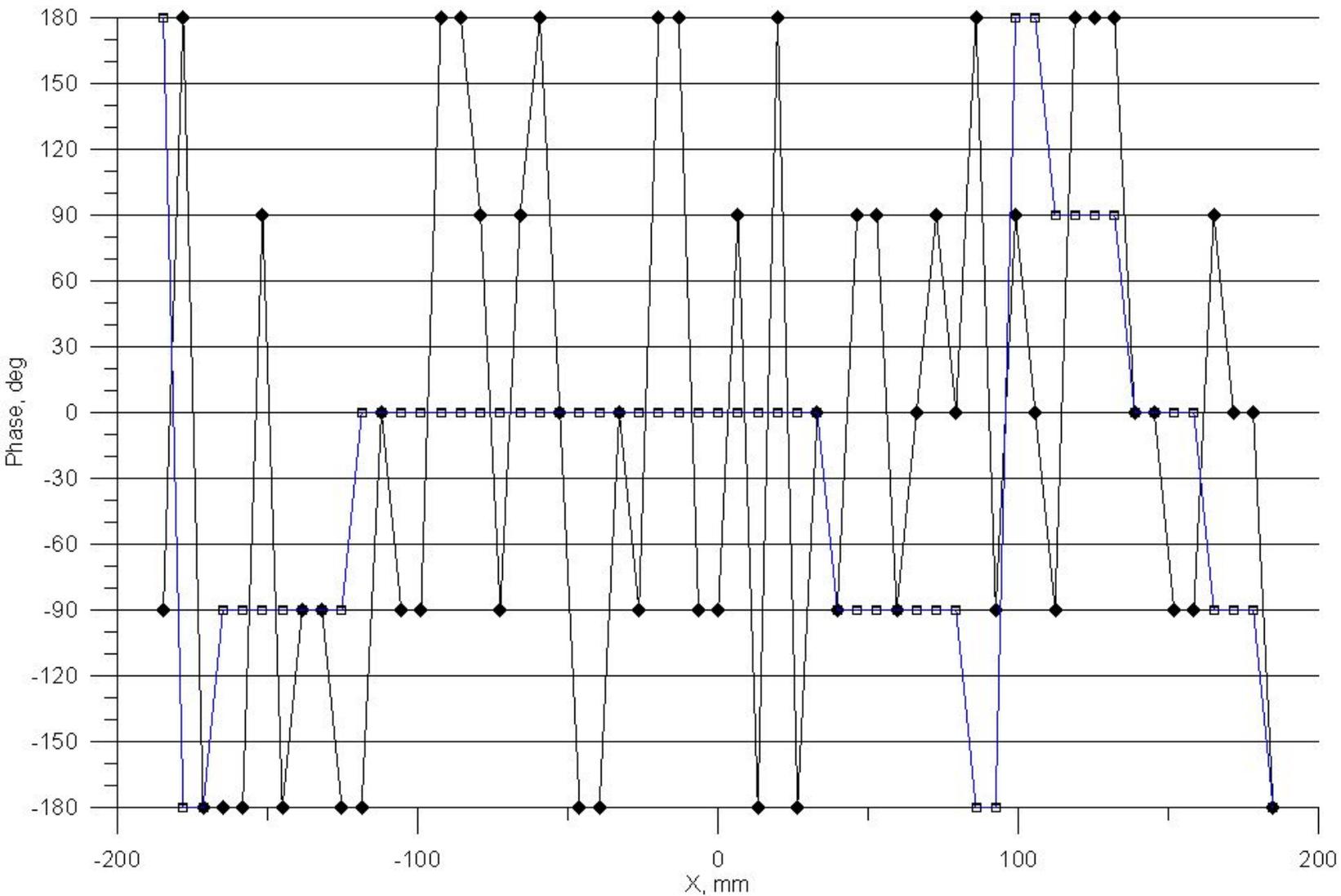
Подавление лепестков квантования



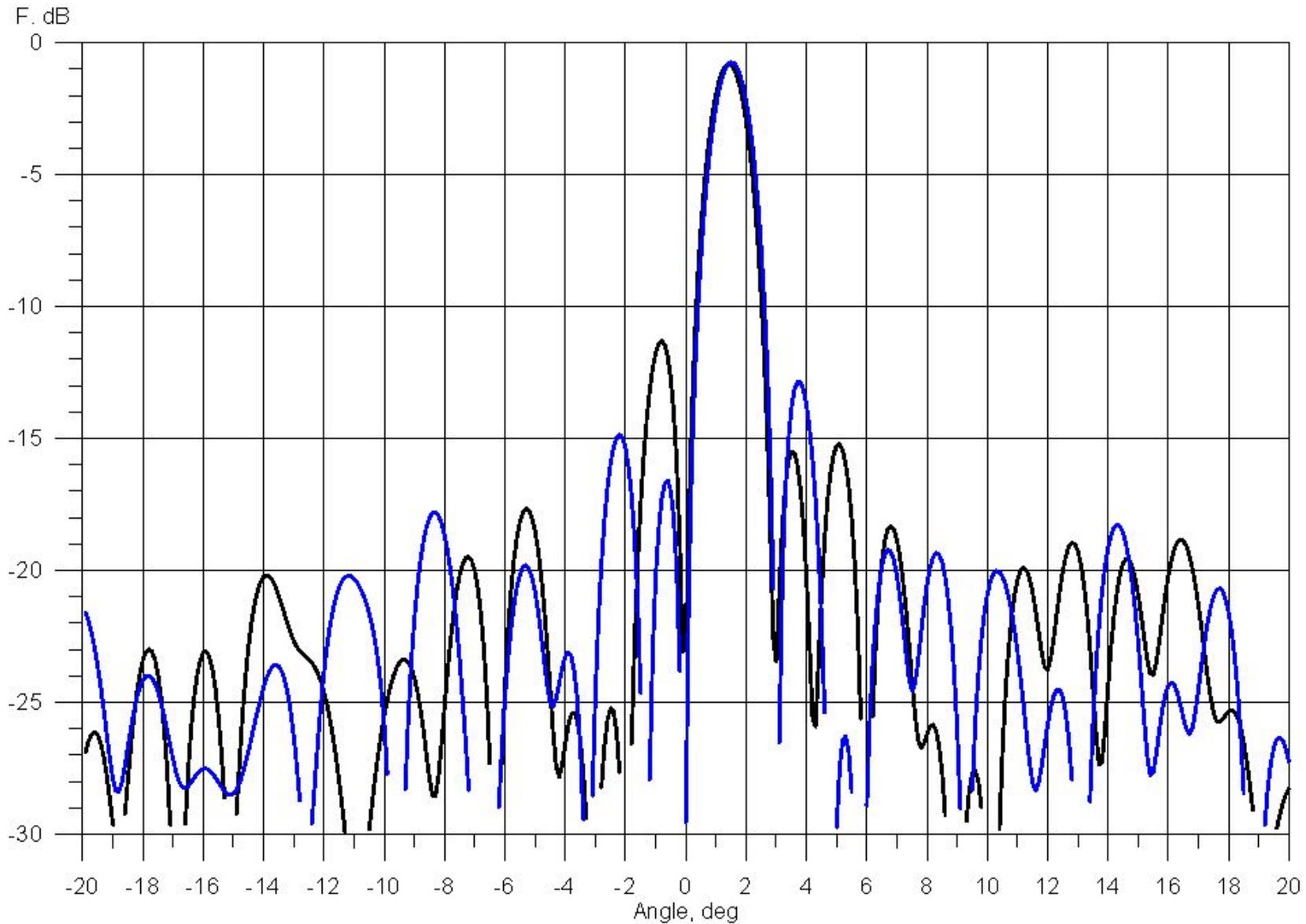
Подавление лепестков квантования



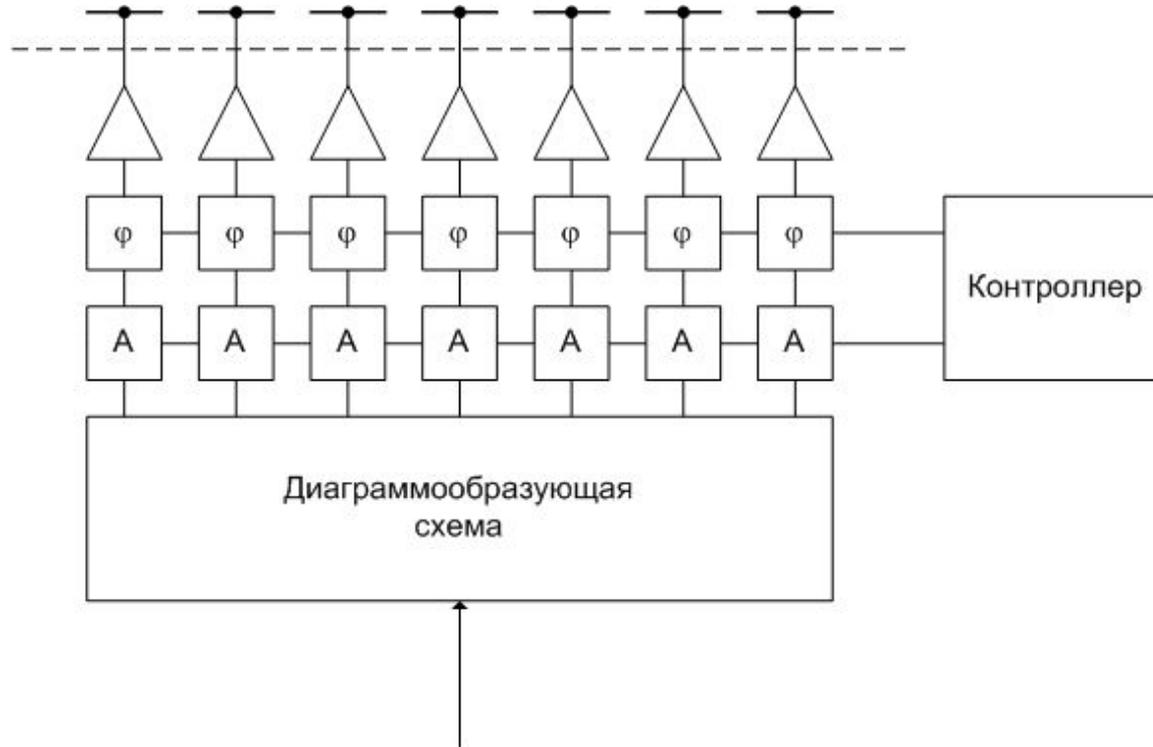
Подавление случайным шумом



Подавление случайным шумом



Фазовые набегы исходно случайны



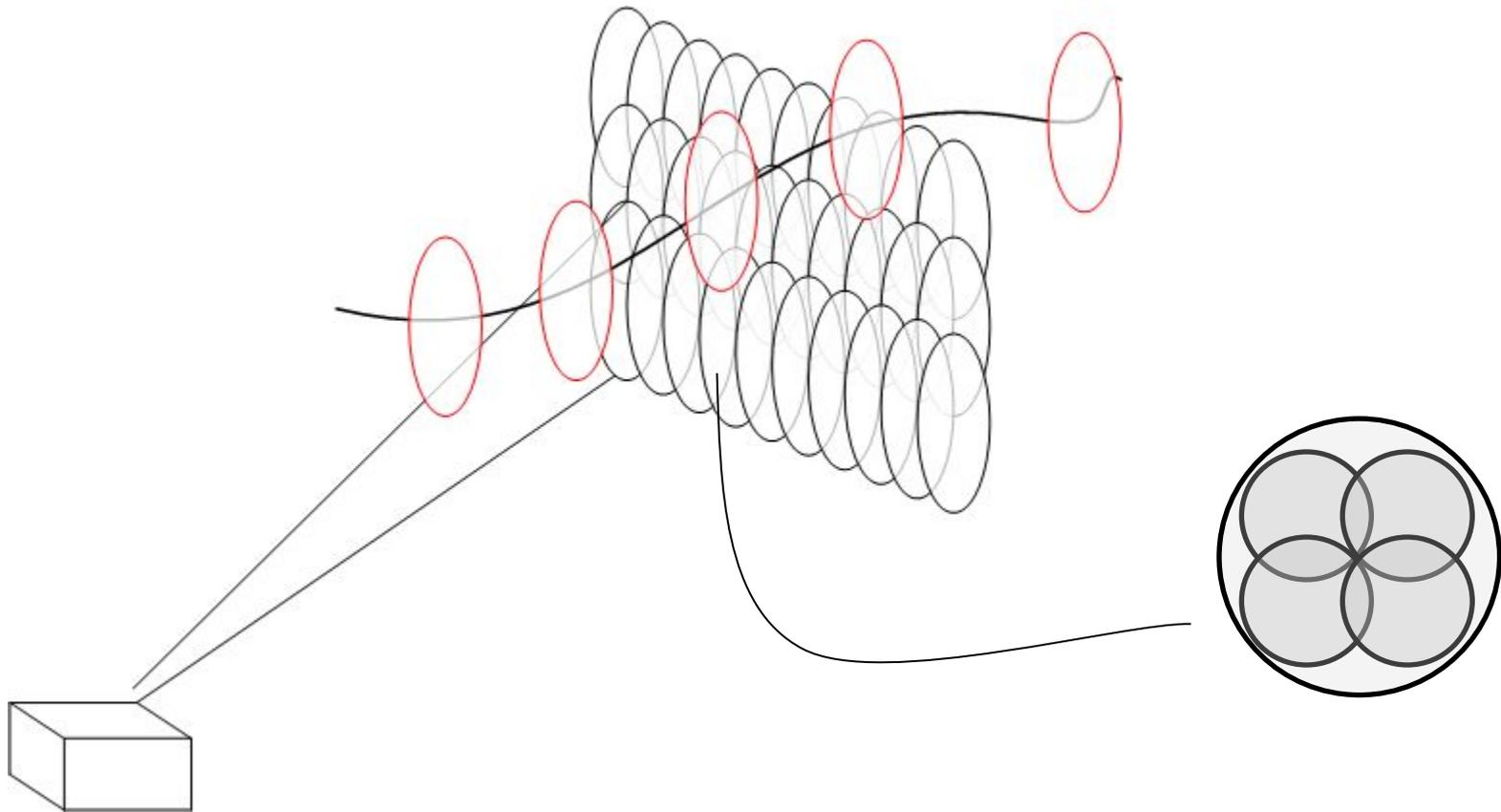
Формирование остронаправленного луча (лучей)

- Традиционные методы
- Расширение луча
- Метод Дольфа-Чебышева и др.

Традиционные методы

- Амплитуда в раскрыве ФАР точно так же влияет на форму ДН, как и амплитуда в раскрыве крупноапертурной антенны
- Все выводы теории и техники крупноапертурных антенн в могут быть в первом приближении перенесены на ФАР

Сканирование расширенным лучом



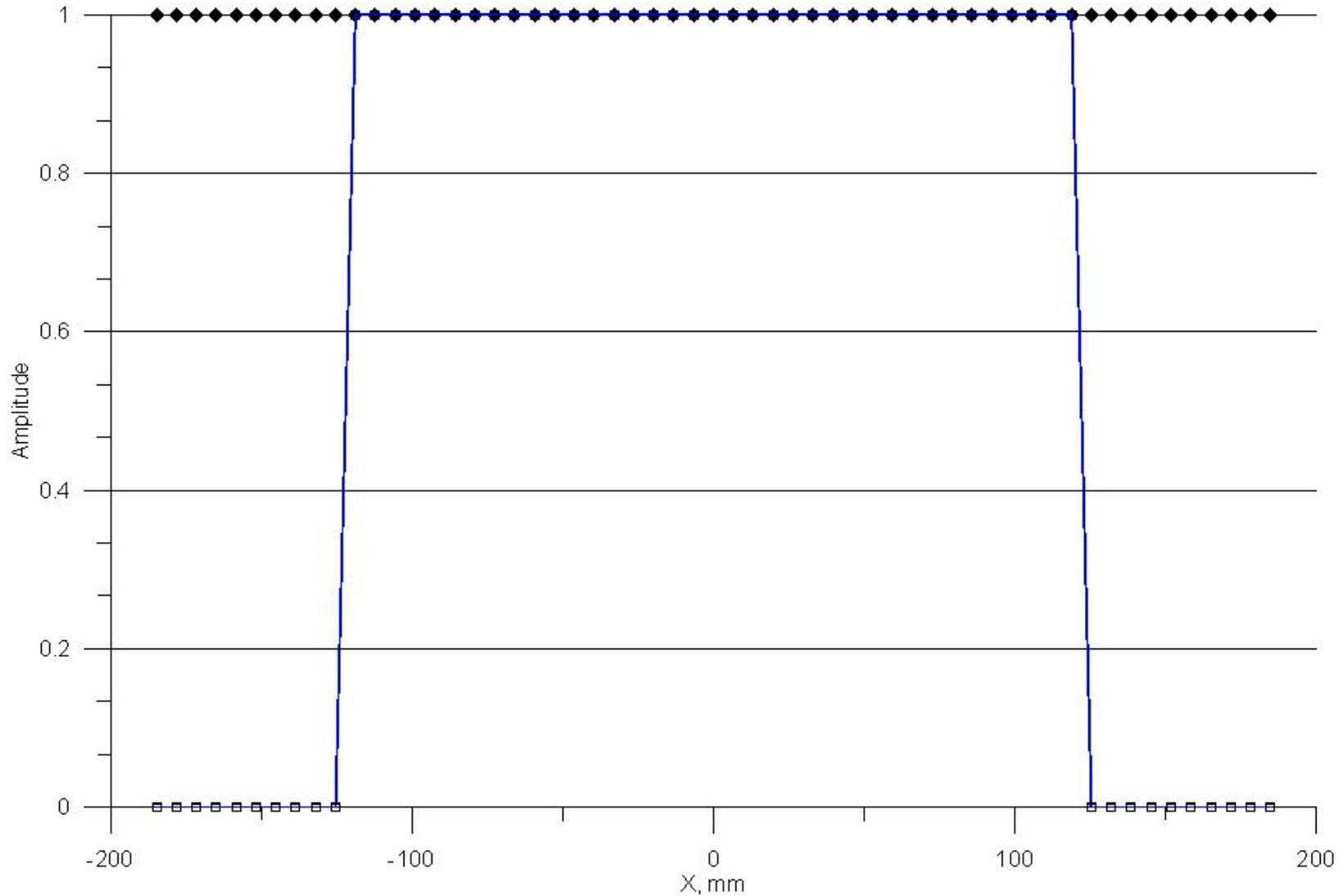
Расширение луча

(преимущественно на передачу)

- Ширина луча должна увеличиться
- Энергетика должна остаться на приемлемом уровне
- Боковые лепестки должны остаться на приемлемом уровне
- Управление должно производиться только фазой

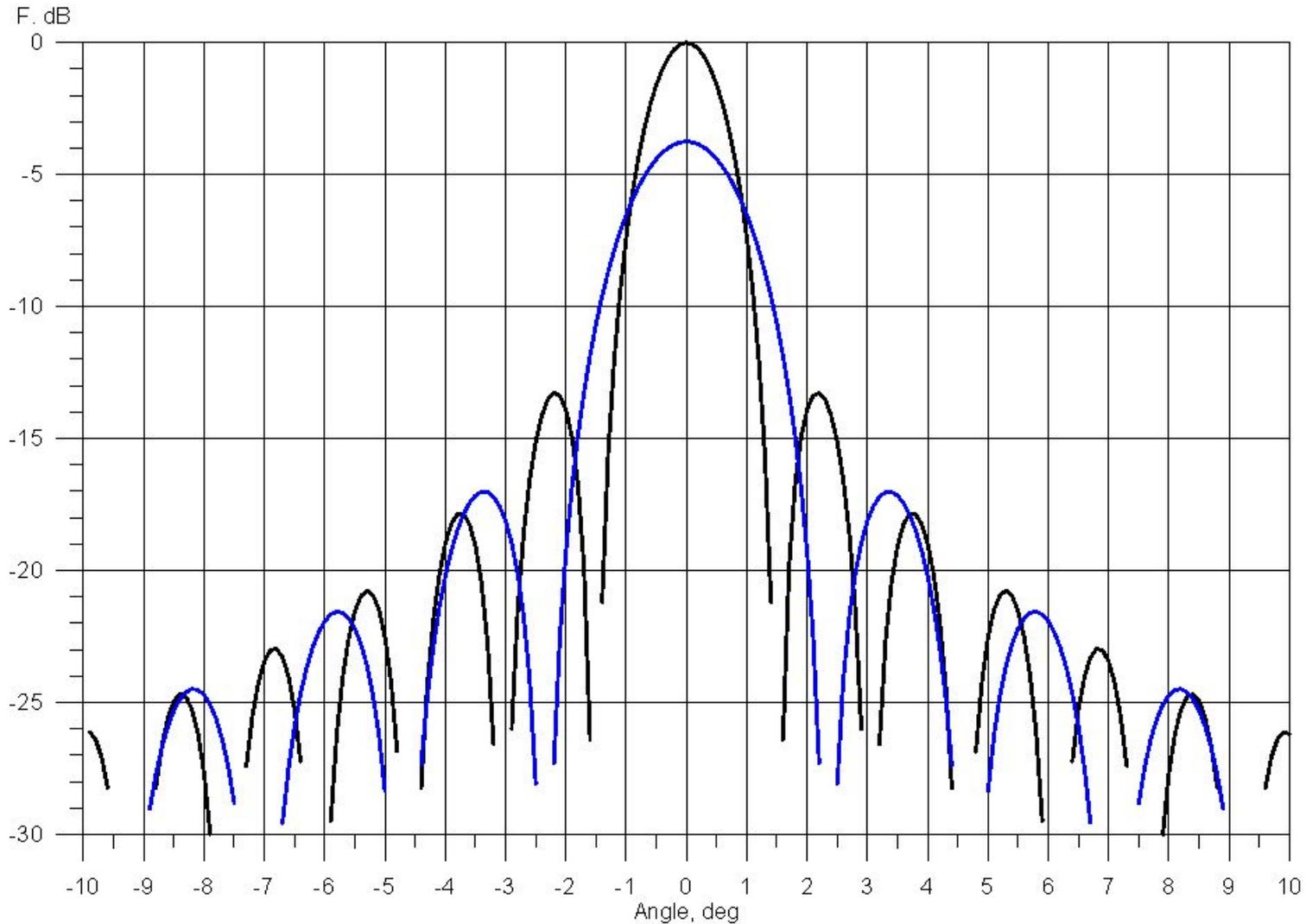
Расширение луча

методом частичного отключения элементов



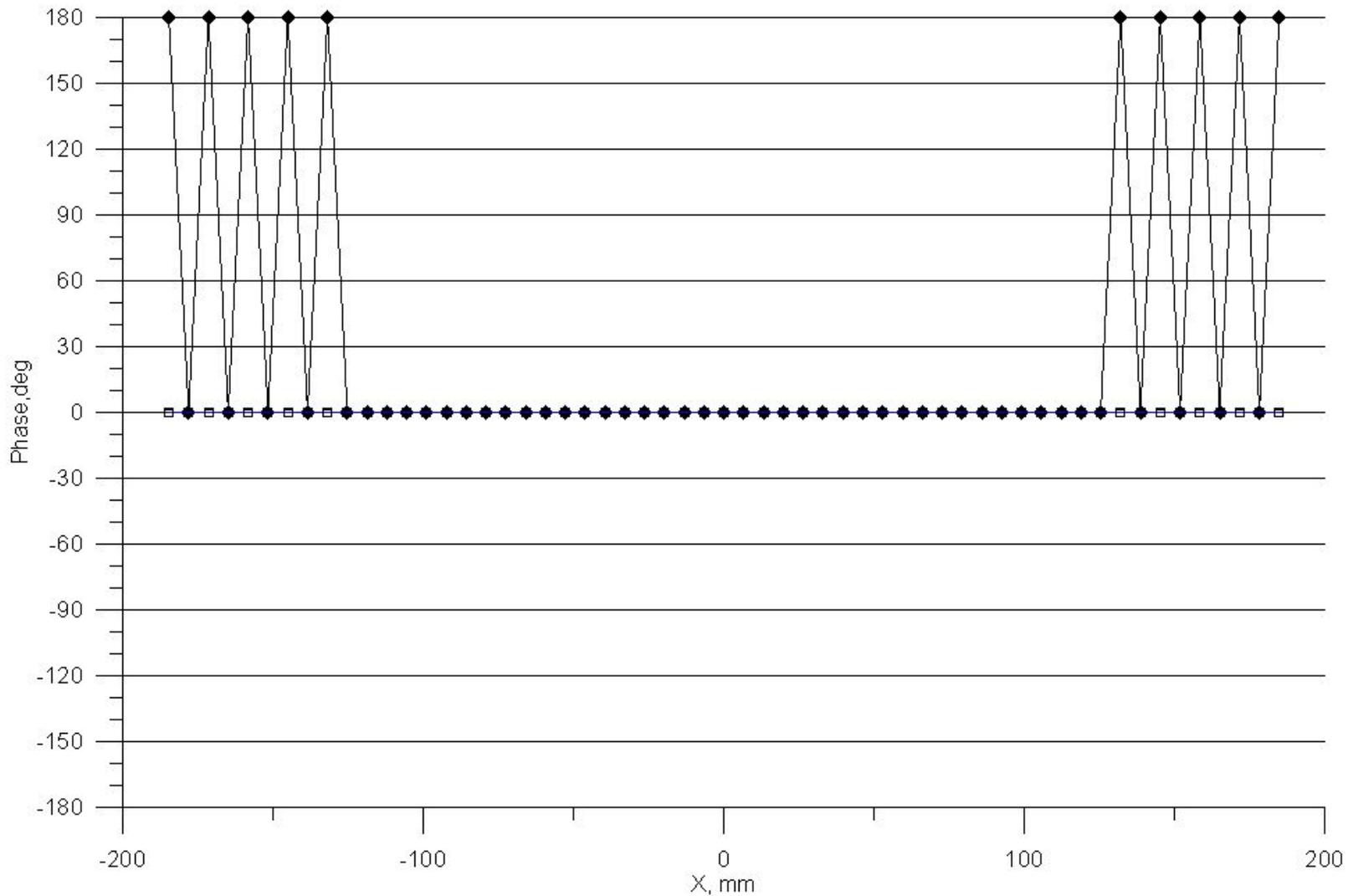
Расширение луча

методом частичного отключения элементов



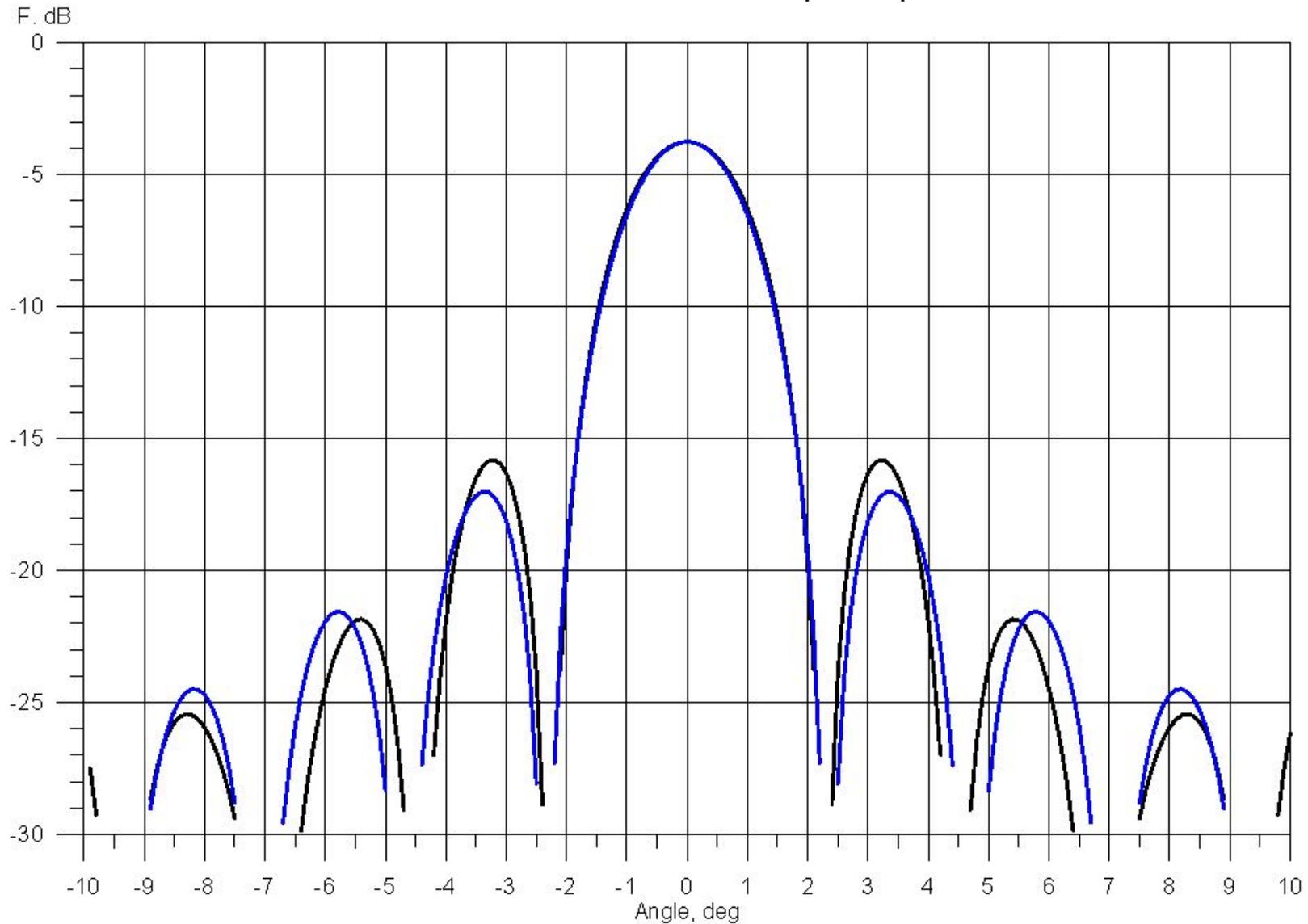
Расширение луча

методом частичной инверсии фазы



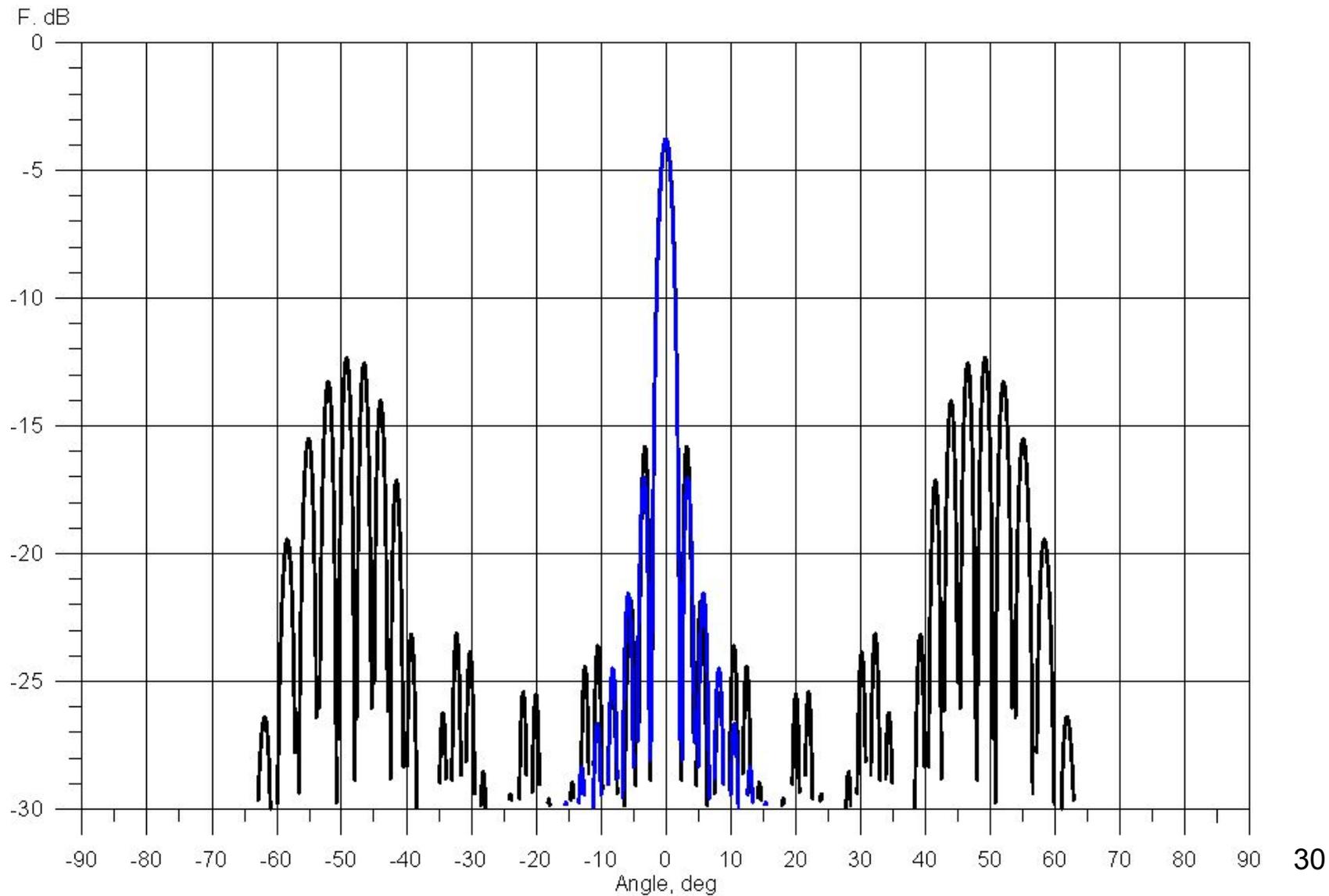
Расширение луча

методом частичной инверсии фазы



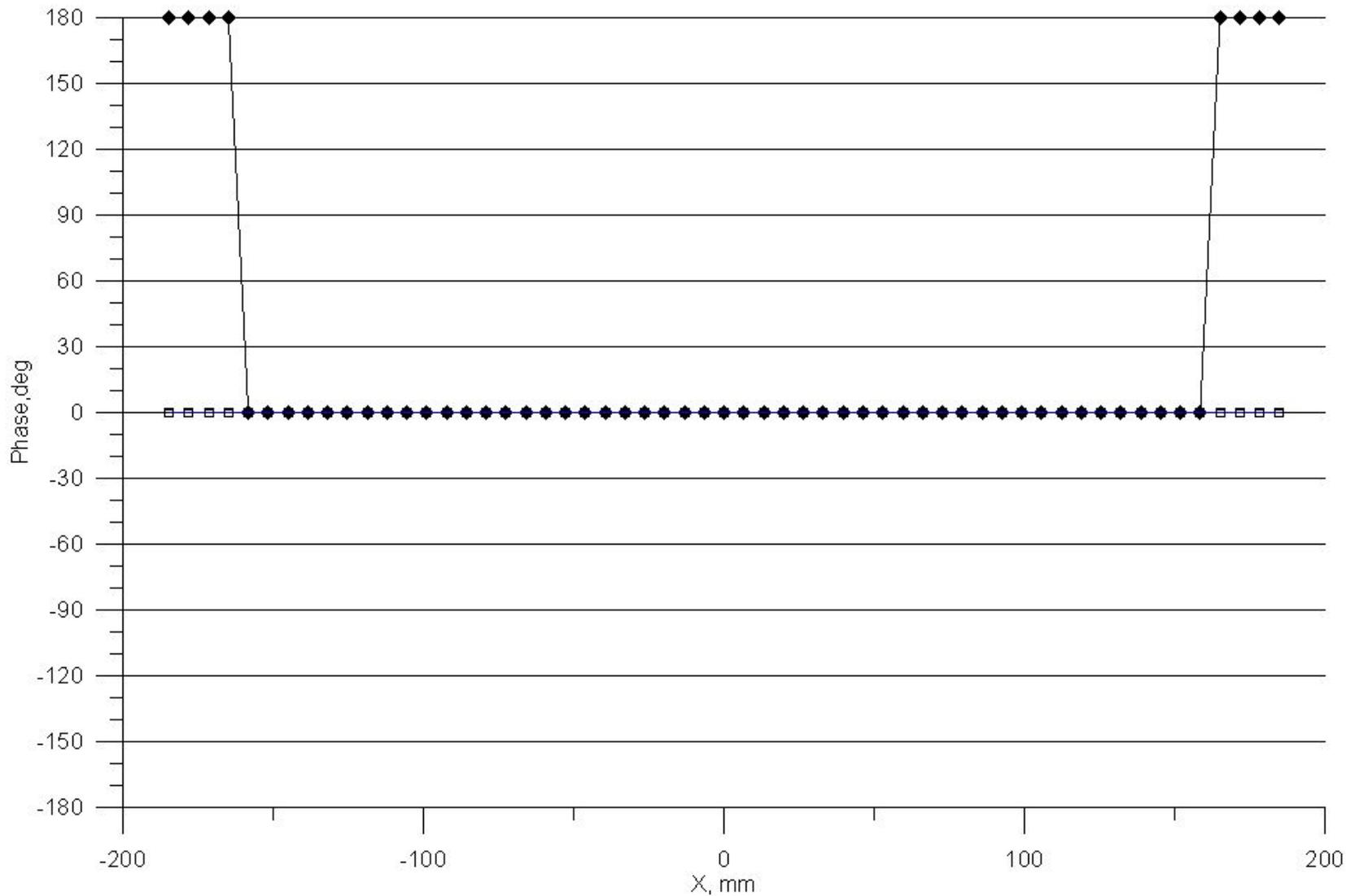
Расширение луча

методом частичной инверсии фазы



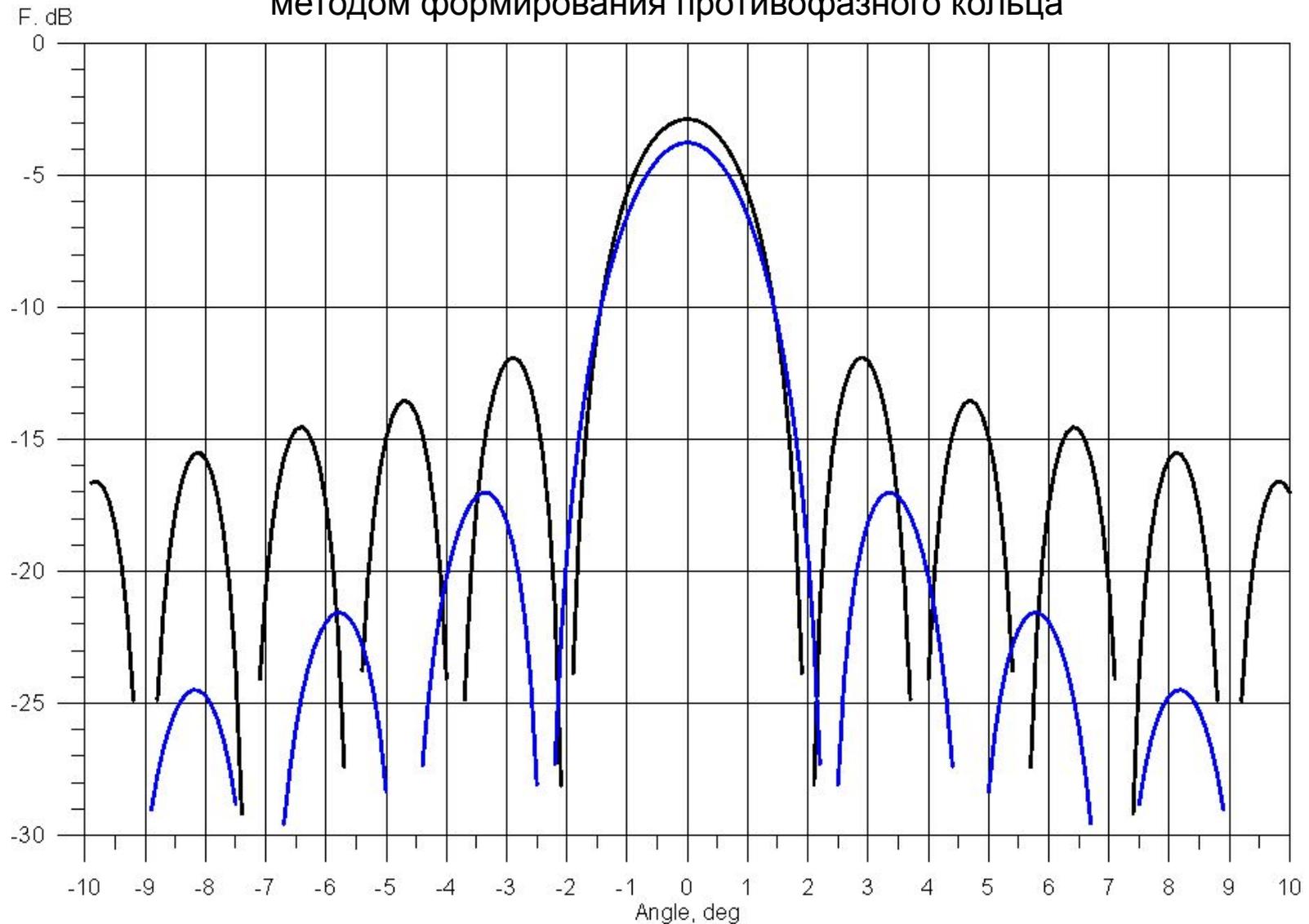
Расширение луча

методом формирования противофазного кольца



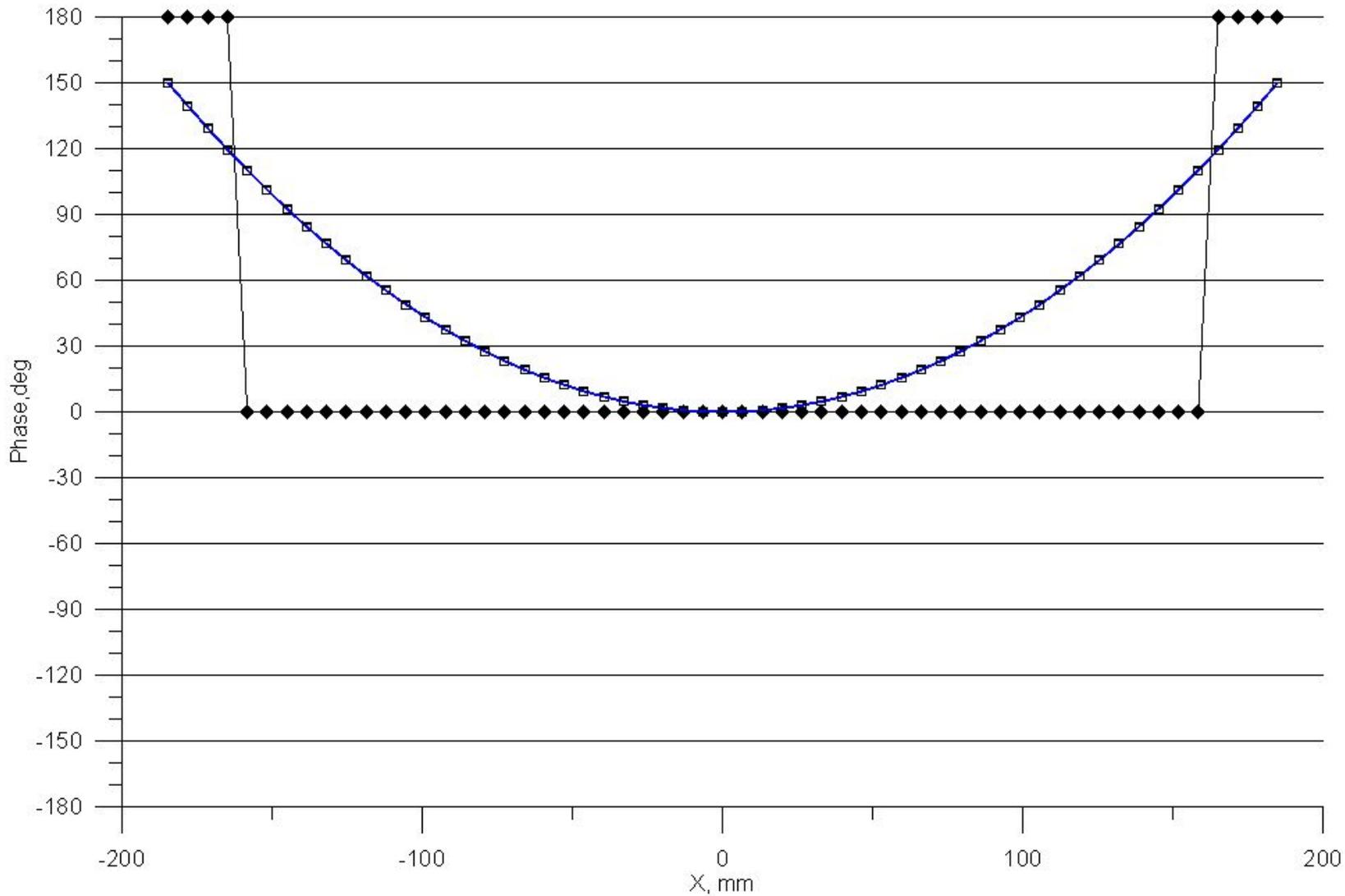
Расширение луча

методом формирования противофазного кольца



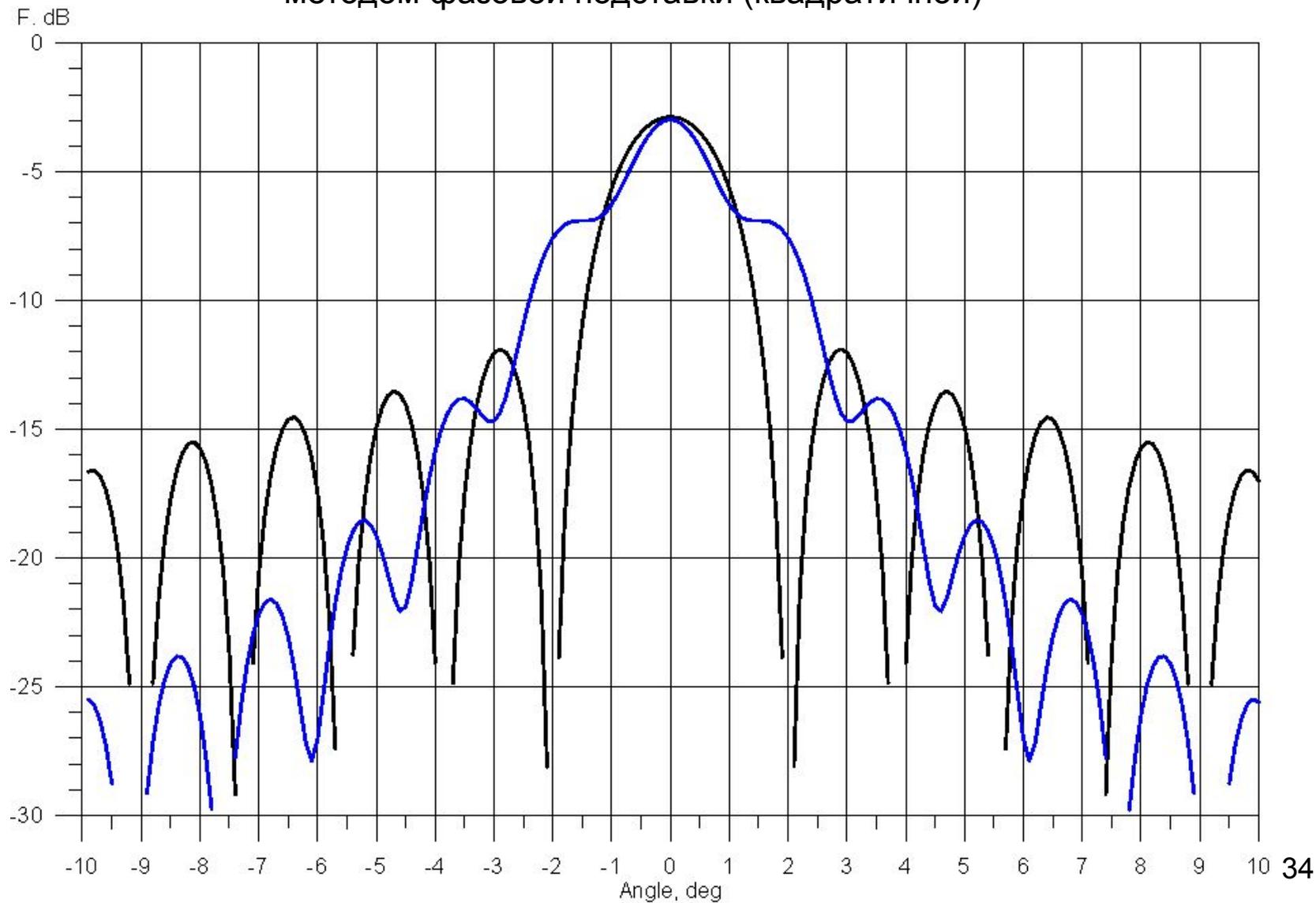
Расширение луча

методом фазовой подставки (квадратичной)



Расширение луча

методом фазовой подставки (квадратичной)

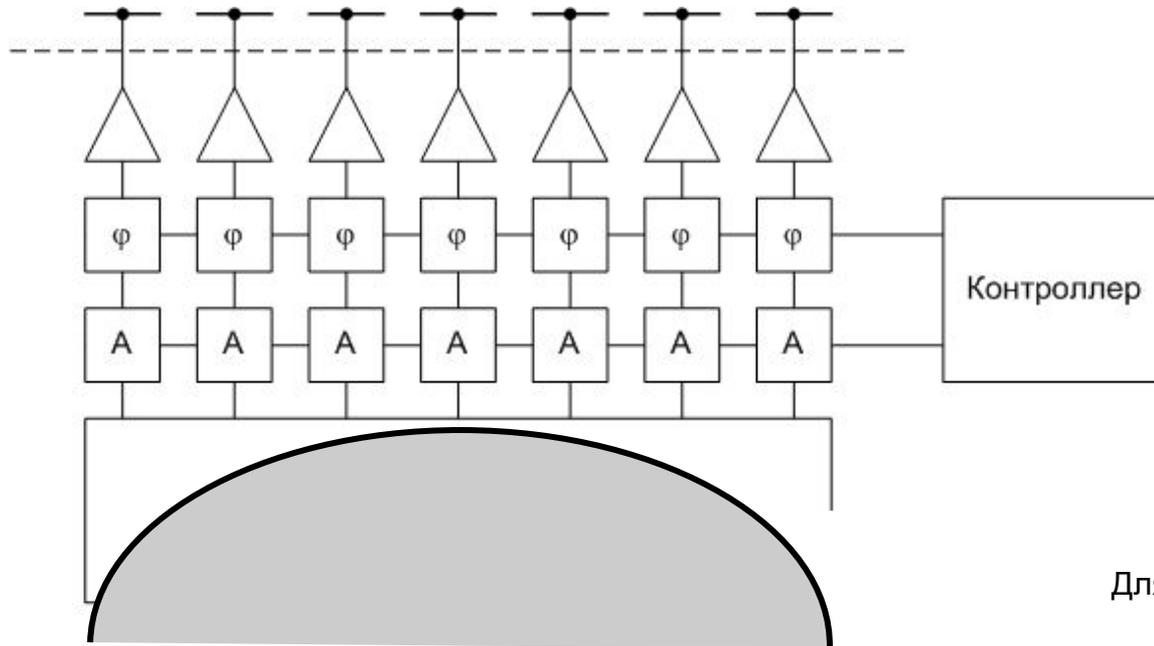


Расширение луча - выводы

- Возможно расширение луча отключением части каналов или чисто фазовым управлением
- Отключение каналов позволяет получить «чистую» форму диаграммы, но дает большой проигрыш в энергетике
- Чисто фазовые методы позволяют получить диаграммы по крайней мере не хуже по ширине и лучшие по энергетике
- Гладкое фазовое распределение потенциально дает меньший уровень бокового излучения и высокий уровень поля

- Расширение луча технически может осуществляться за счет использования фазовой маски, дополнительной к фазовому распределению, вычисляемому для отклонения луча.

Формула для управления фазой



Дополнительный фазовый набег
(начальная фаза)

Для когерентного суммирования с
расширением

$$\Psi_n = \frac{2\pi}{\lambda} (ux_n + vy_n) - \Psi_n^0 + \Psi_n^{wide}$$

Вместе с членом начальной фазы появляется
фазовая маска для расширения луча

«Другие» методы диаграммоформирования

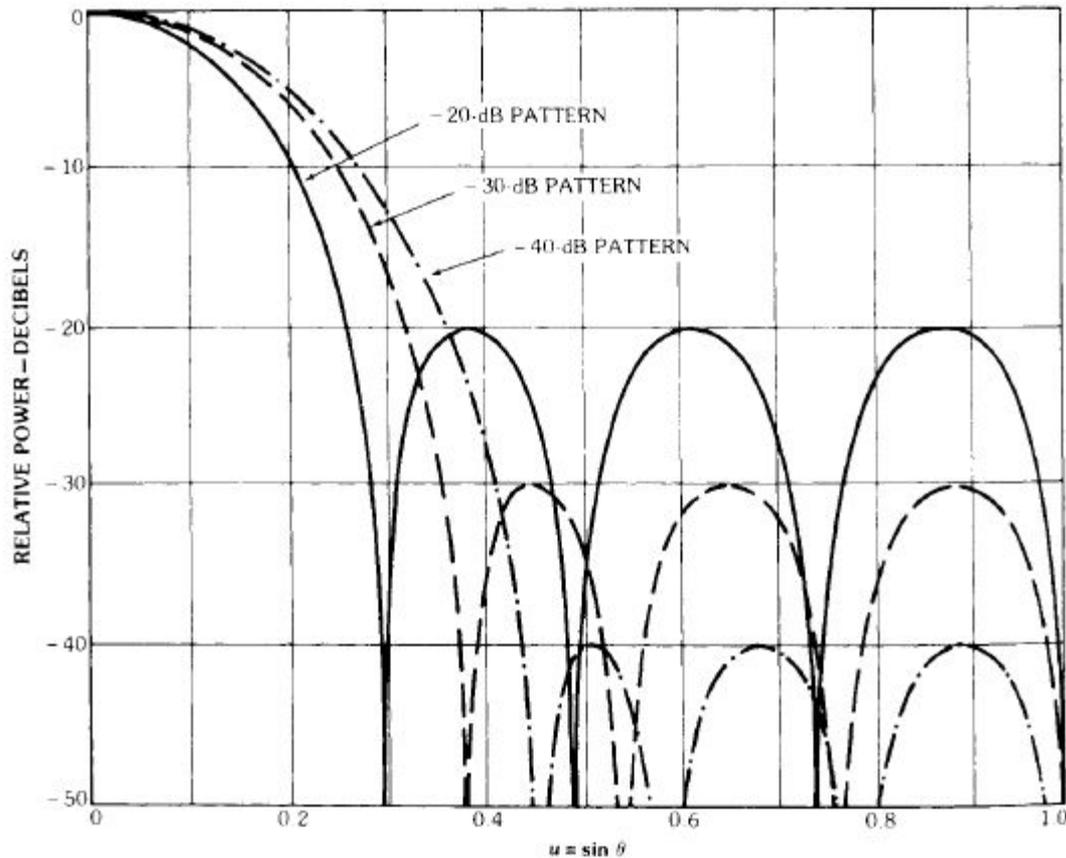
Монография Мэйлу упоминает следующие методы:

- Метод преобразования Фурье
- Представление Щелкунова
- Метод парциальных диаграмм
- Синтез по Дольфу-Чебышеву
- Синтез по Тэйлору
- ... и др

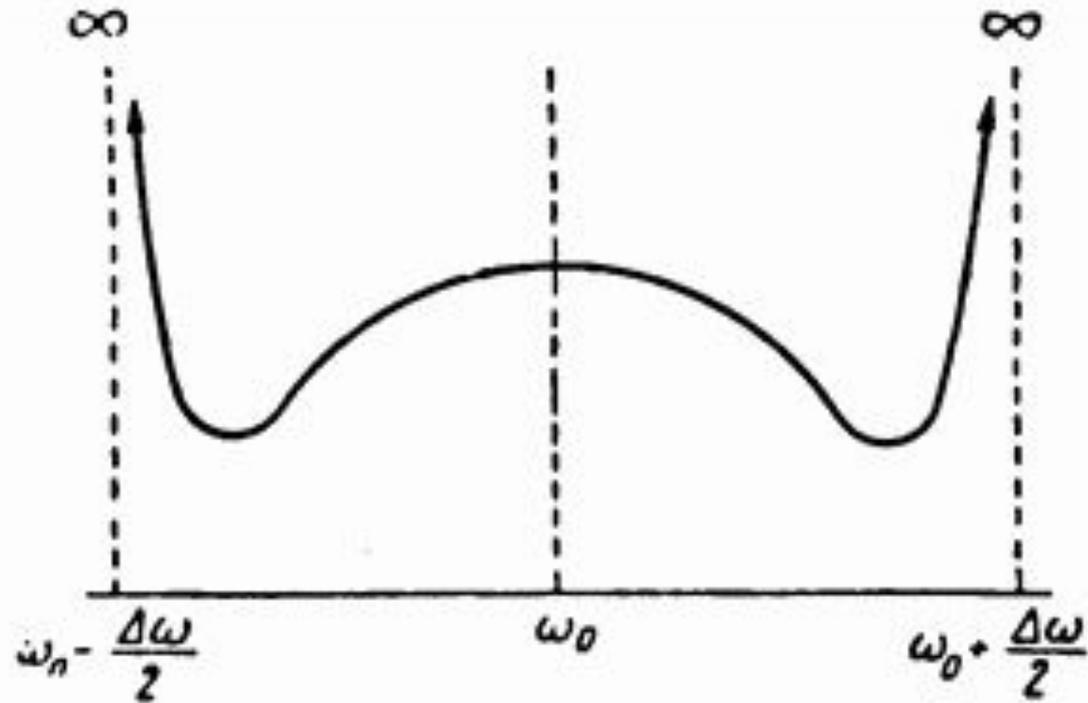
Синтез по Дольфу-Чебышеву

- Впервые предложена Дольфом
- Использует полиномы Чебышева
- Обеспечивает самый узкий луч при заданном уровне равномерного бокового излучения

Синтез по Дольфу-Чебышеву



Синтез по Дольфу-Чебышеву



Синтез по Дольфу-Чебышеву

- «Самый узкий луч» не значит «самый высокий КНД»
- Для больших антенн равномерный уровень БИ – это недостаток, а не благо