

Современные методы и средства измерения характеристик антенн

**Измерения во
временной области**

**Измерения в
частотной области**

**Методы
дальней зоны**

Открытые
полигоны

Безэховые
камеры

Лабораторные
помещения

**Методы
квазидальней
зоны**

Коллиматоры

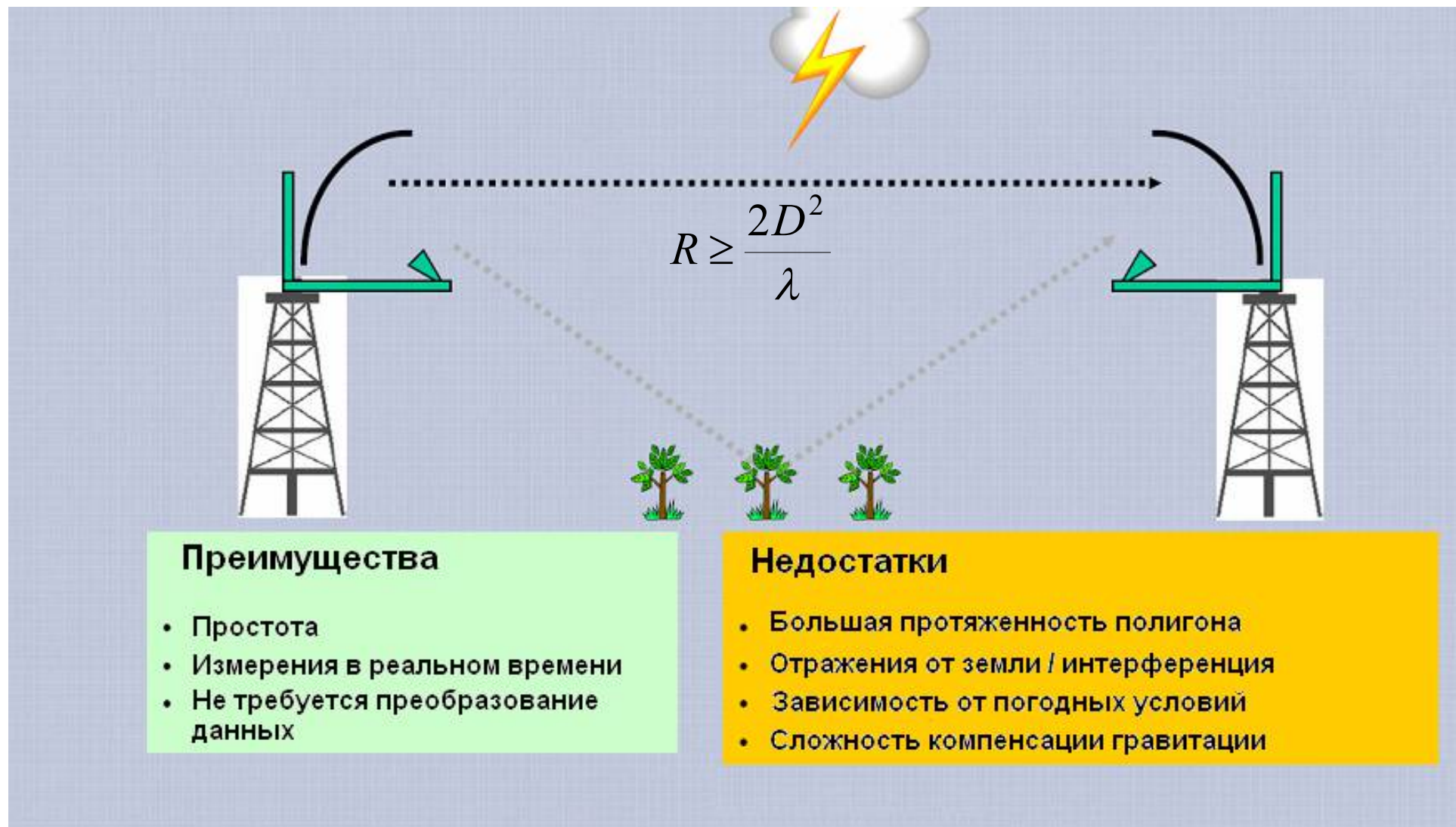
**Методы
ближнего поля**

Плоский сканер

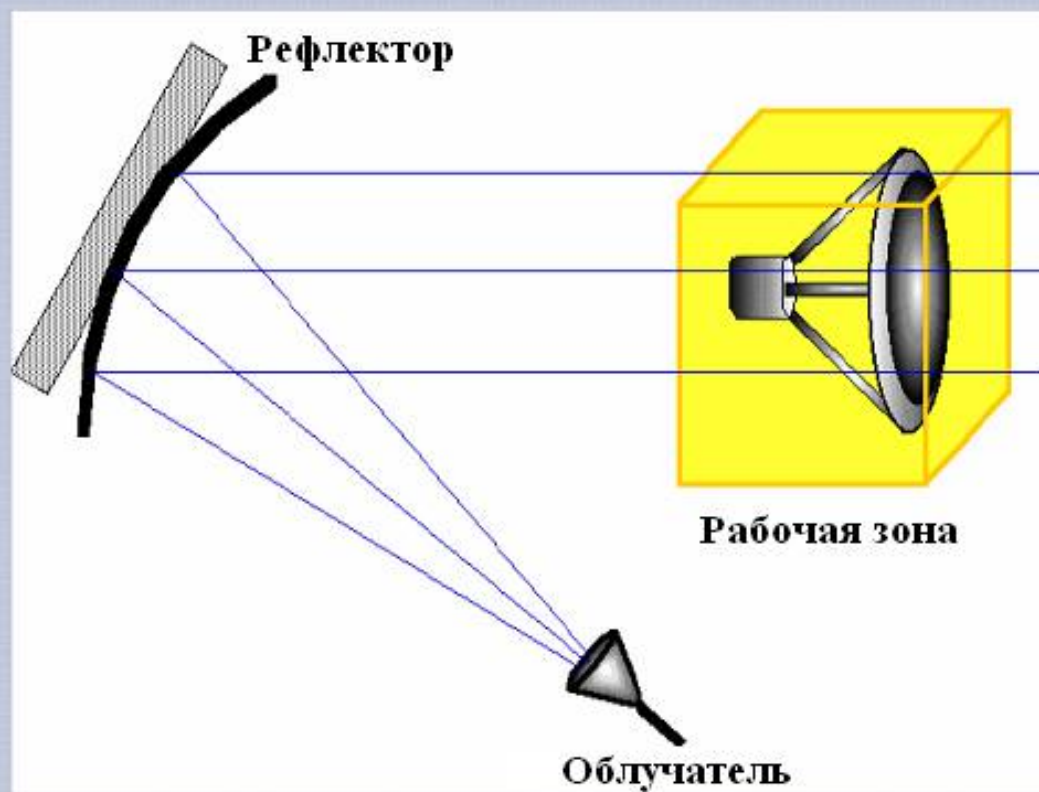
Цилиндрический
сканер

Сферический
сканер

Измерения в дальней зоне



Измерения в коллиматоре



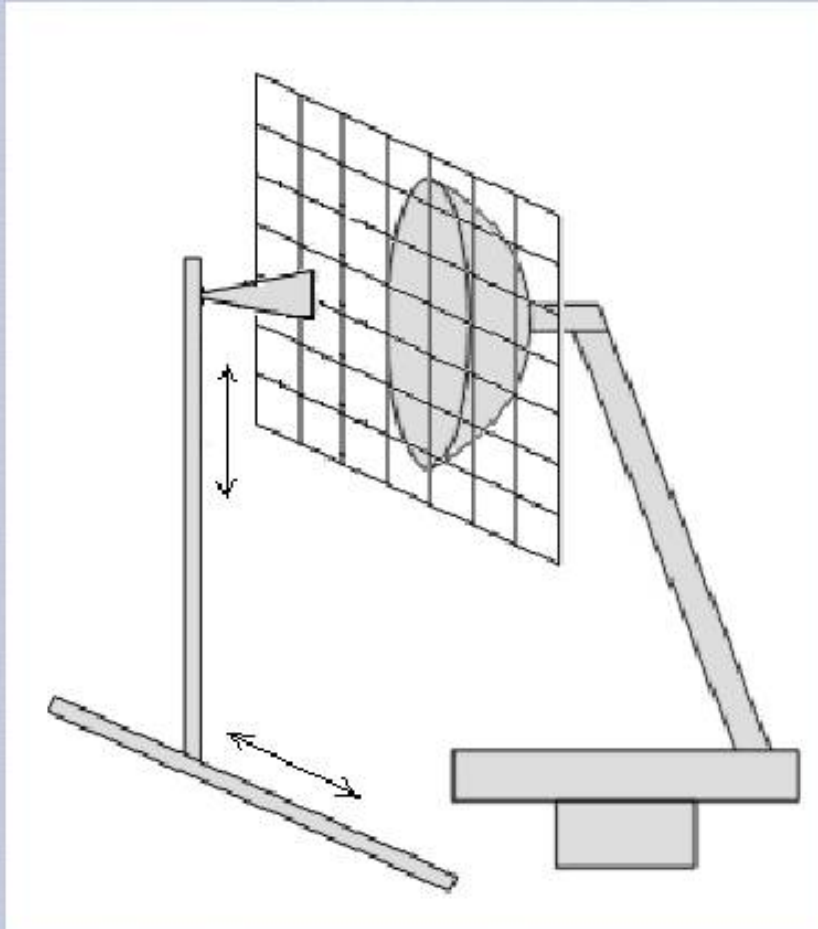
Преимущества

- Прямые измерения в квазидальней зоне
 - Измерения в реальном времени
 - Не требуется преобразование данных
- Измерения на малых расстояниях (< 25 м):
 - Низкие потери в пространстве
- Точные измерения (1 - 100 ГГц)
- Измерения в помещении:
 - Независимость от погоды
 - Круглосуточная работа
 - Измерения в "чистой зоне"

Ограничения/ Недостатки

- Ограничения частотного диапазона:
 - < 500 МГц (дифракция)
 - > 100 ГГц (точность поверхности рефлектора)
- Прямое облучение антенны
- Сложность компенсации гравитации

Измерения в ближней зоне



Преимущества

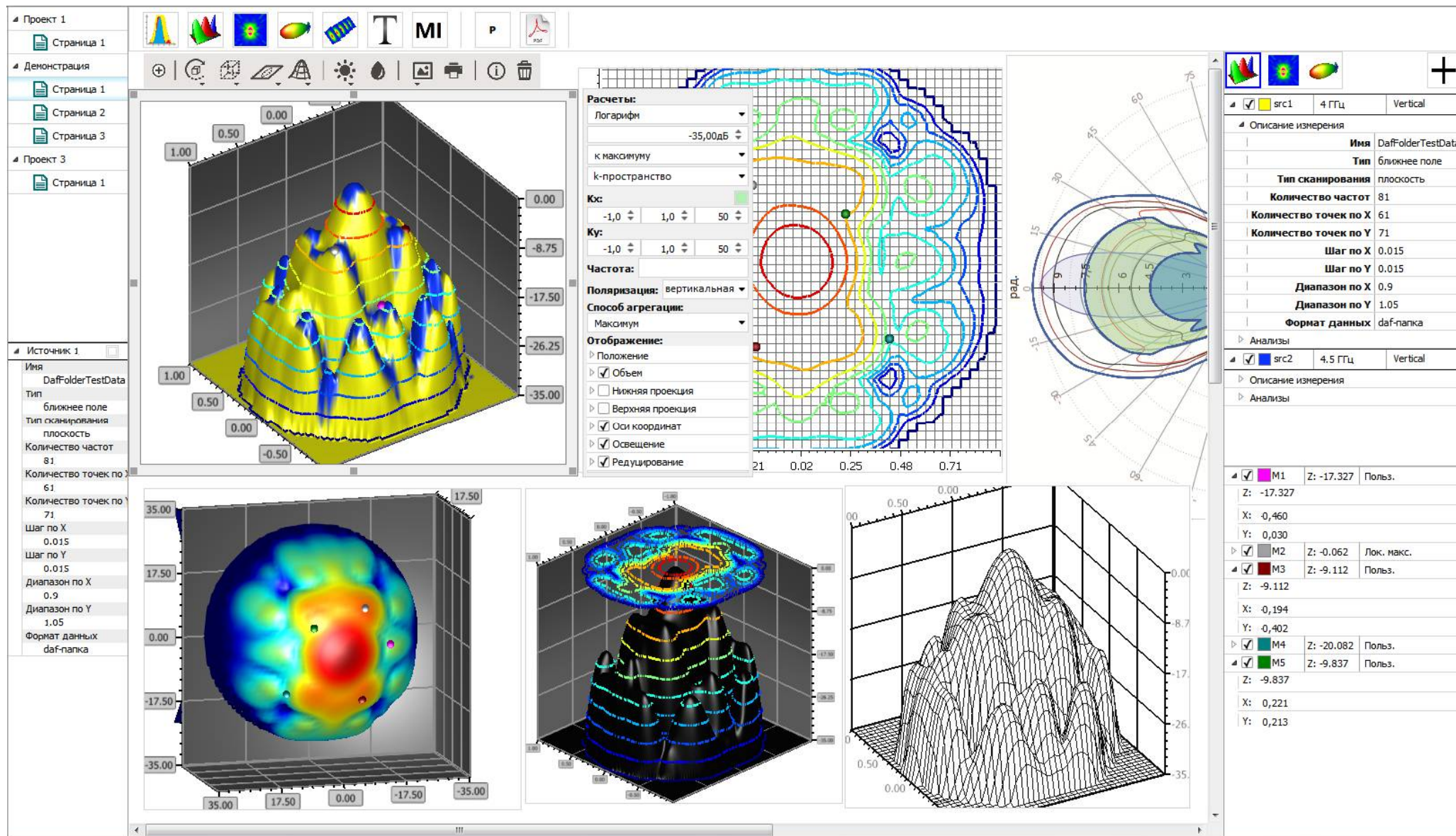
- Точные измерения (до ~ 50 Гц)
- Измерения на малых расстояниях:
 - Низкие потери в пространстве
 - Низкие переотражения
- Измерения в помещении:
 - Независимость от погоды
 - Круглосуточная работа
 - Измерения в "чистой зоне"
- Компенсация гравитации

Ограничения/ Недостатки

- Необходимость преобразования данных
- Измерения не в реальном времени
- Связь между зондом и антенной
- Ограничение частоты до ~50 ГГц (точность позиционирования ограничивает точность измерения фазы)

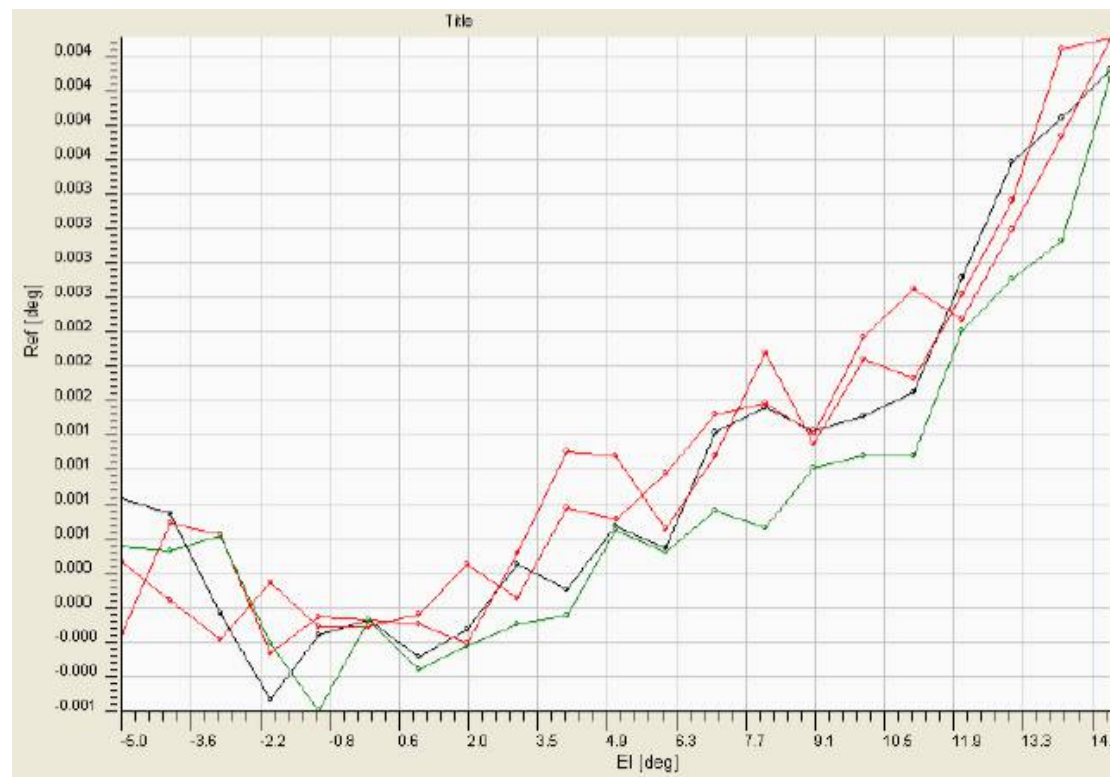
Состав измеряемых параметров:

- амплитудные и фазовые ДН по основной и кроссовой поляризации(объемные и сечения);
- поляризационные ДН;
- коэффициент усиления;
- ЭИИМ;
- КНД;
- коэффициент эллиптичности;
- угол наклона поляризационного эллипса;
- уровень кроссполяризационной развязки;
- координаты ФЦ;
- ширина луча по заданному уровню;
- направление максимума ДН по заданному уровню;
- пересчет в круговой базис;
- пересчет и отображение в разных системах координат;
- восстановление АФР в апертуре антенны;
- расчет ближнего поля в заданной области пространства и пр.





ОПУ дальней зоны 2.5 км

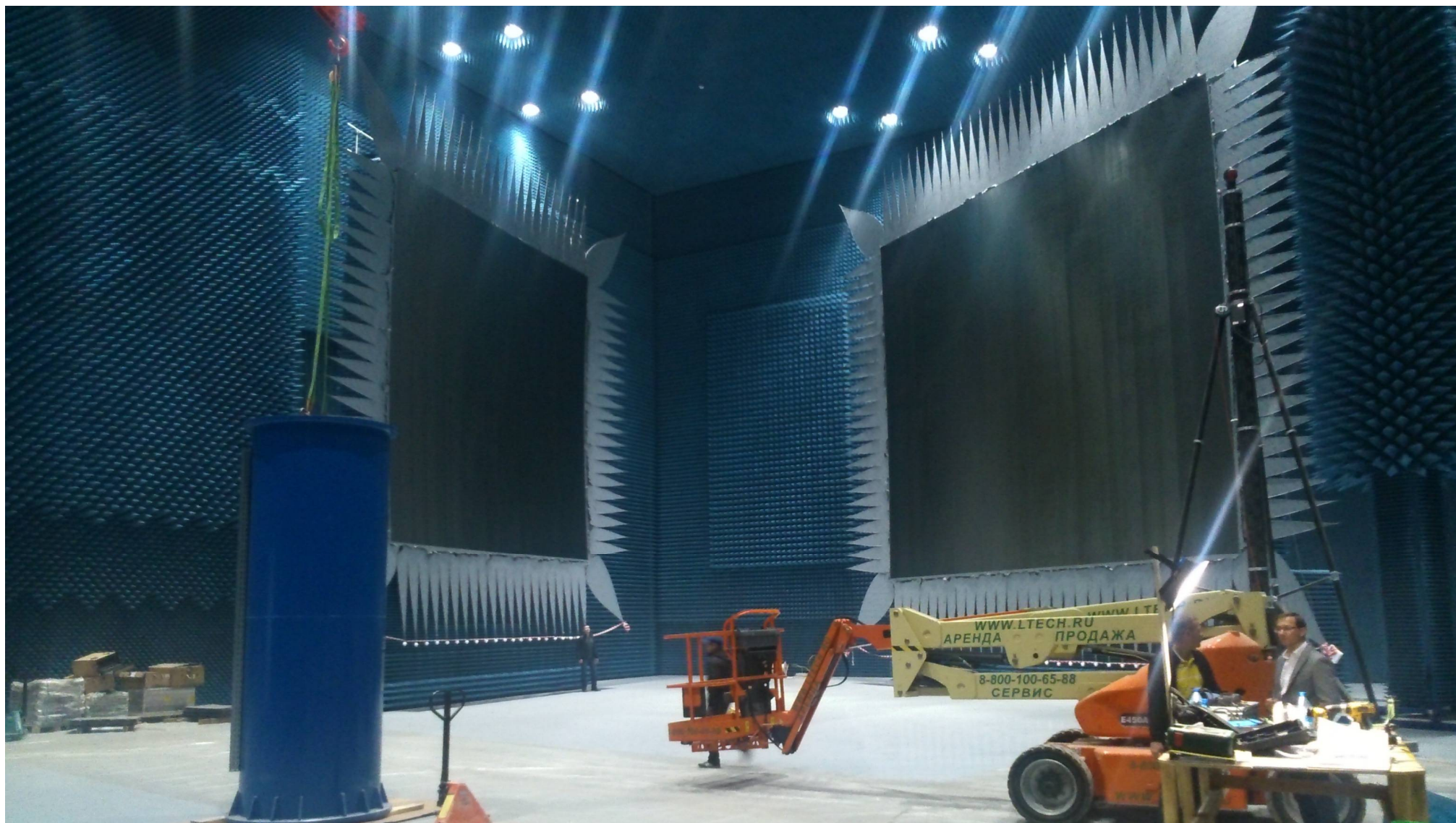


Точность позиционирования при нагрузке
1200 кг*м:

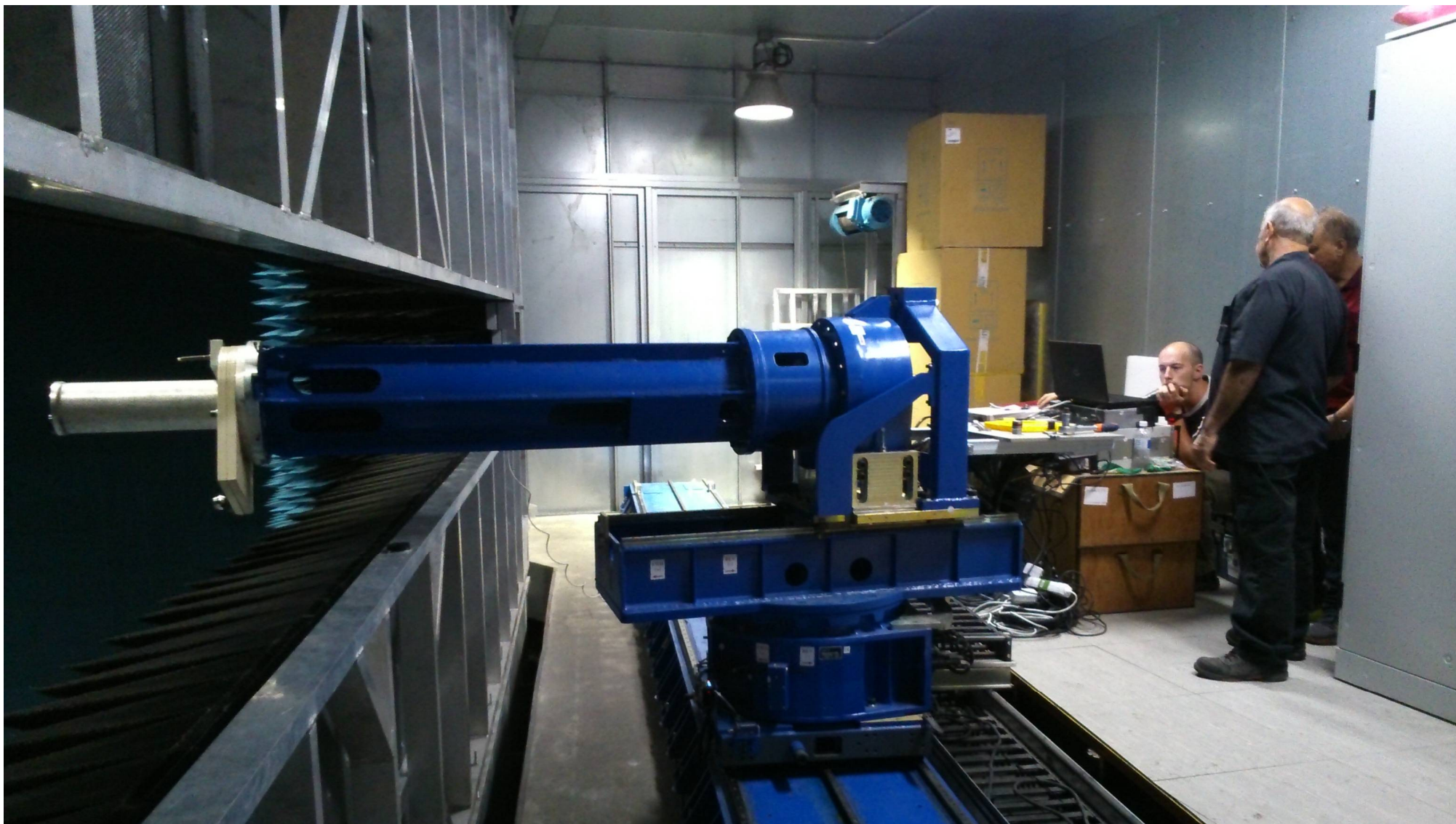
Азимут ($-10^{\circ} \dots +10^{\circ}$): $\pm 0.0015^{\circ}$

Элевация ($-5^{\circ} \dots +15^{\circ}$): $\pm 0.0025^{\circ}$

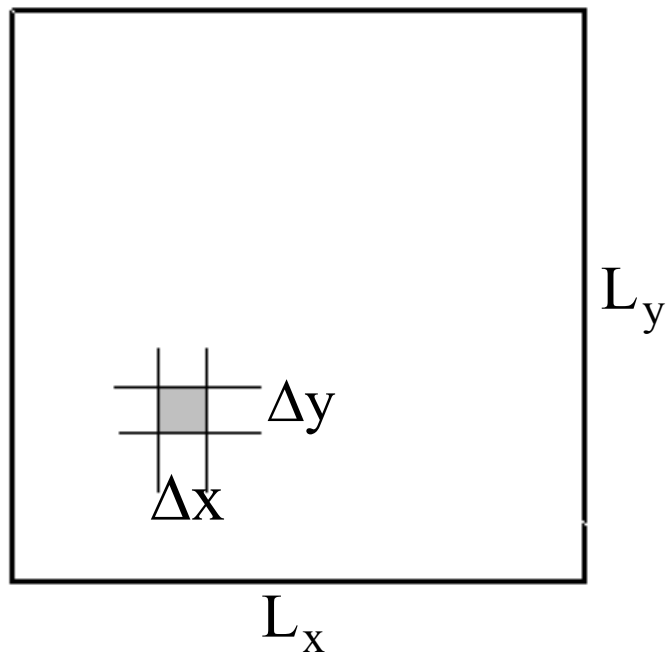
Двухзеркальный коллиматор ССР 120/100



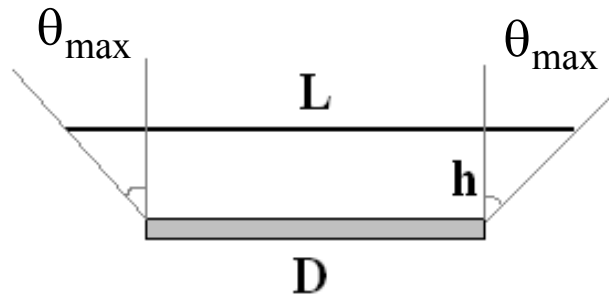
Двухзеркальный коллиматор CCR 120/100



Измерения в ближней зоне (сканирование на плоскости)



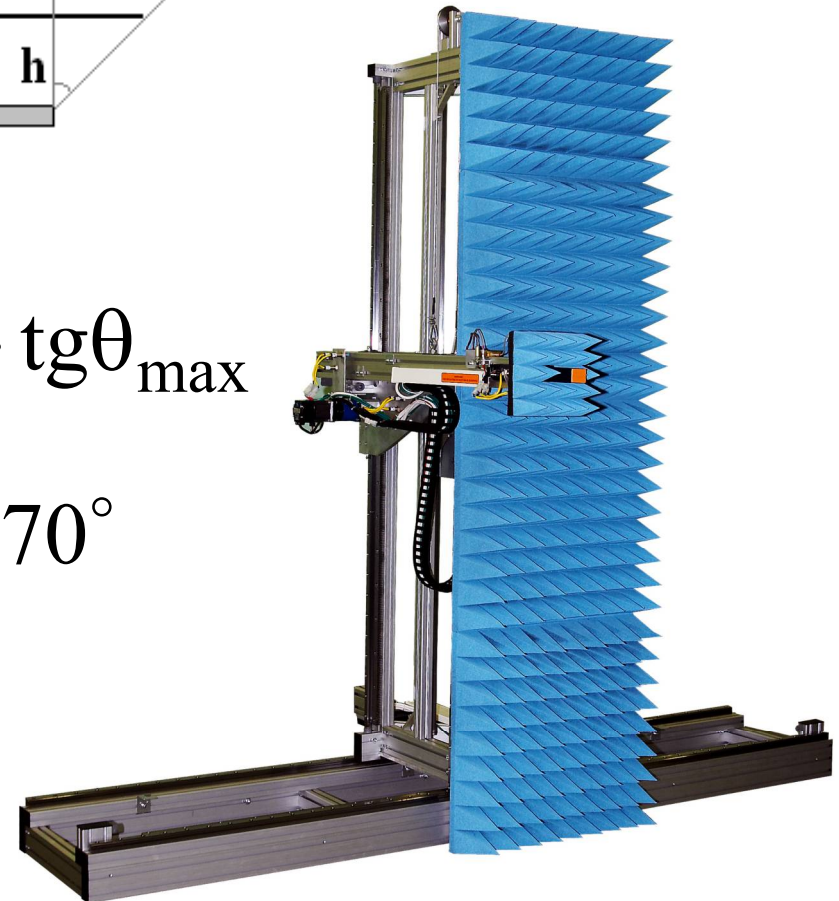
$$\Delta x = \Delta y \leq \frac{\lambda}{2}$$



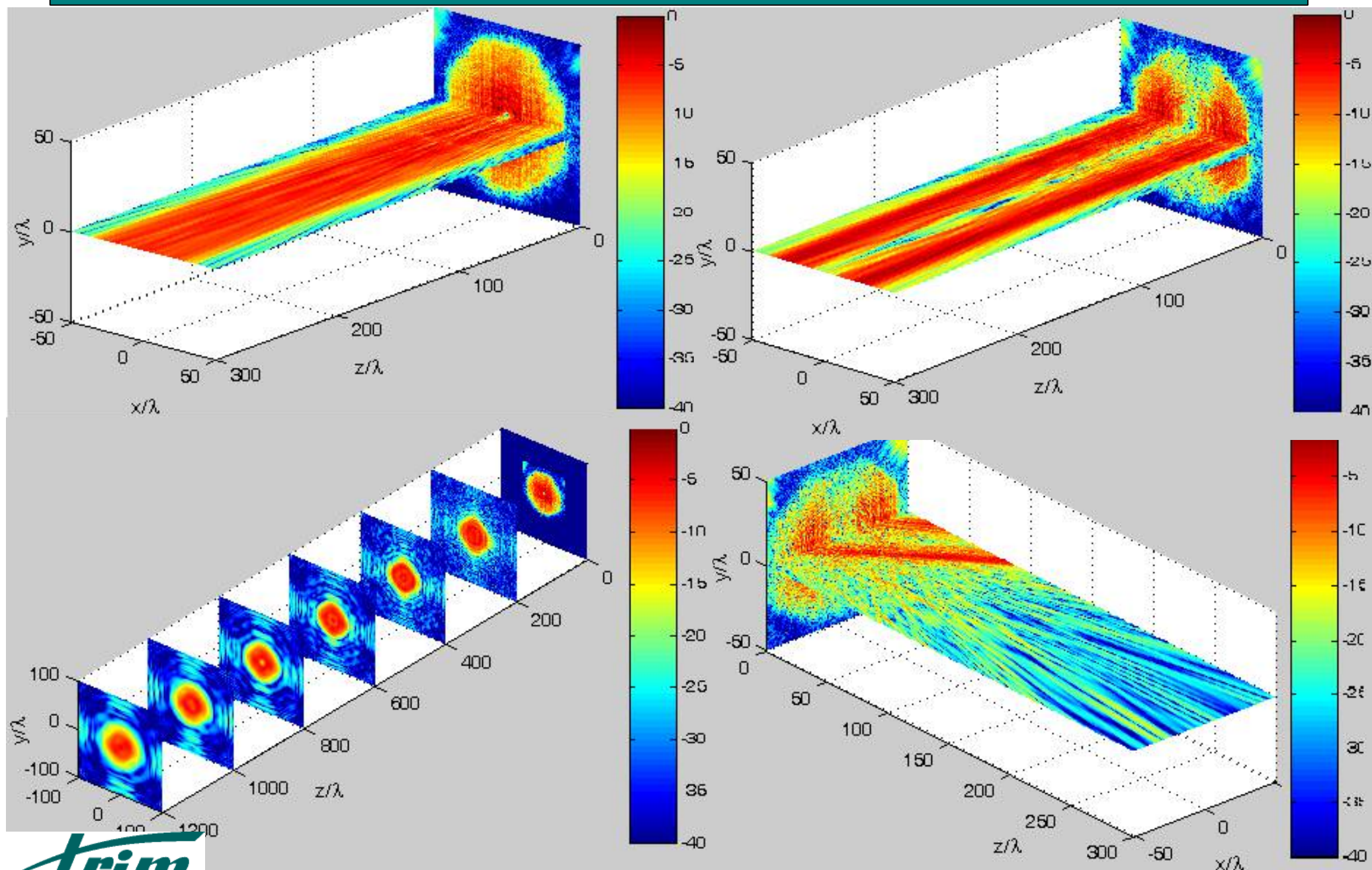
$$L > D + 2h \cdot \operatorname{tg} \theta_{\max}$$

$$\theta_{\max} = 60 \dots 70^\circ$$

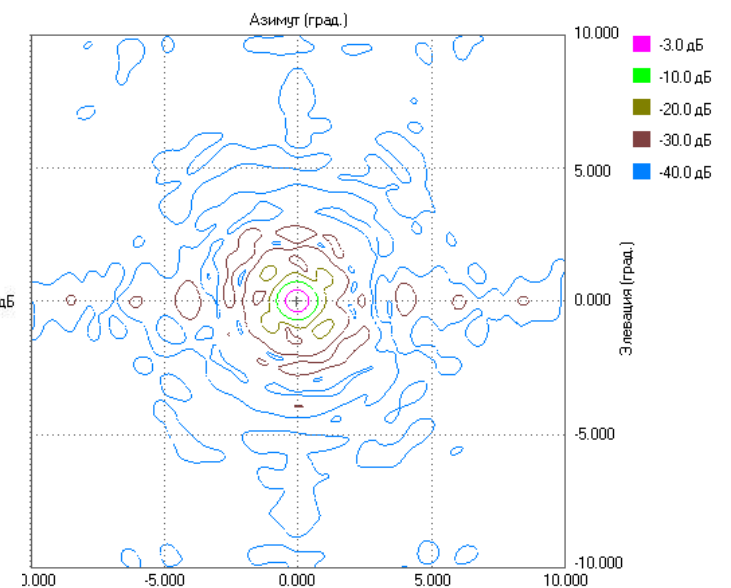
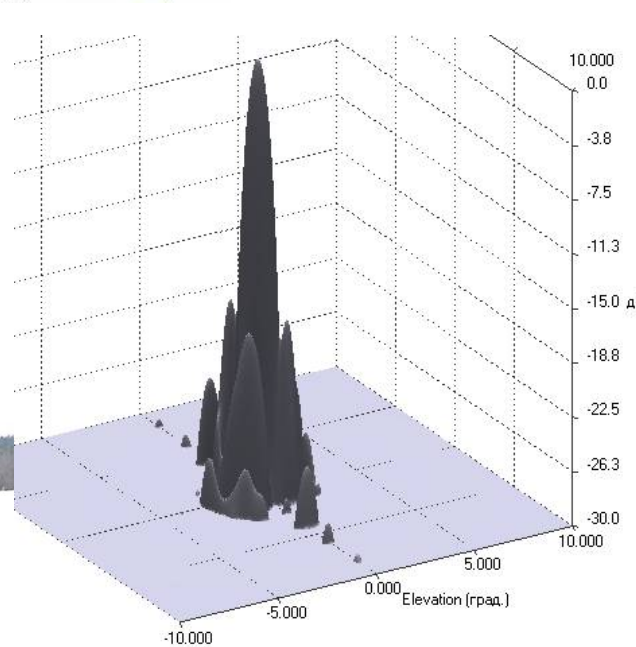
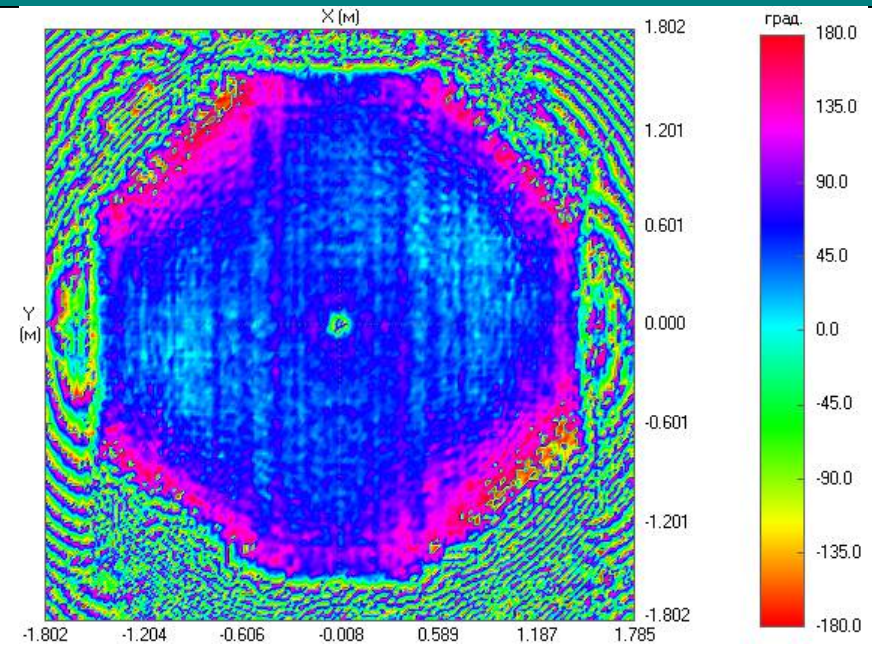
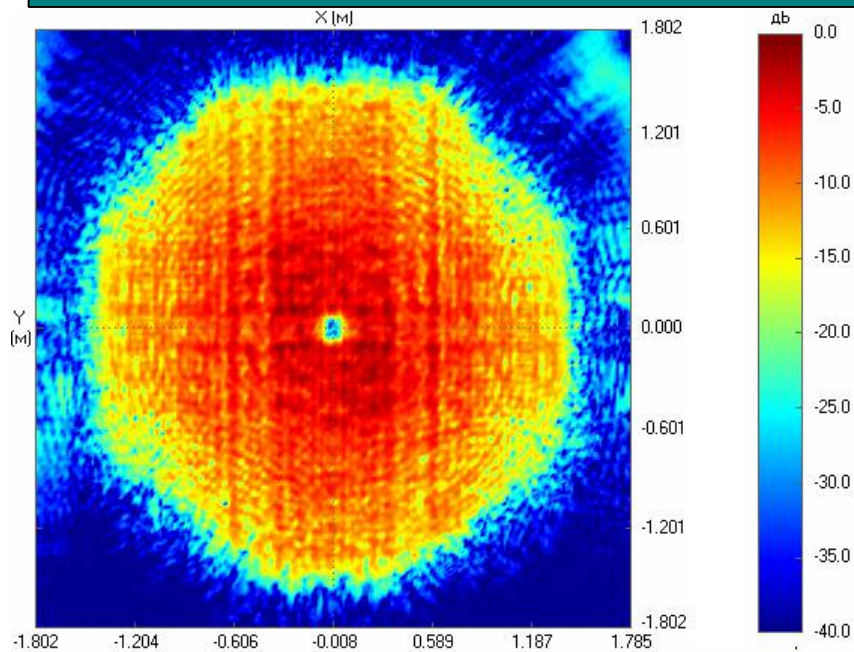
$$h = (3 \dots 5)\lambda$$

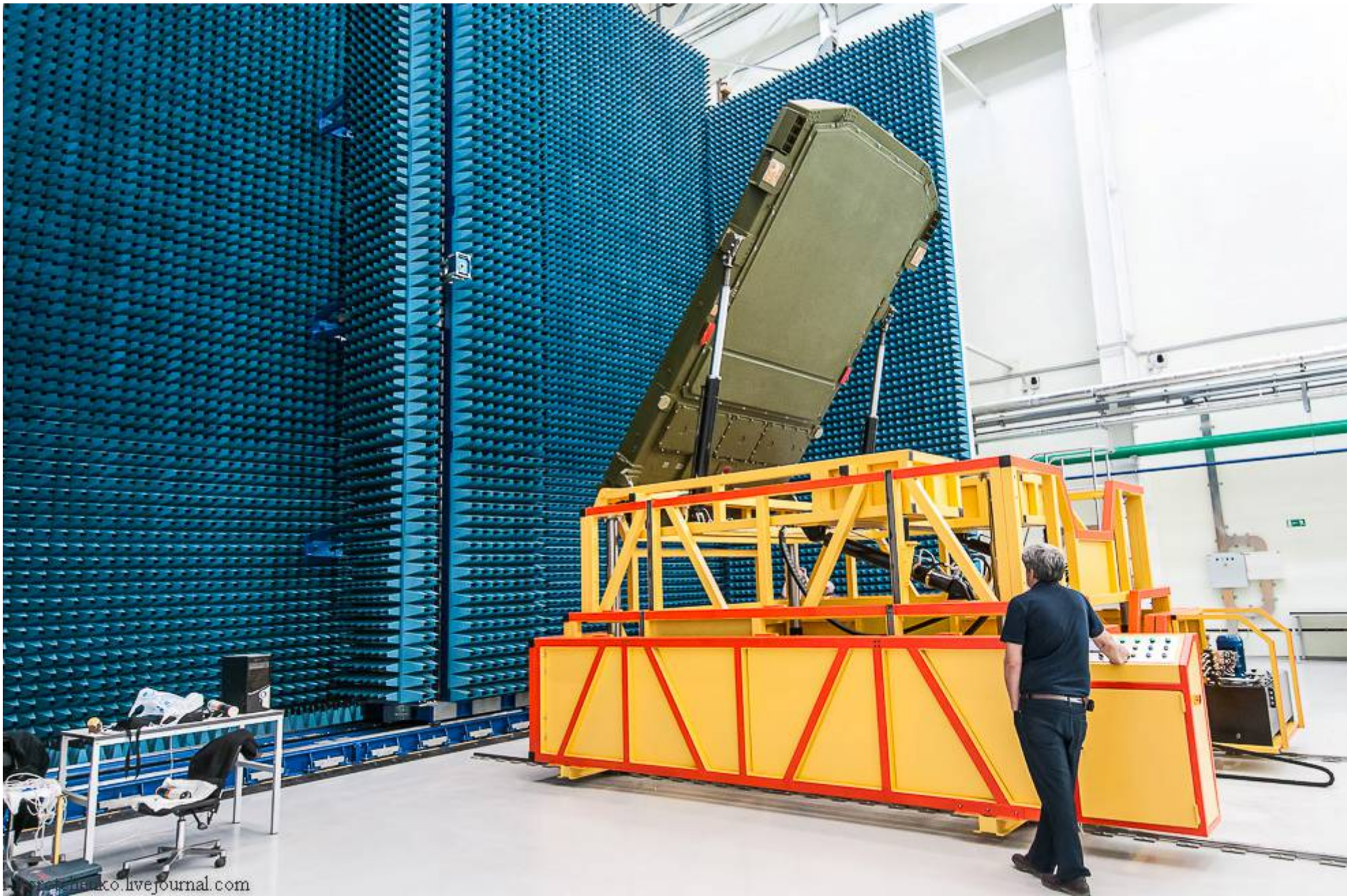


Распространение ближнего поля



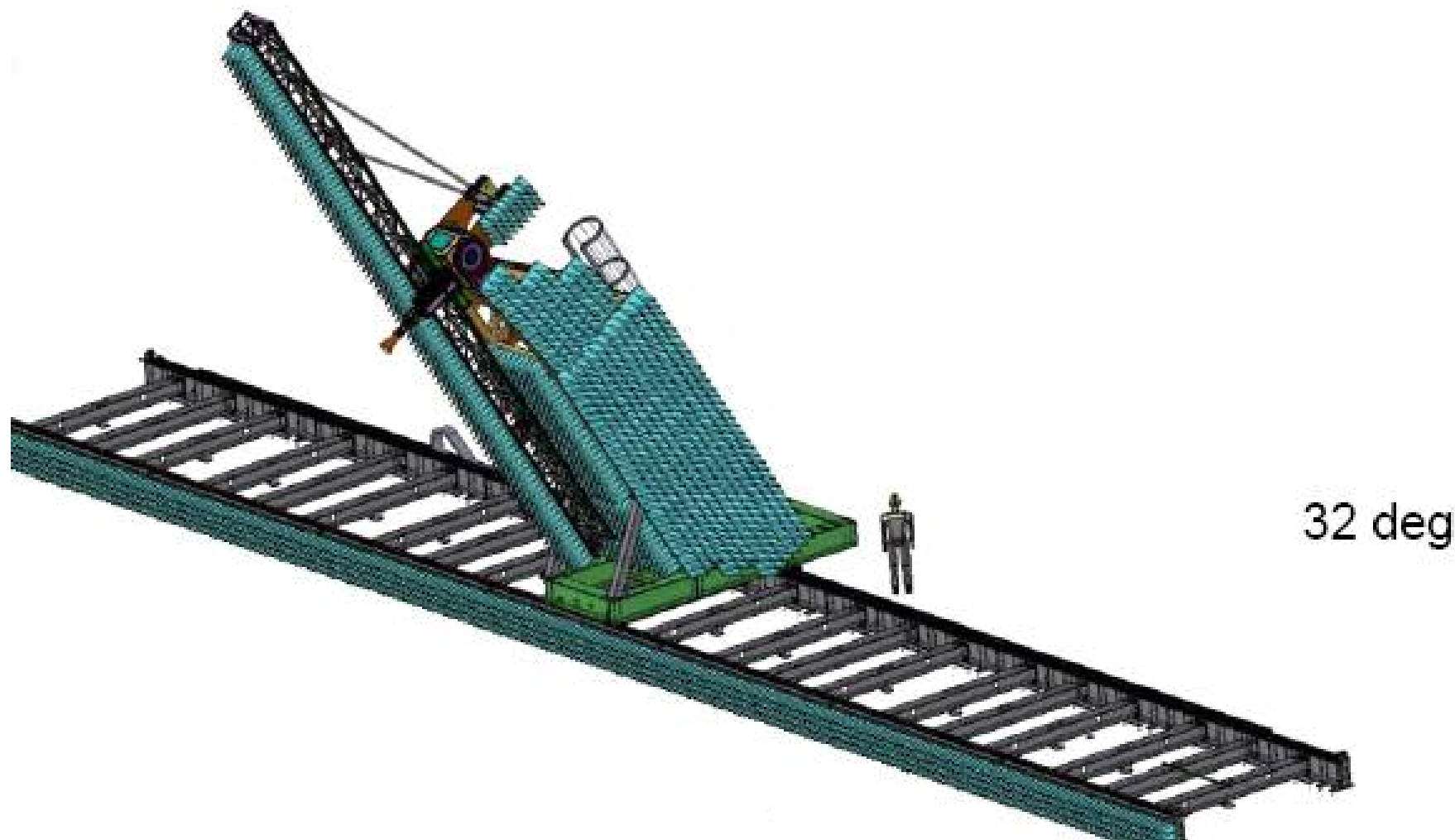
Примеры измерений







Наклонный сканер



Наклонный сканер

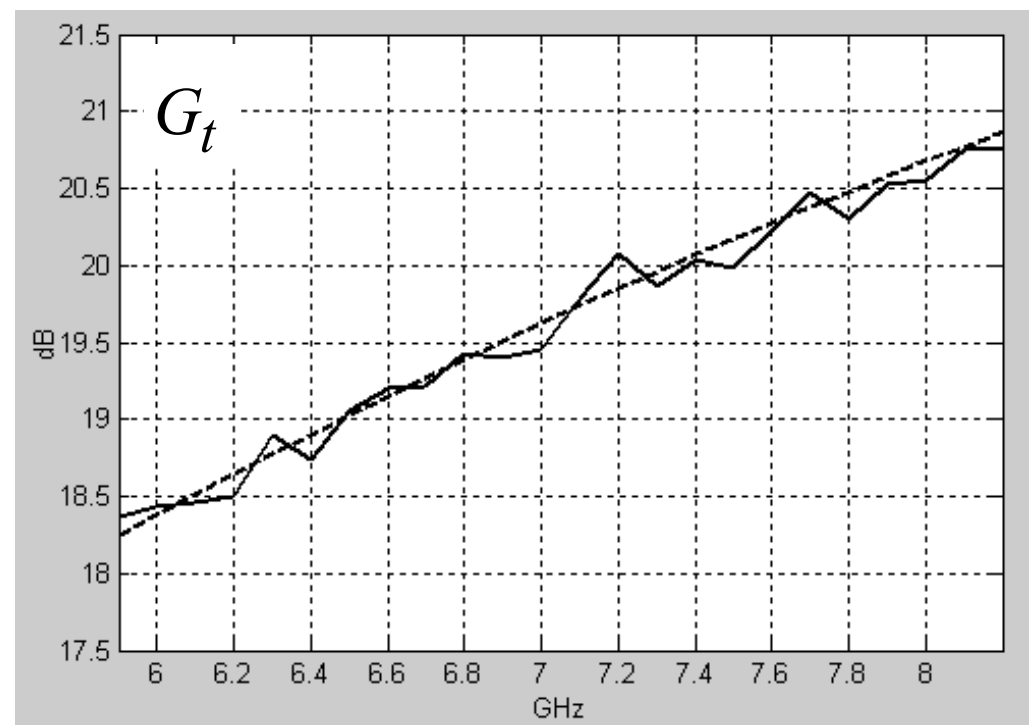
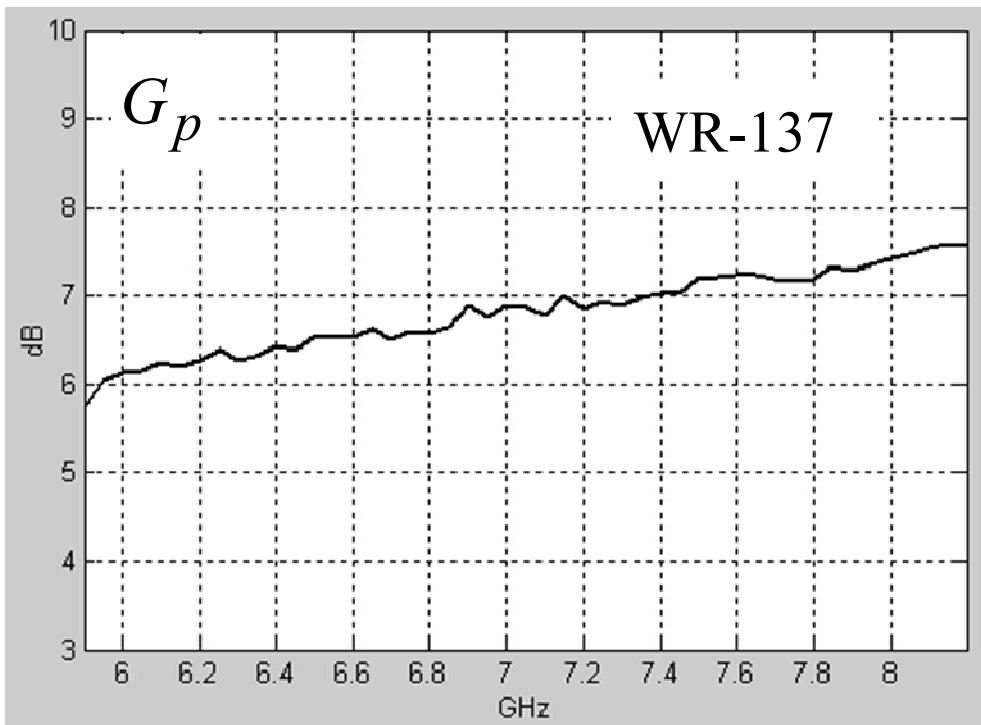


Прямое измерение КУ

$$P_{s1n}^{\infty} = -\frac{\sqrt{6}}{8} j^{-n} \sqrt{2n+1};$$

$$P_{s,-1,n}^{\infty} = (-1^s) \frac{\sqrt{6}}{8} j^{-n} \sqrt{2n+1}.$$

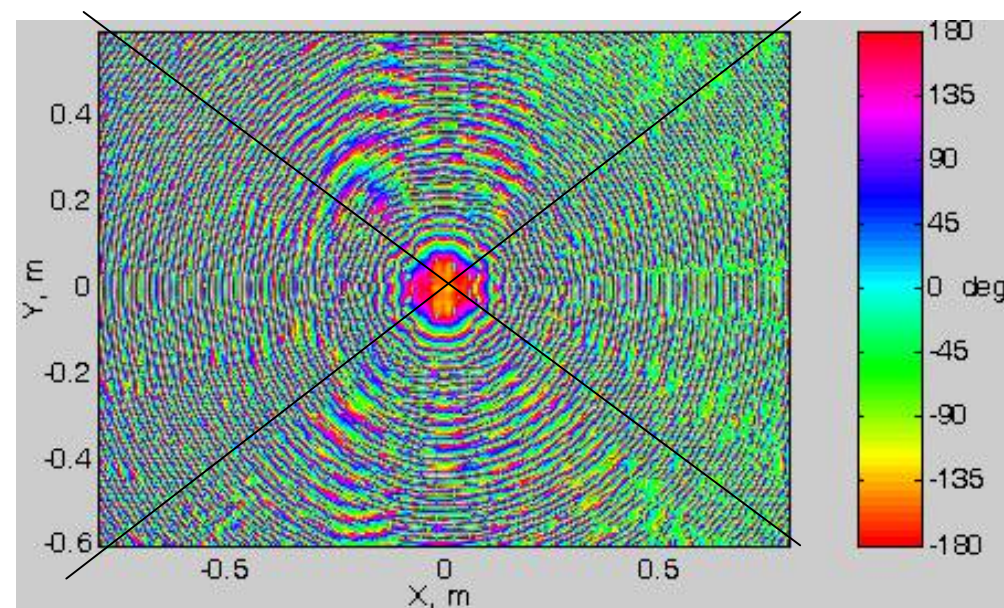
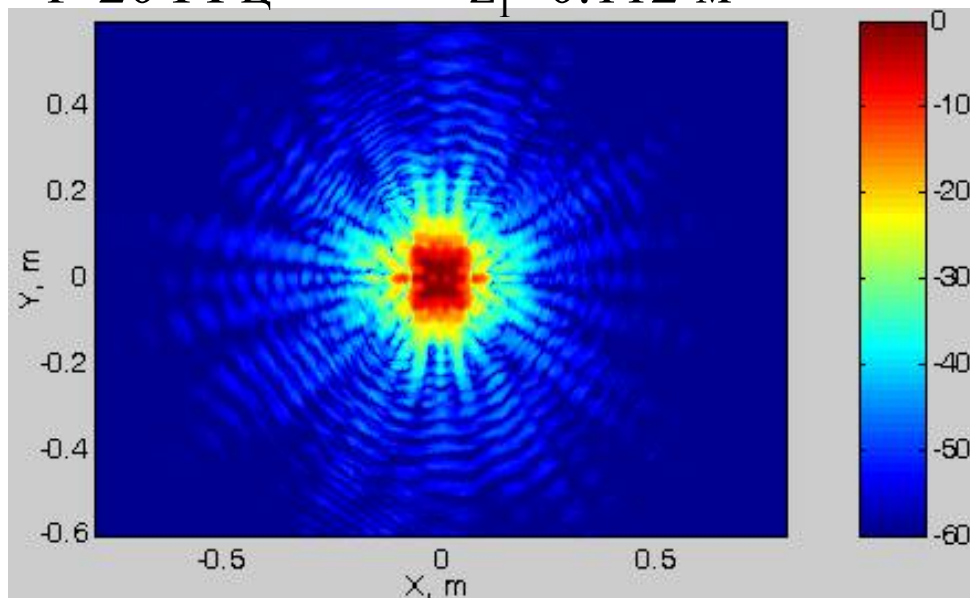
$$G_t(\theta, \phi) = \frac{4}{G_p} \frac{|W(\theta, \phi)|^2}{|v|^2}$$



Измерение ДН без измерения фазы

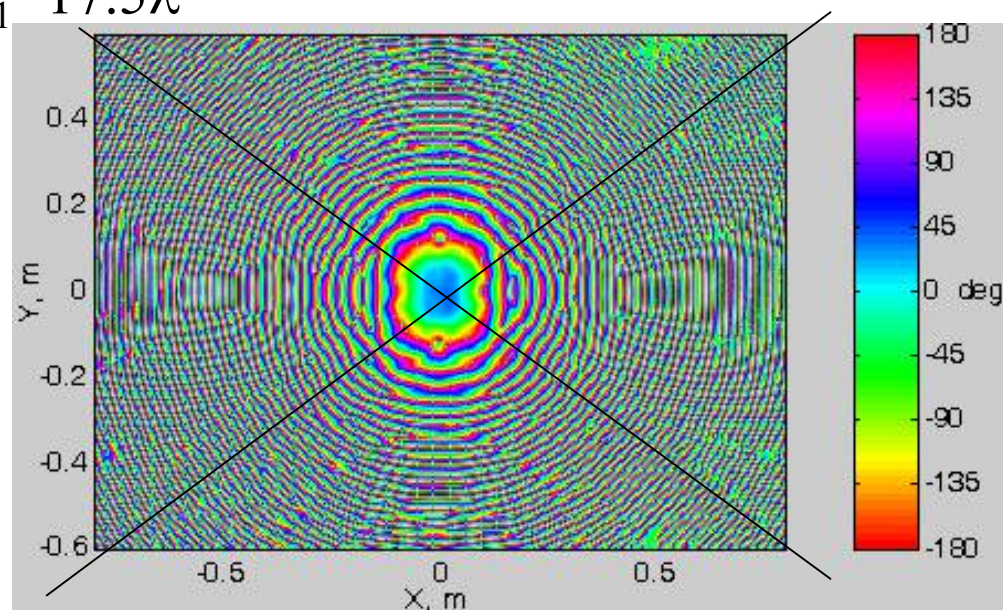
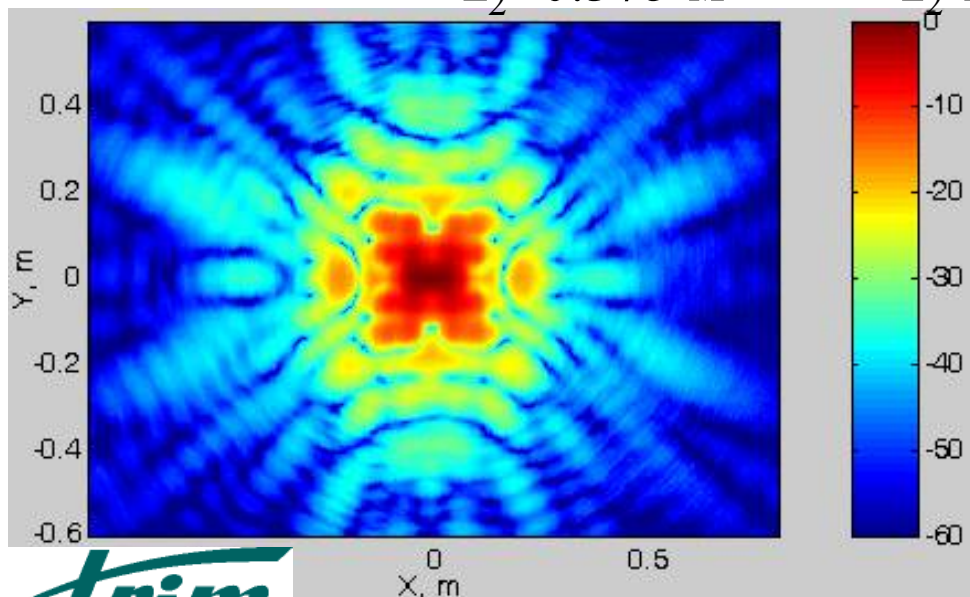
$f=20$ ГГц

$z_1=0.112$ м

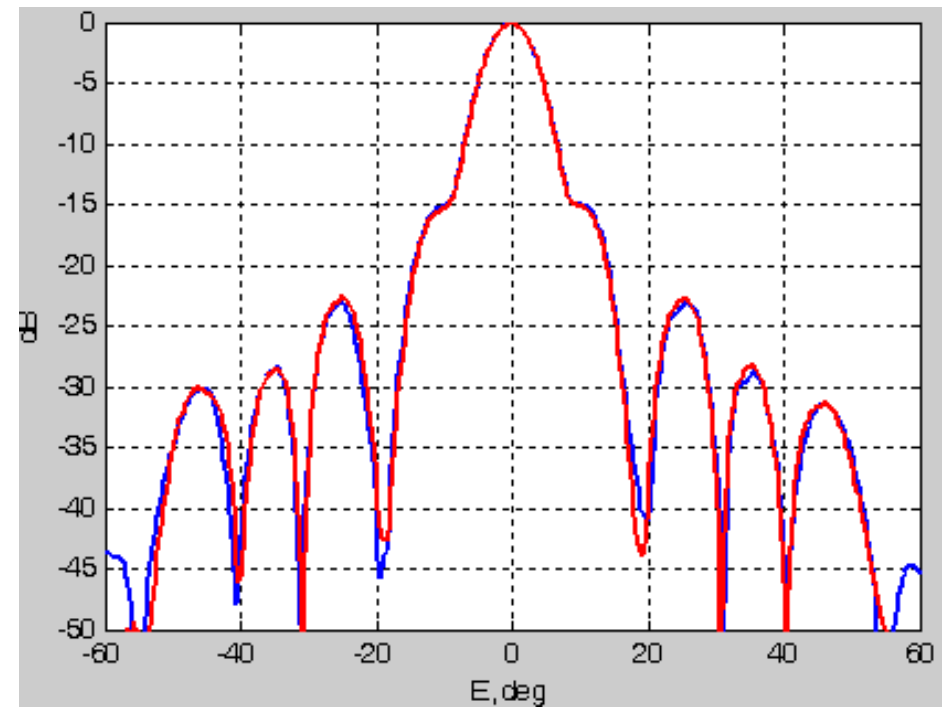
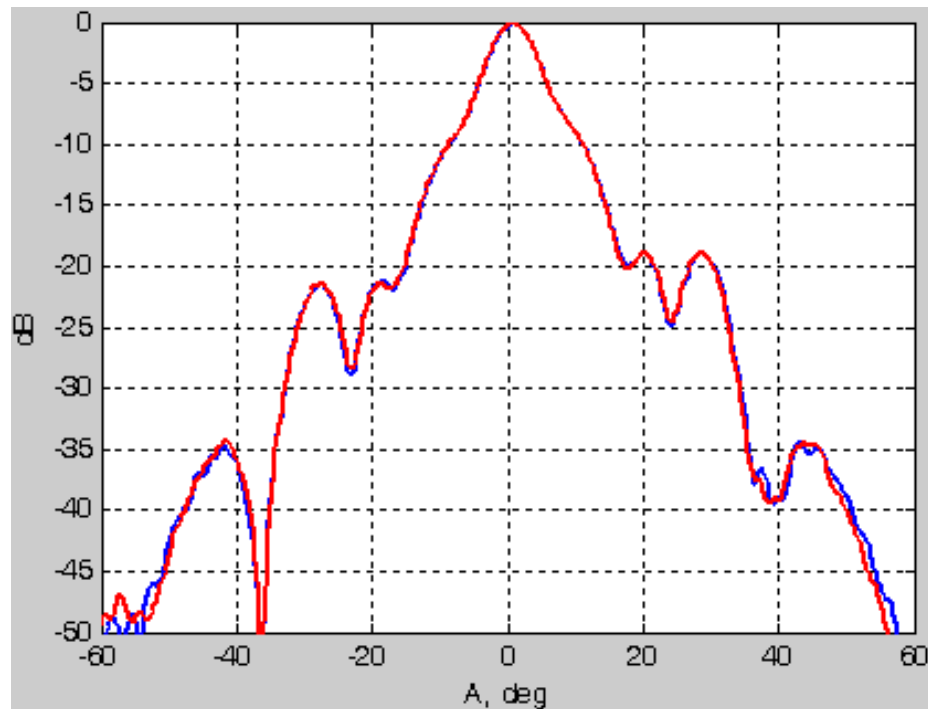
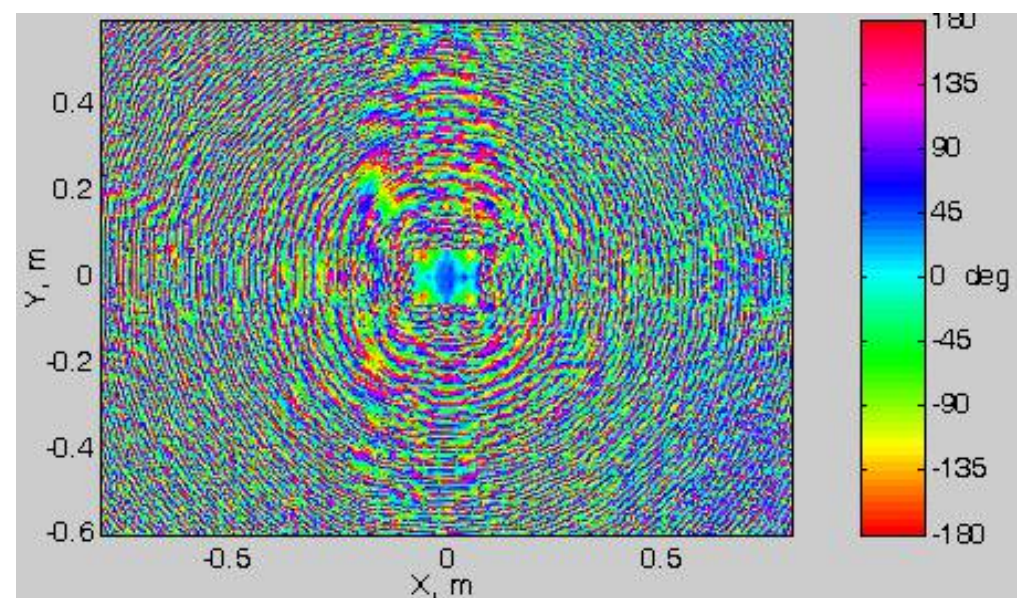
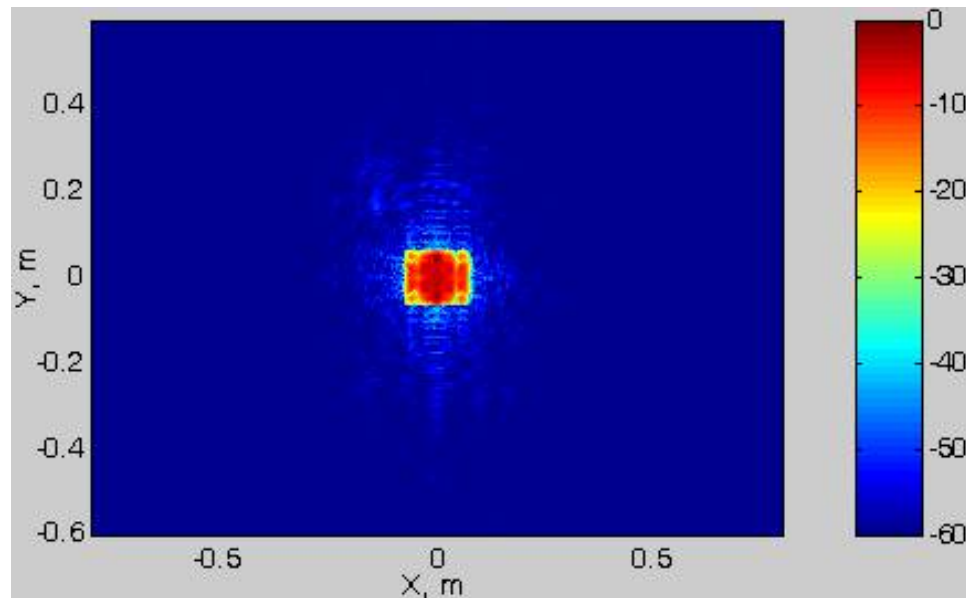


$z_2=0.375$ м

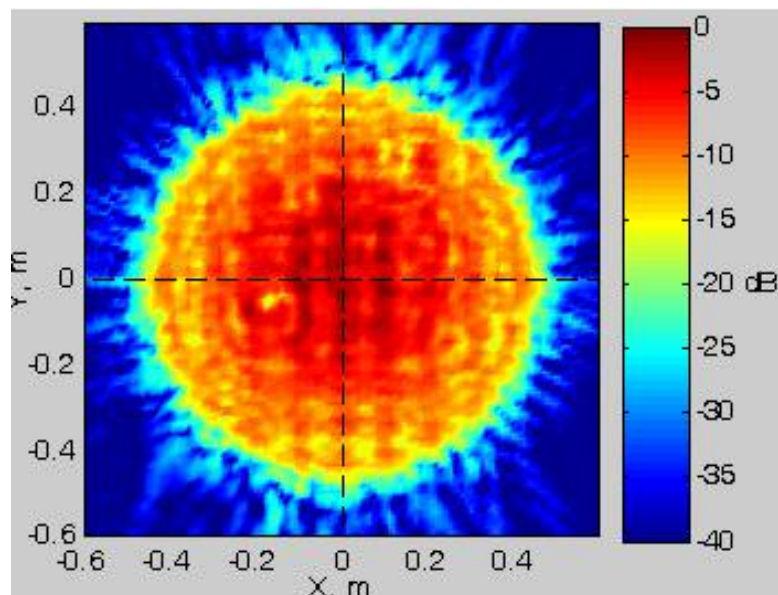
$z_2-z_1=17.5\lambda$



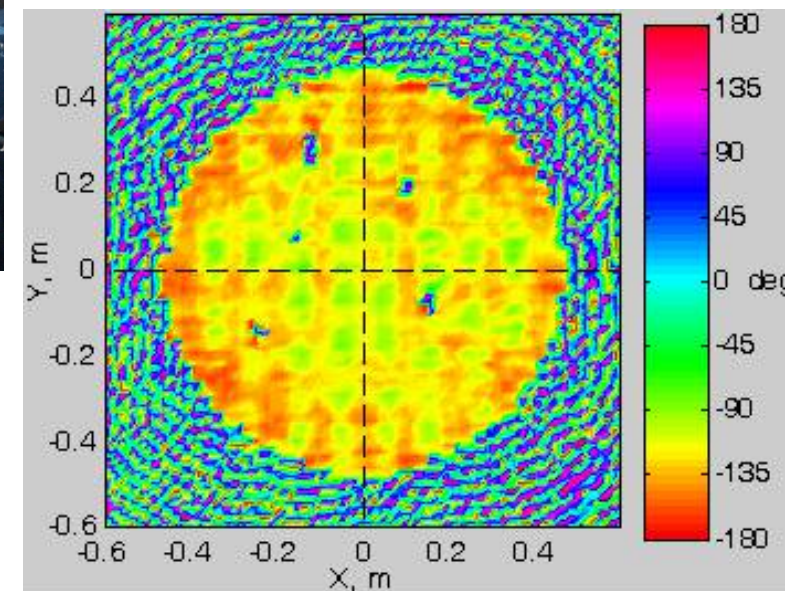
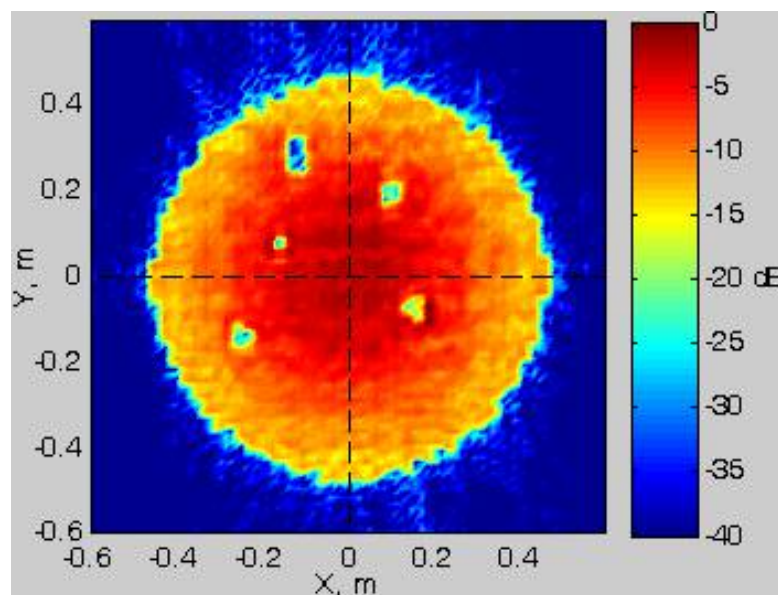
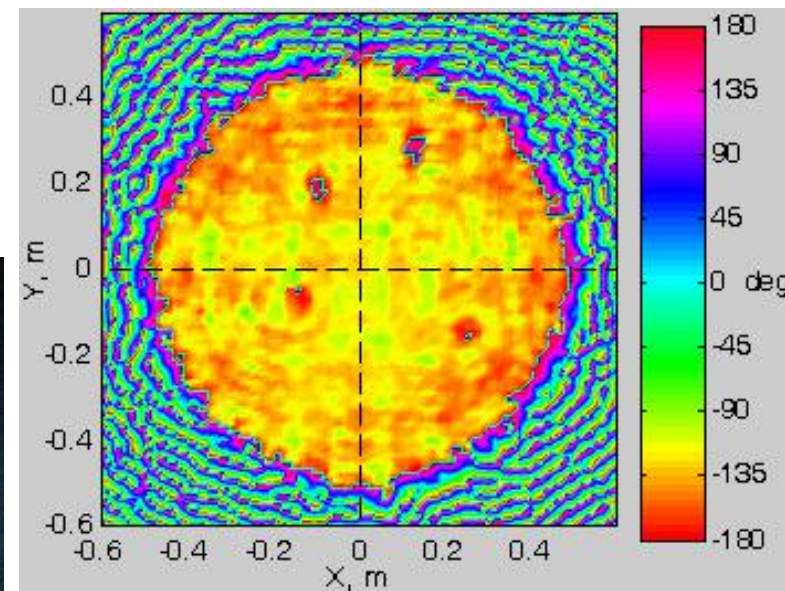
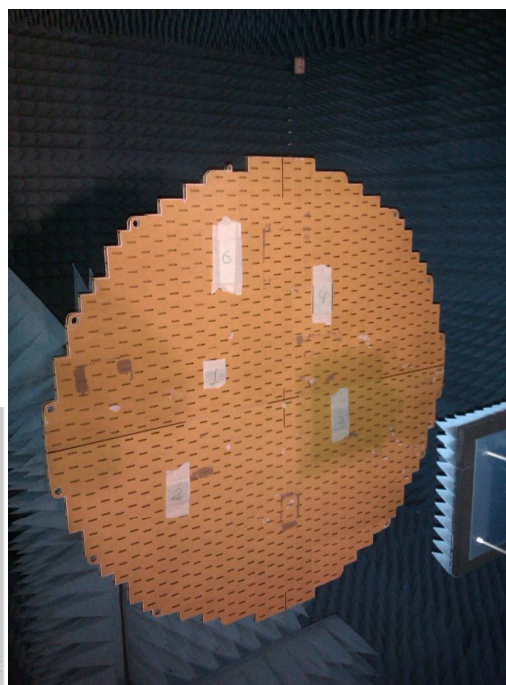
$z=0$ $n=100$



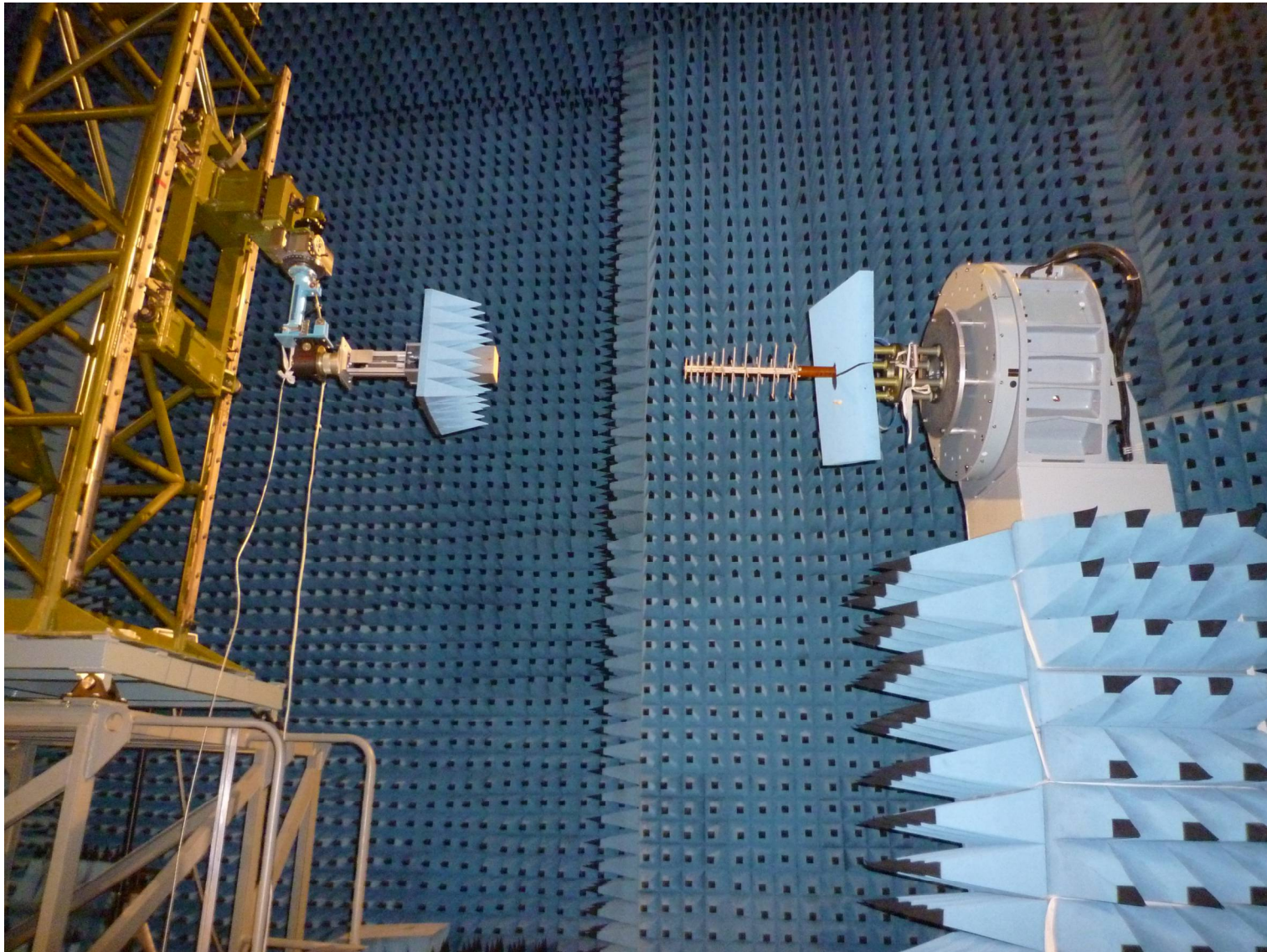
Восстановление АФР в раскрыве



$d=10$ cm



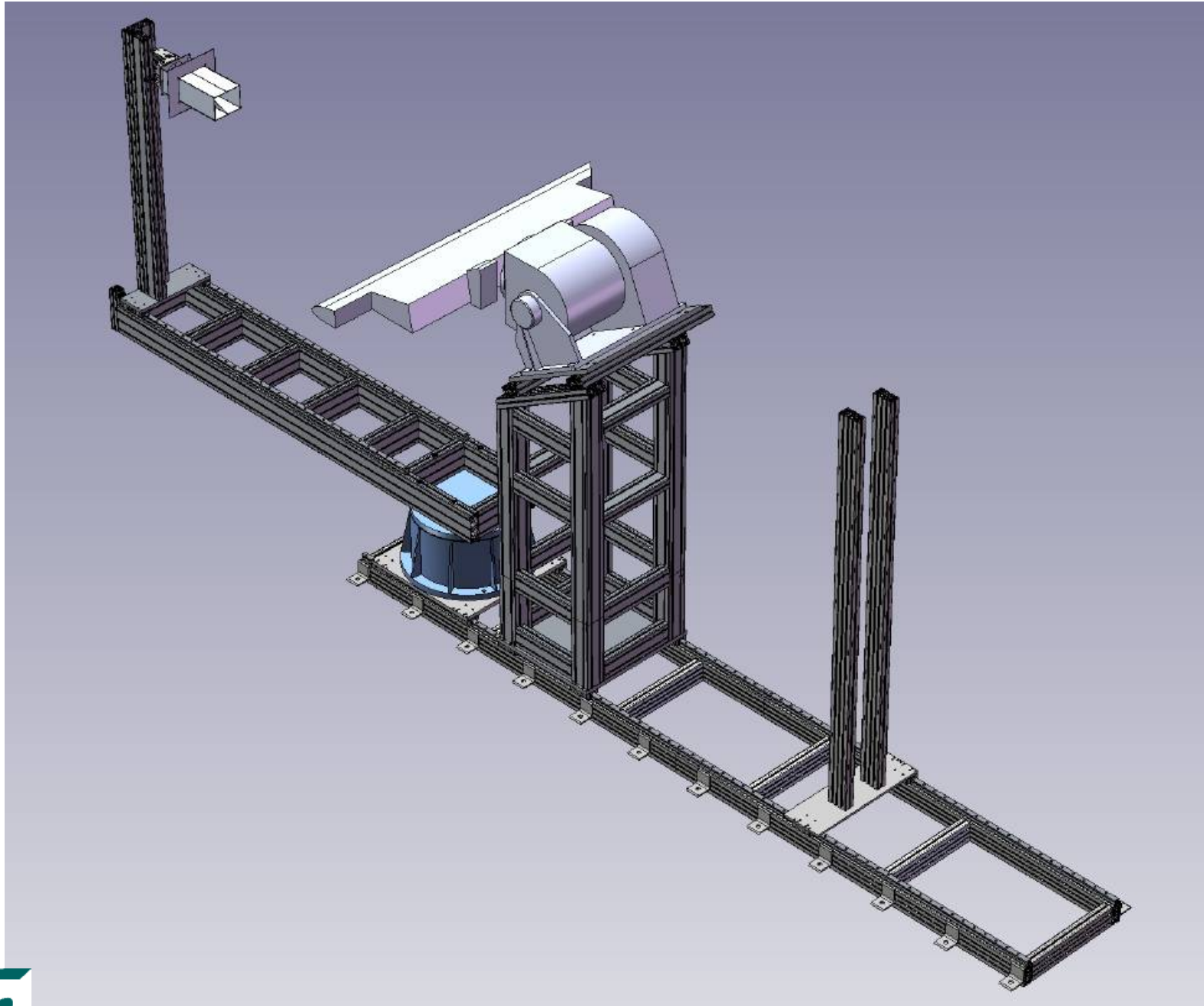
Измерения в ближней зоне (сферическое сканирование)



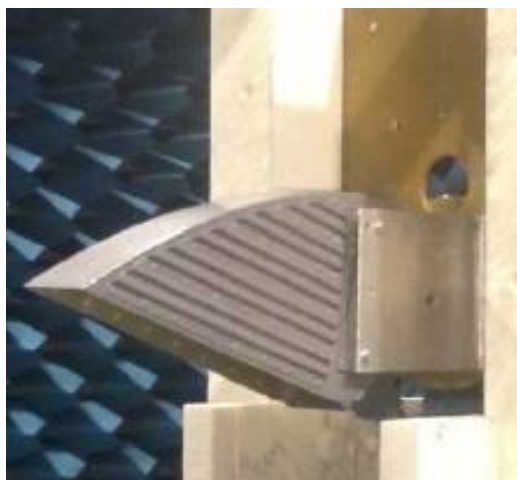
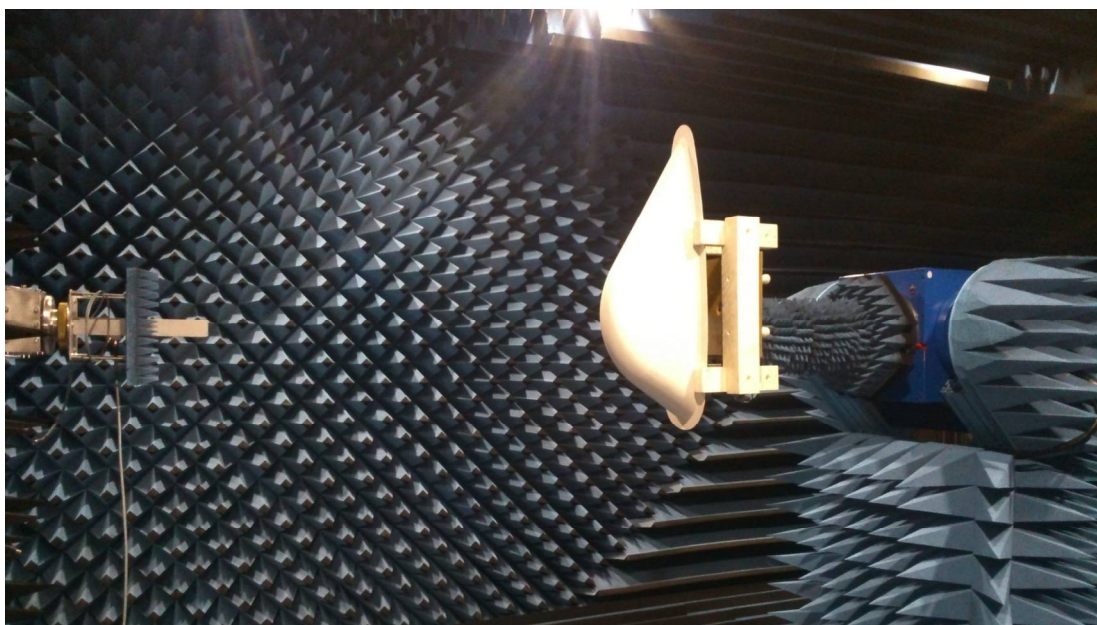
Измерение ФАР с обтекателем



Вариант сферического сканера



Измерение антенны с обтекателем



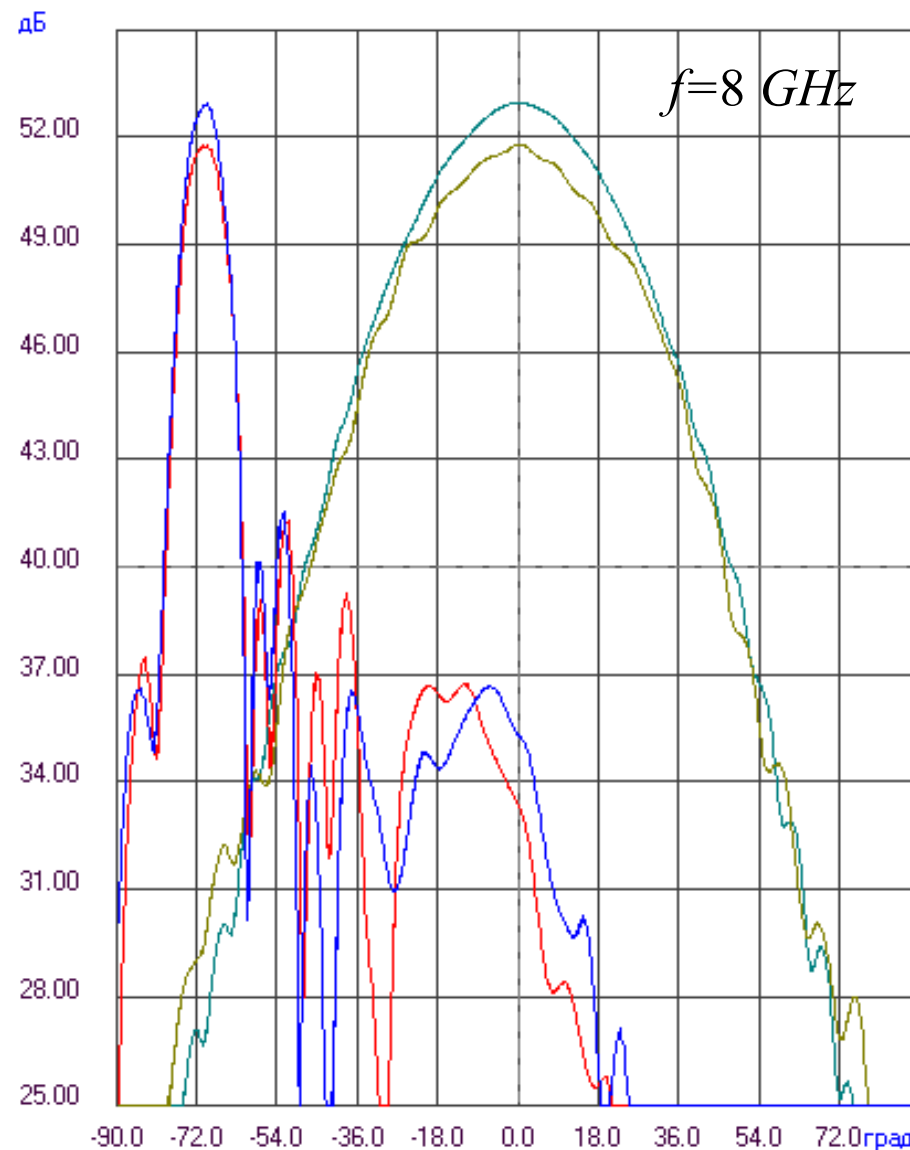
$$f = 4...18 \text{ GHz}$$

$$R_0 = 1.2 \text{ m}$$

$$\Delta\theta = \Delta\phi = 1.5^\circ$$

$$\theta_{\max} = 90^\circ$$

$$N = 50...105$$



Сравнение методов измерений

