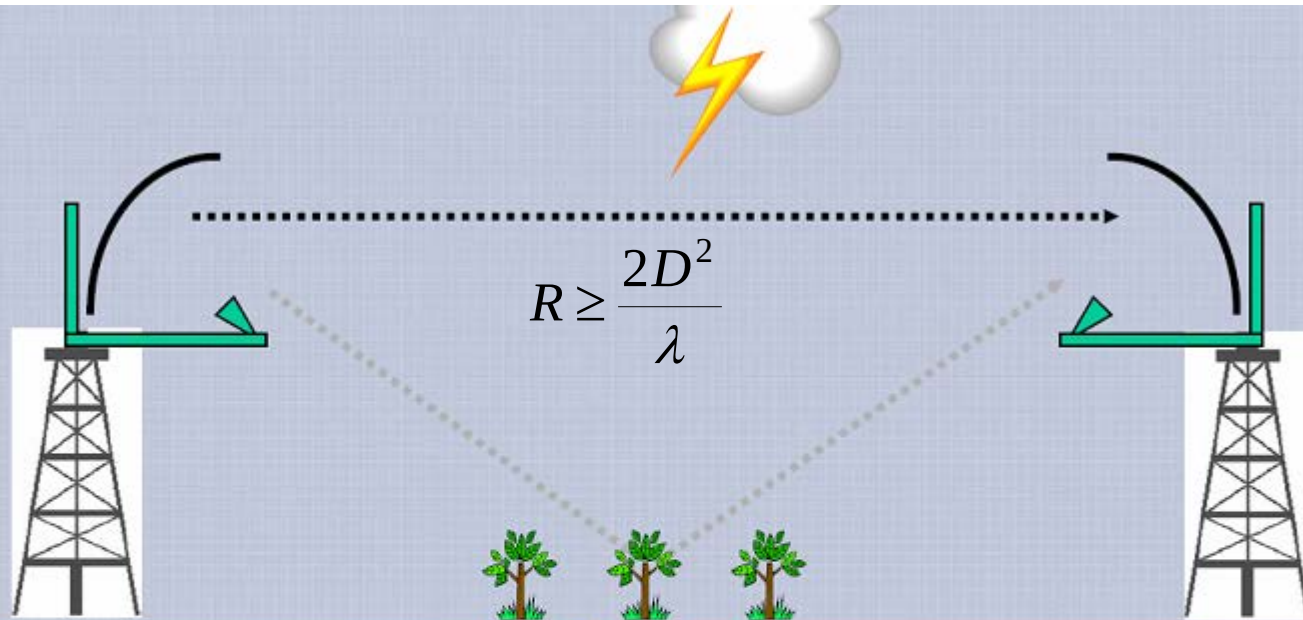


Методы измерения характеристик антенн. Особенности реализации на современном этапе.

Измерения в дальней зоне



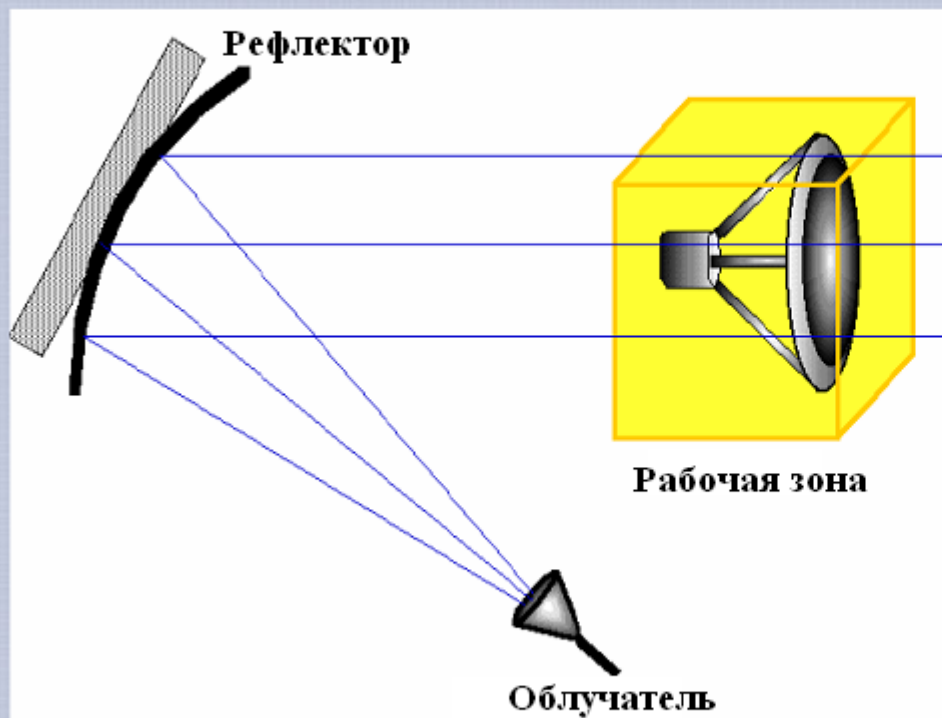
Преимущества

- Простота
- Измерения в реальном времени
- Не требуется преобразование данных

Недостатки

- Большая протяженность полигона
- Отражения от земли / интерференция
- Зависимость от погодных условий
- Сложность компенсации гравитации

Измерения в коллиматоре



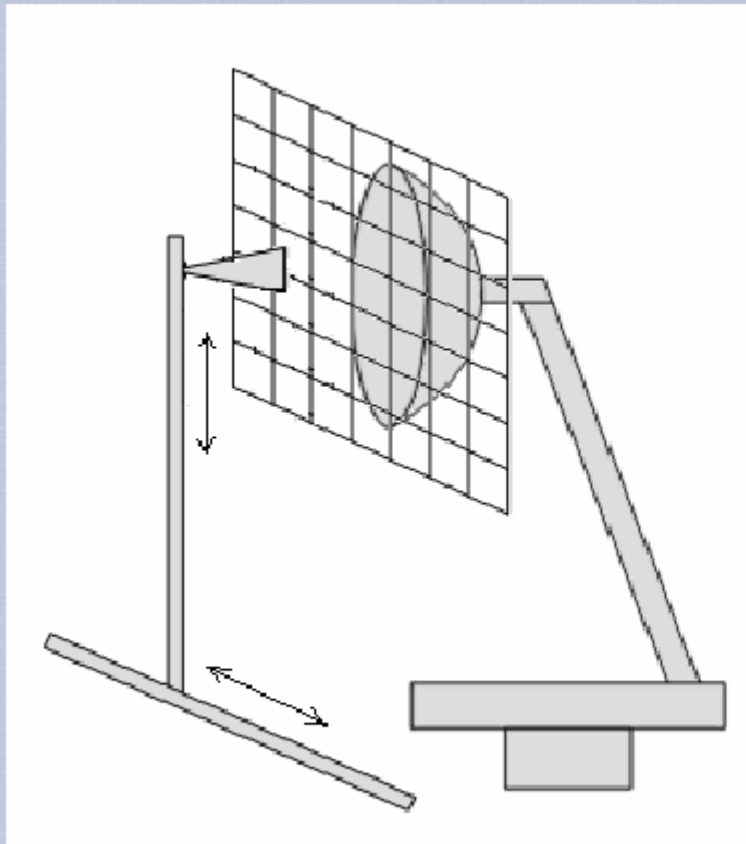
Преимущества

- Прямые измерения в квазидальной 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 ГГц)
- 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

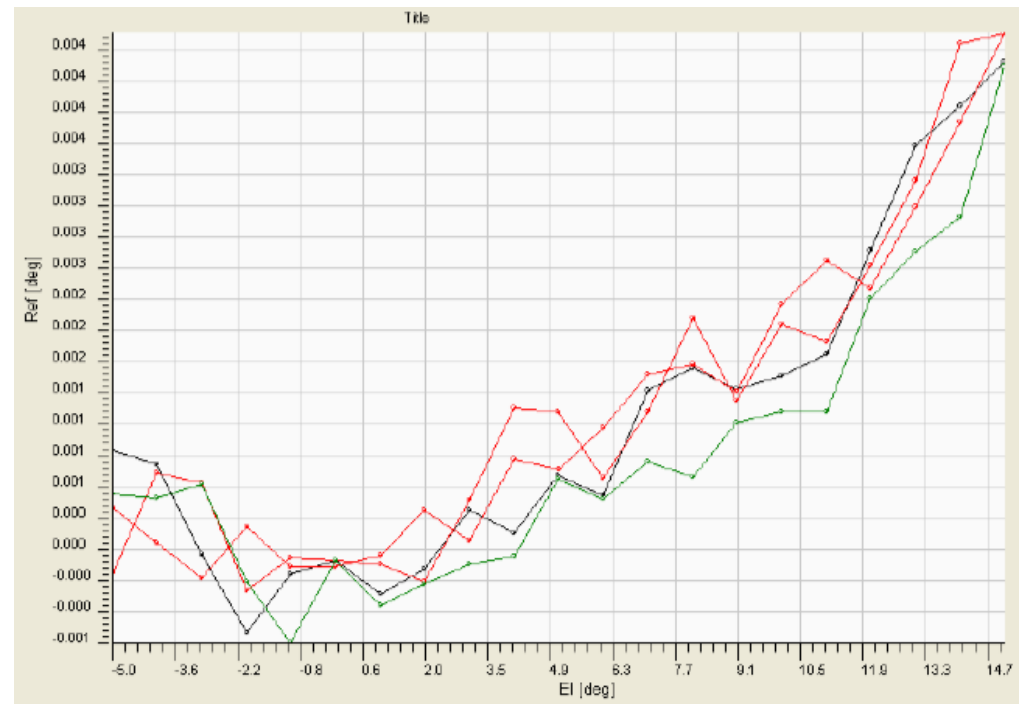
- Необходимость преобразования данных
- Измерения не в реальном времени
- Связь между зондом и антенной
- Ограничение частоты до ~50 ГГц (точность позиционирования ограничивает точность измерения фазы)

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

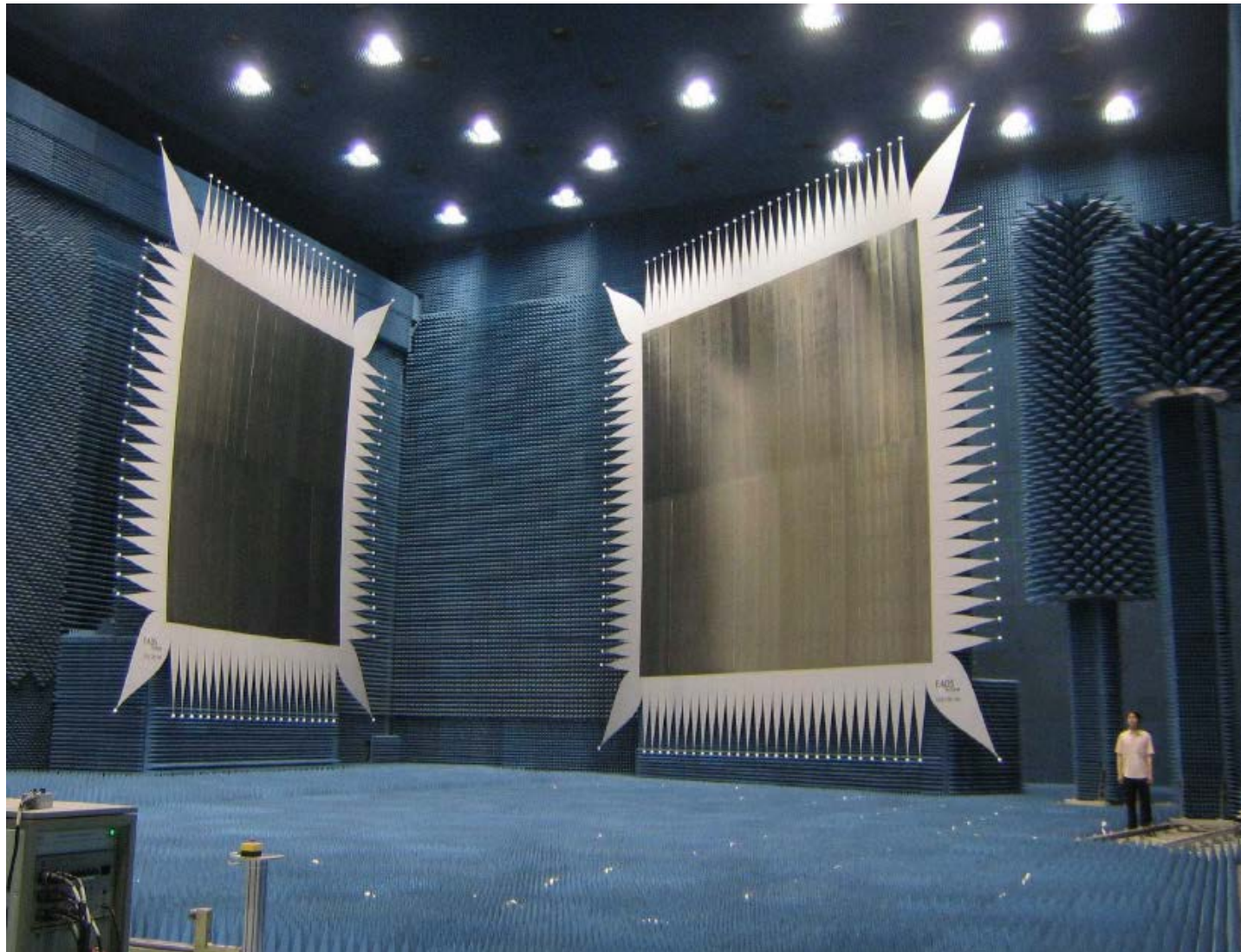


Погрешность позиционирования при нагрузке 1200 кг*м:

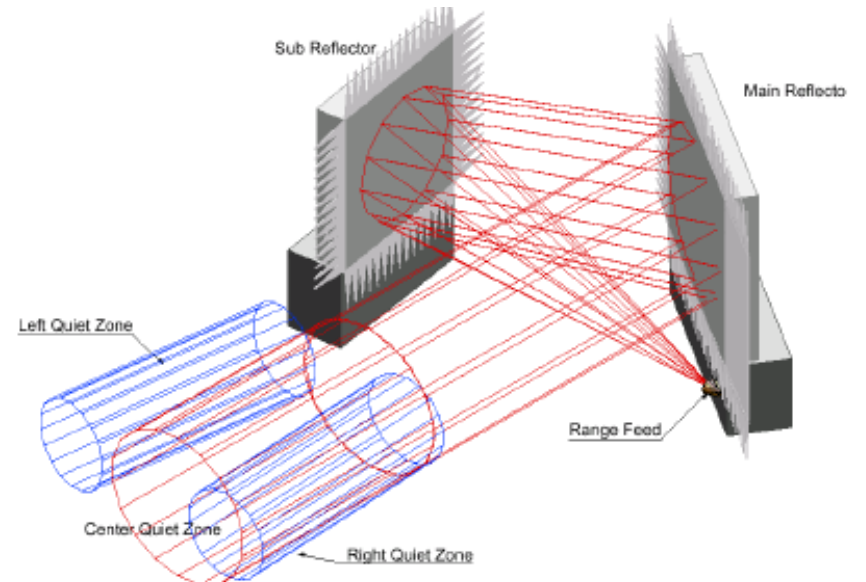
Азимут ($-10^{\circ} \dots +10^{\circ}$): $\pm 0.0015^{\circ}$

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

Двухзеркальный коллиматор ССР 120/100



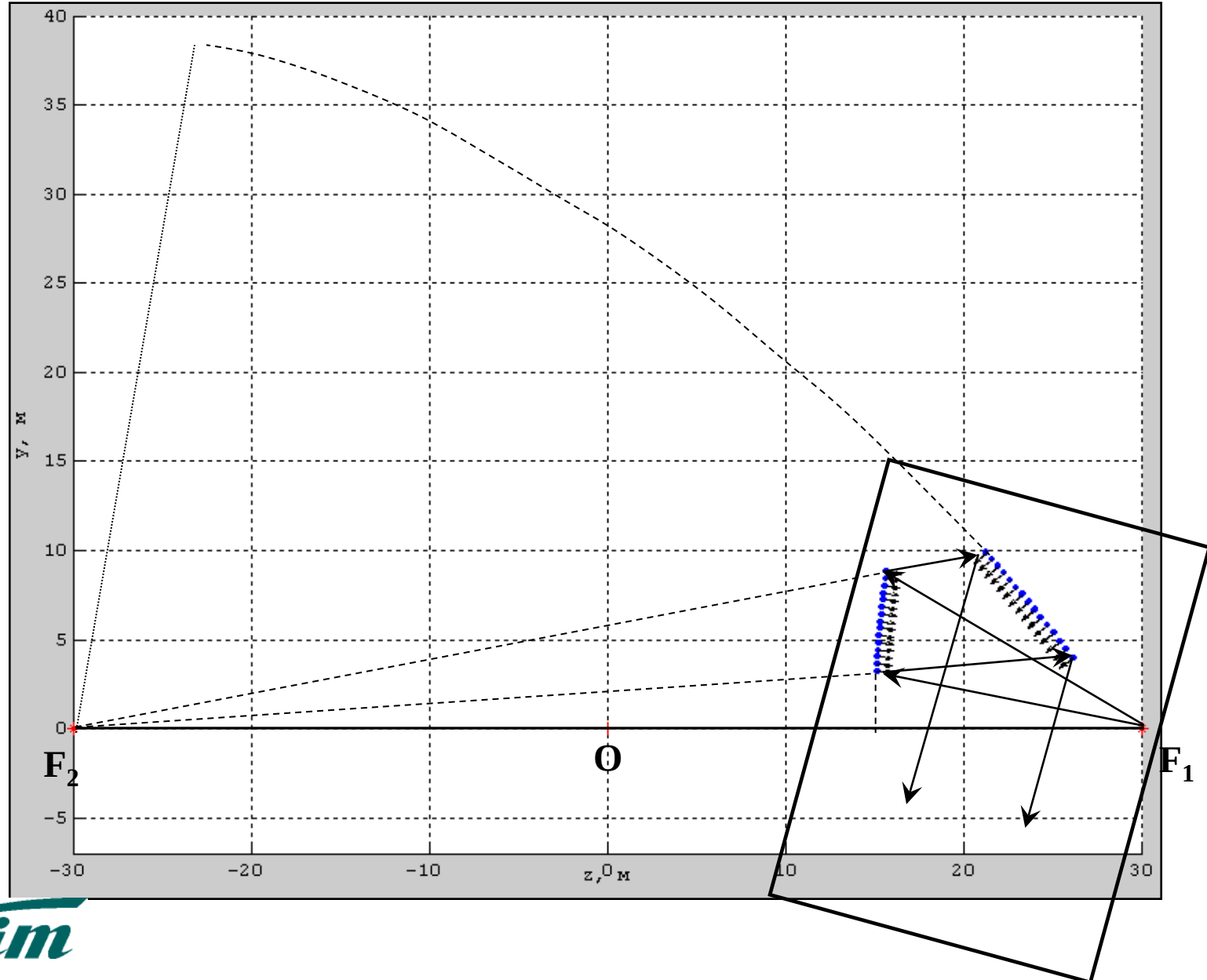
Система облучателей



Основные характеристики

- размер большого зеркала: 10м x 12м
- размер малого зеркала: 8.6м x 9м
- количество сегментов большого зеркала: 8
- количество сегментов малого зеркала: 6
- размеры рабочей зоны: 8м x 8м x 12м
- размеры БЭК: 30м x 18м x 45м
- диапазон частот: 1.0...50.0 ГГц
- неравномерность амплитуды: $\leq \pm 0.3$ дБ (ripple)
- ≤ 0.5 дБ (taper)
- неравномерность фазы: $\leq \pm 3^\circ$ (ripple)
- $\leq 3.5^\circ$ (taper)
- уровень кроссполяризации: < -42 дБ

Геометрия двухзеркального коллиматора



Основная и кроссовая составляющие

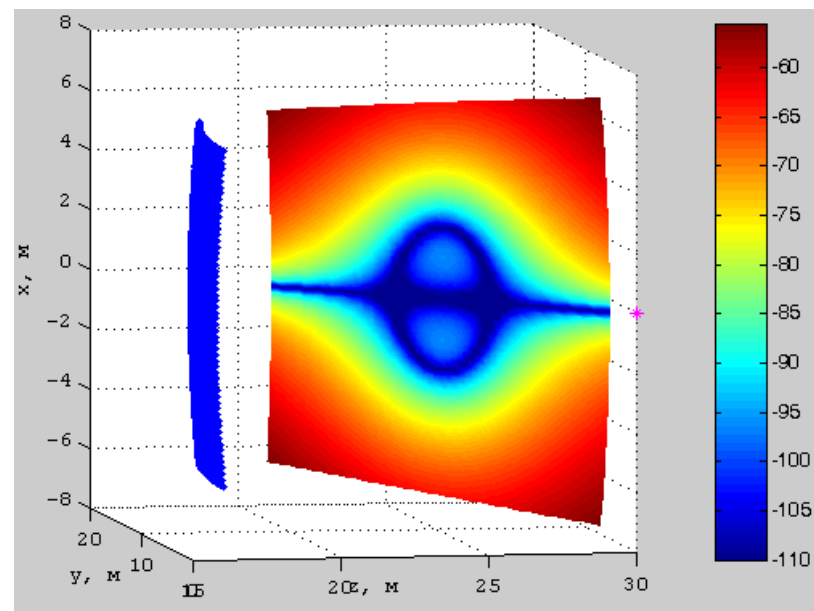
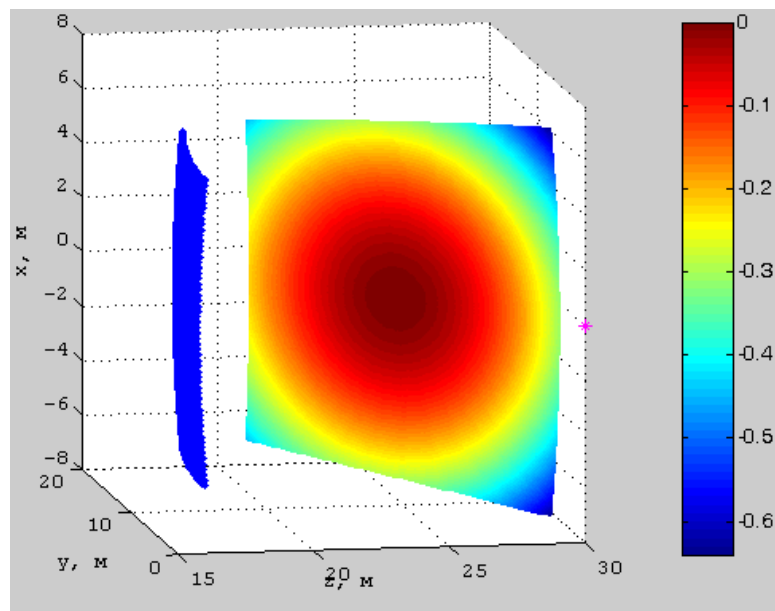
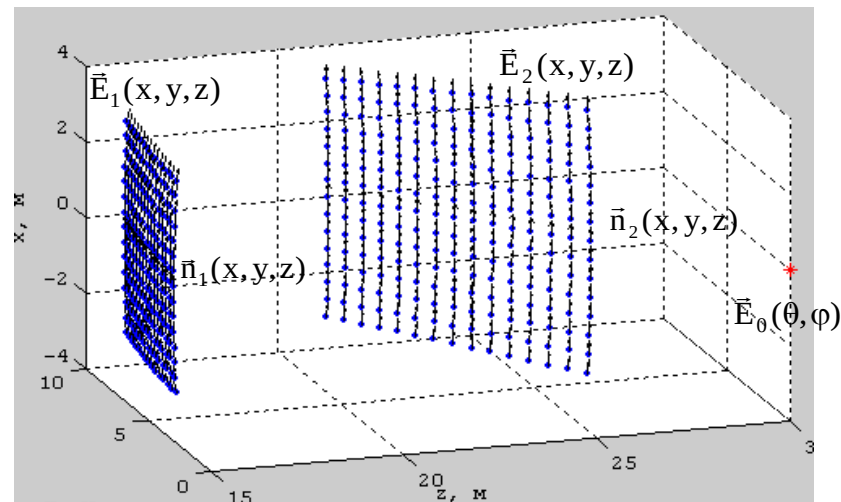
$$\vec{E}_0(\theta, \varphi) = \frac{1 + \cos \theta}{2} (\cos \varphi \cdot \vec{i}_\theta + \sin \varphi \cdot \vec{i}_\varphi);$$

$$\vec{E}_1 = 2(\vec{n}_1 \cdot \vec{E}_0) \vec{n}_1 - \vec{E}_0;$$

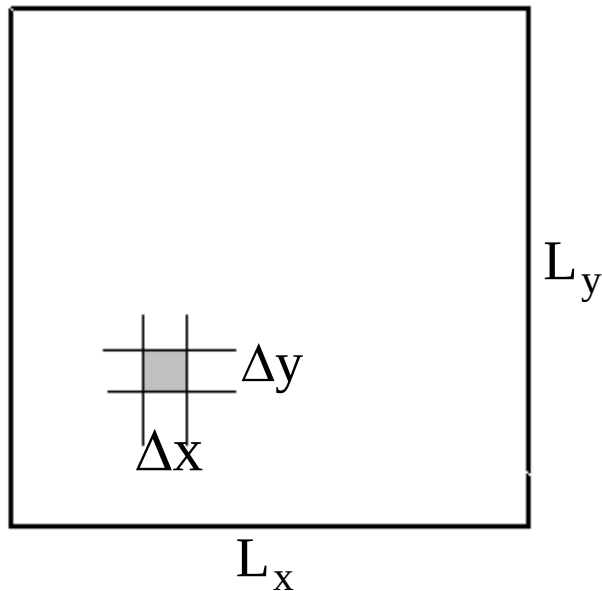
$$\vec{E}_2 = 2(\vec{n}_2 \cdot \vec{E}_1) \vec{n}_2 - \vec{E}_1;$$

$$E_{co} = E_{2x};$$

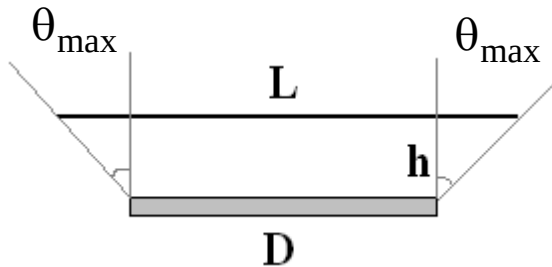
$$E_{cross} = E_{2y} \sin \alpha + E_{2z} \cos \alpha.$$



Измерения в ближней зоне (сканирование на плоскости)



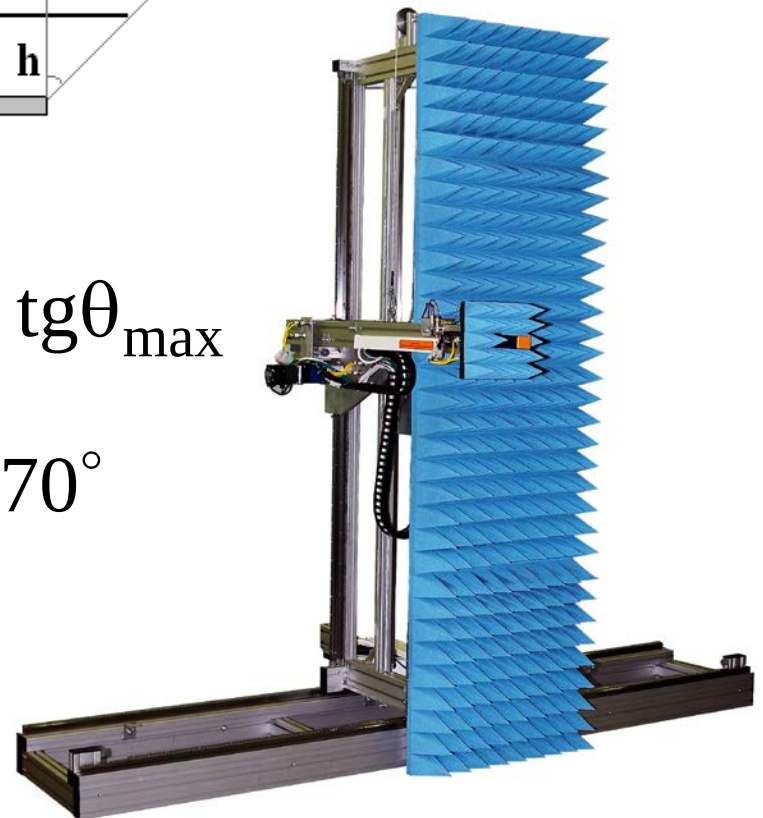
$$\Delta x = \Delta y \leq \frac{\lambda}{2}$$



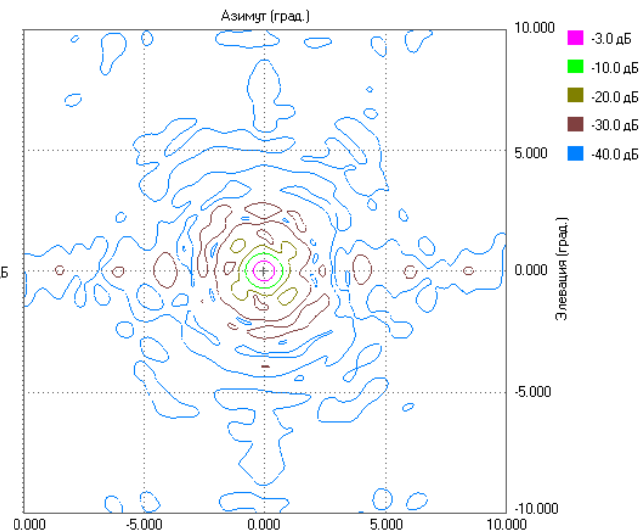
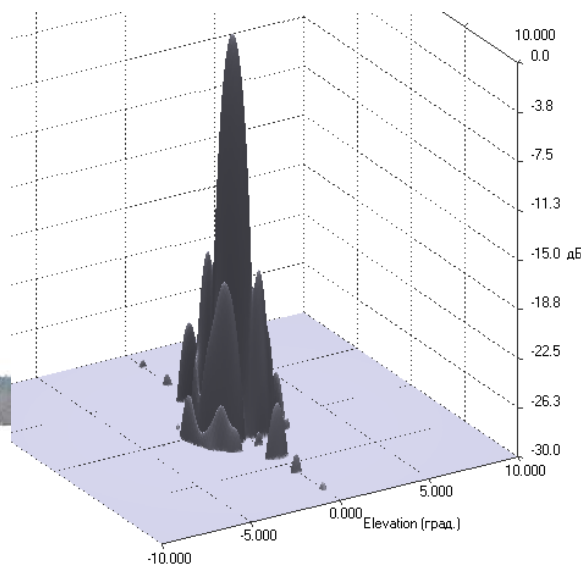
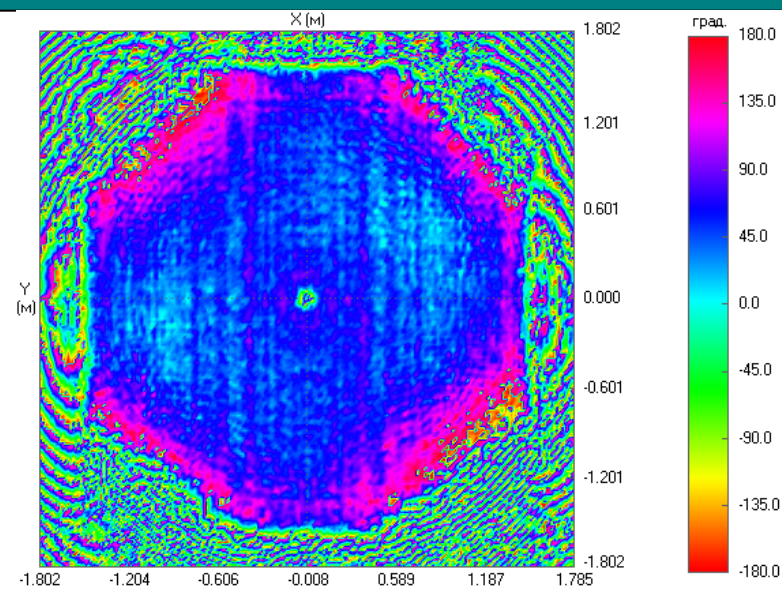
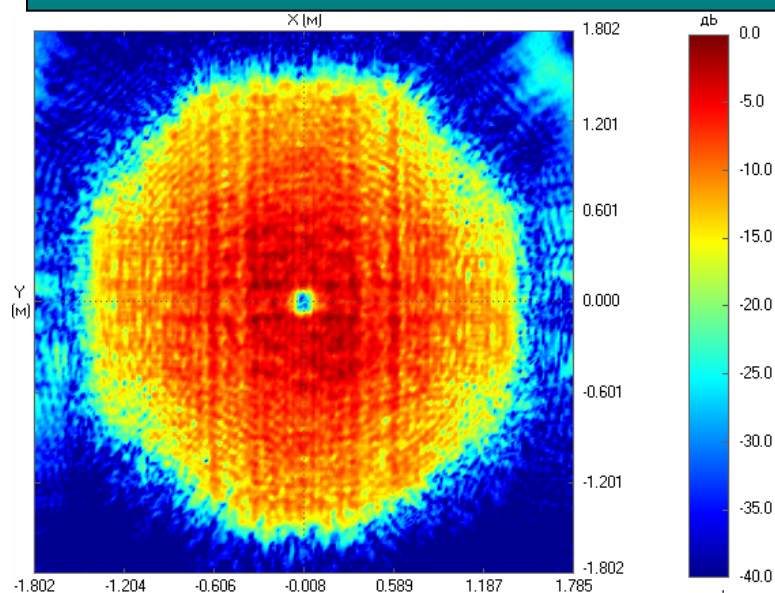
$$L > D + 2h \cdot \operatorname{tg} \theta_{\max}$$

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

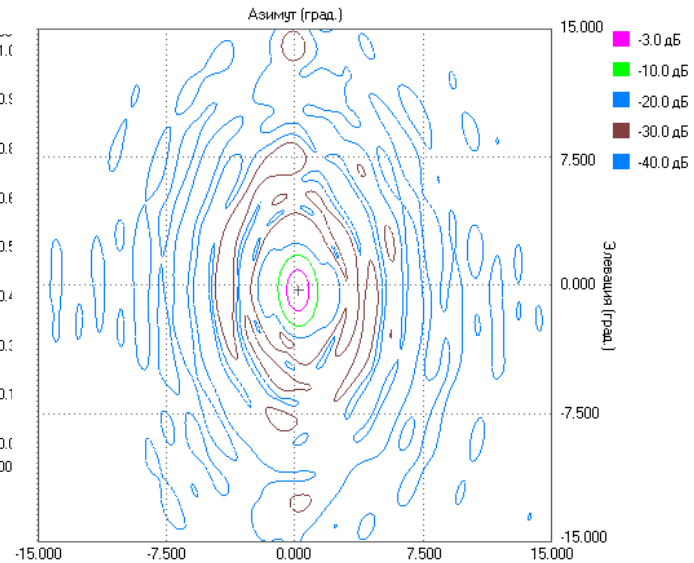
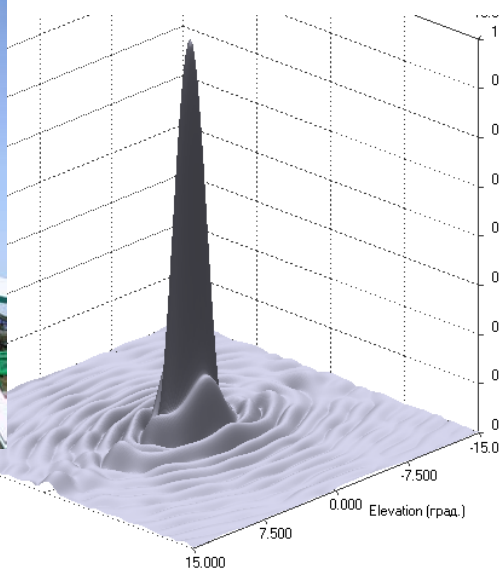
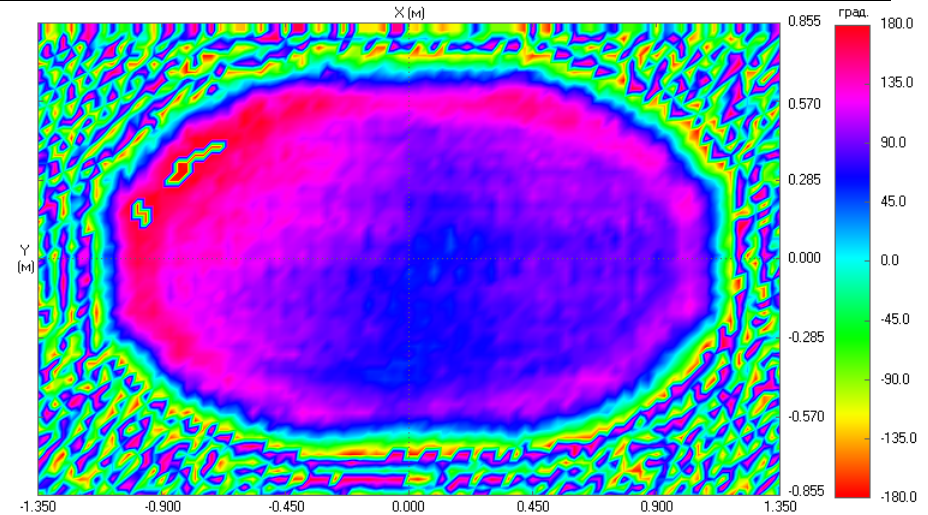
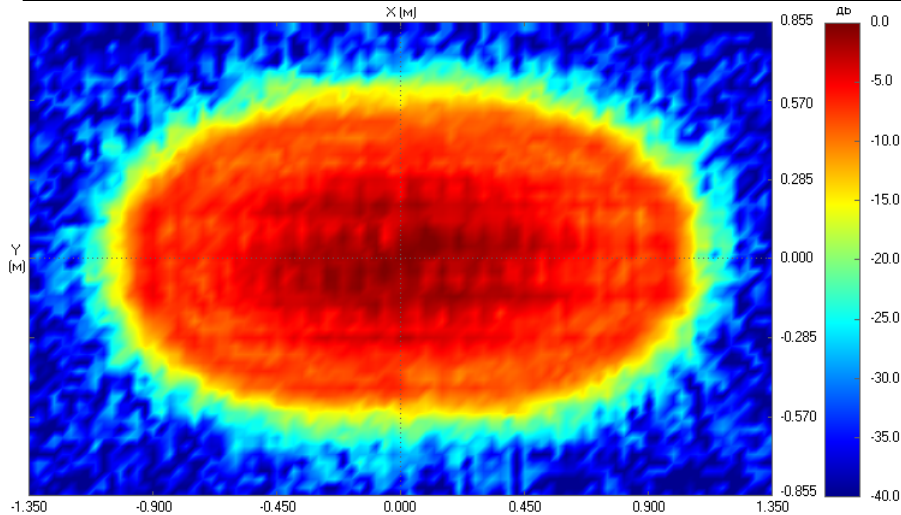
$$h = (3 \dots 5)\lambda$$



Примеры измерений

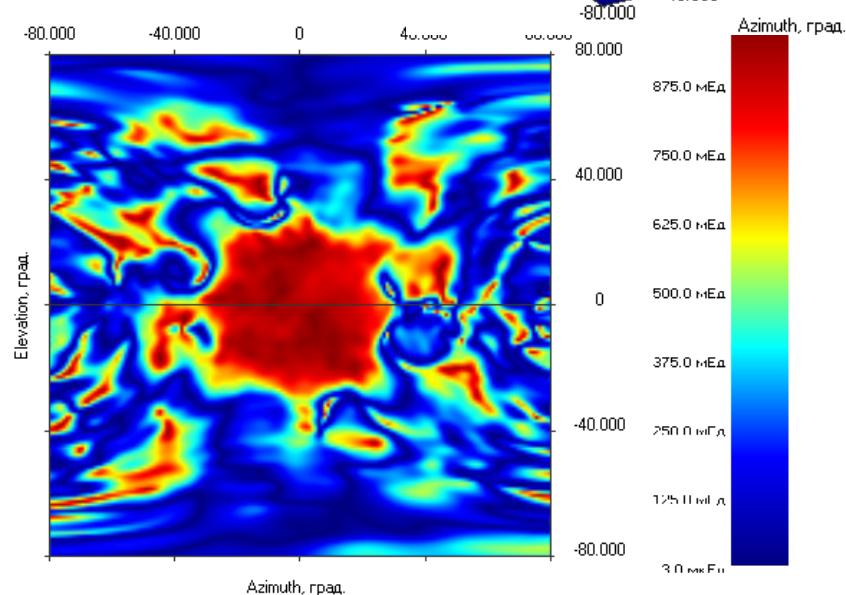
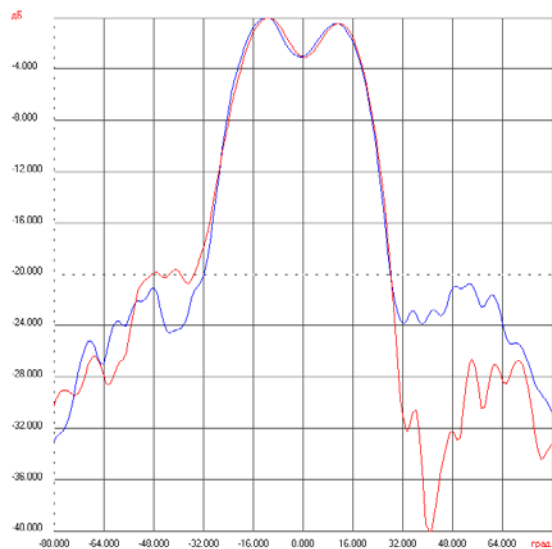
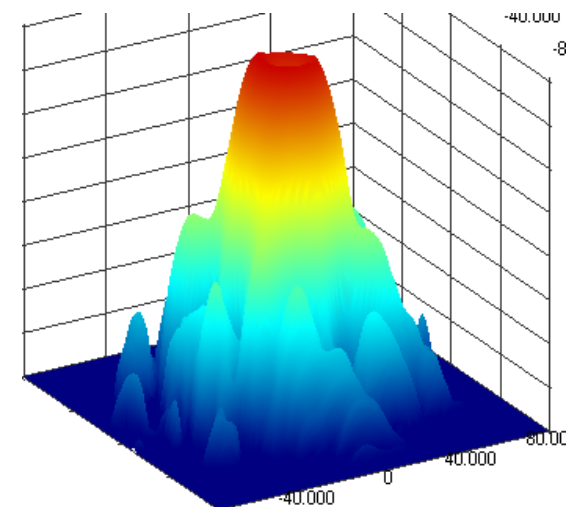
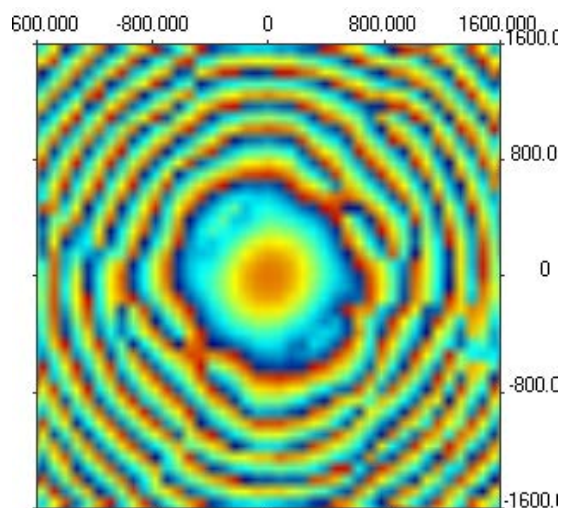
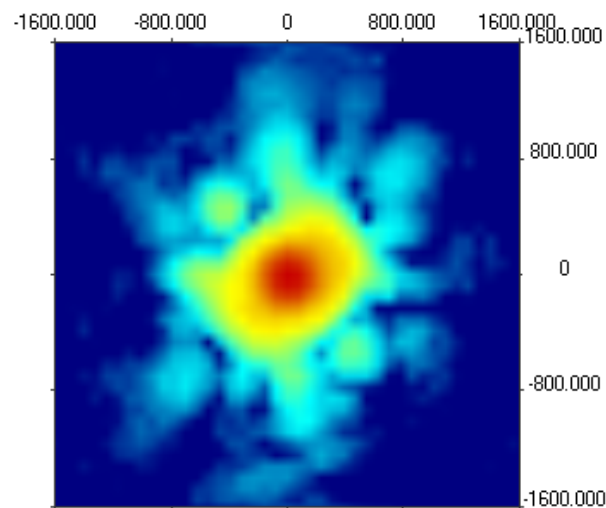


Примеры измерений

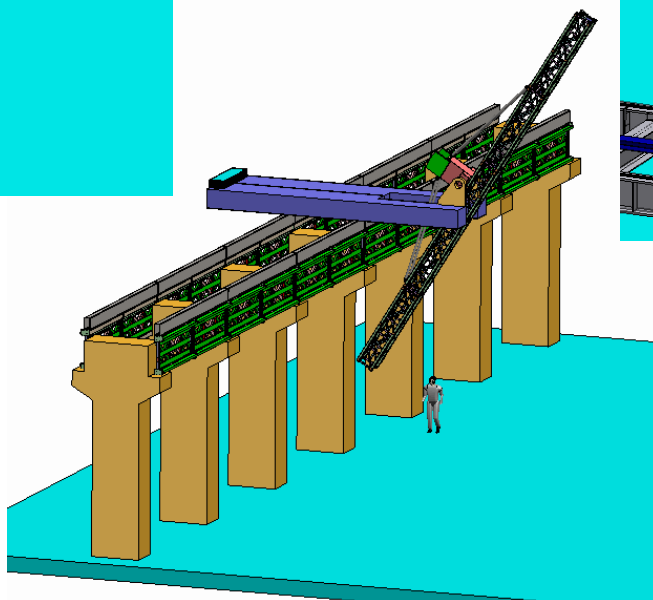
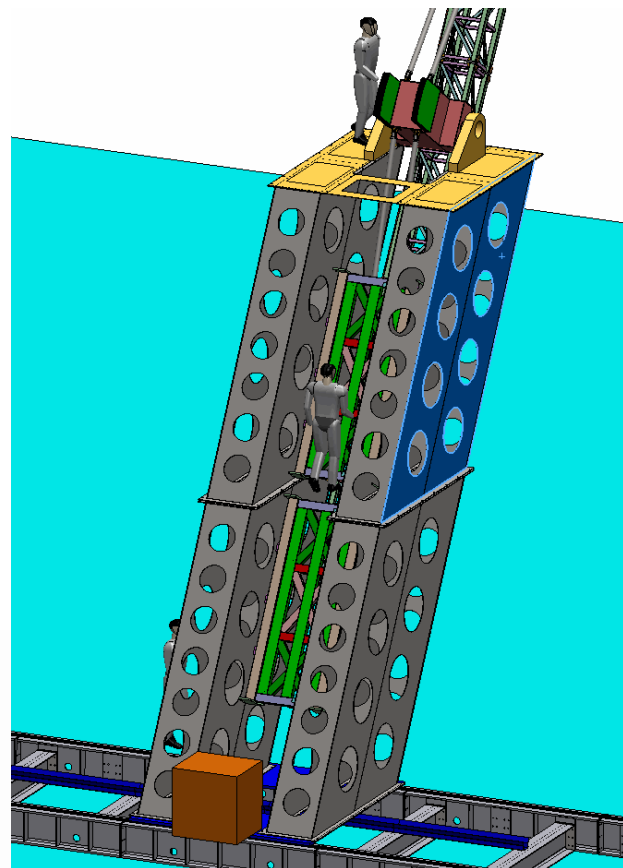
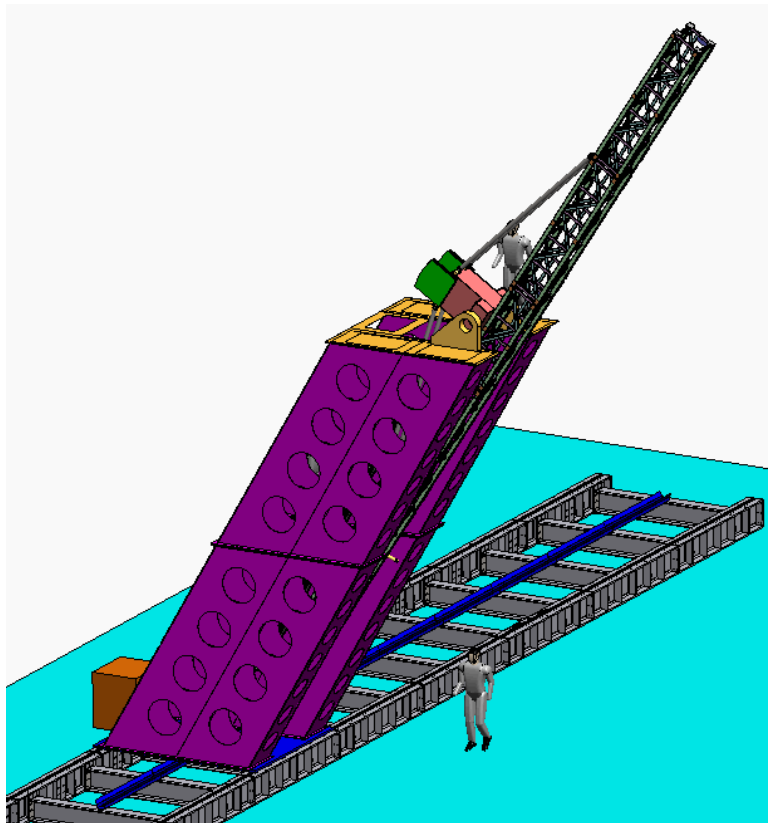


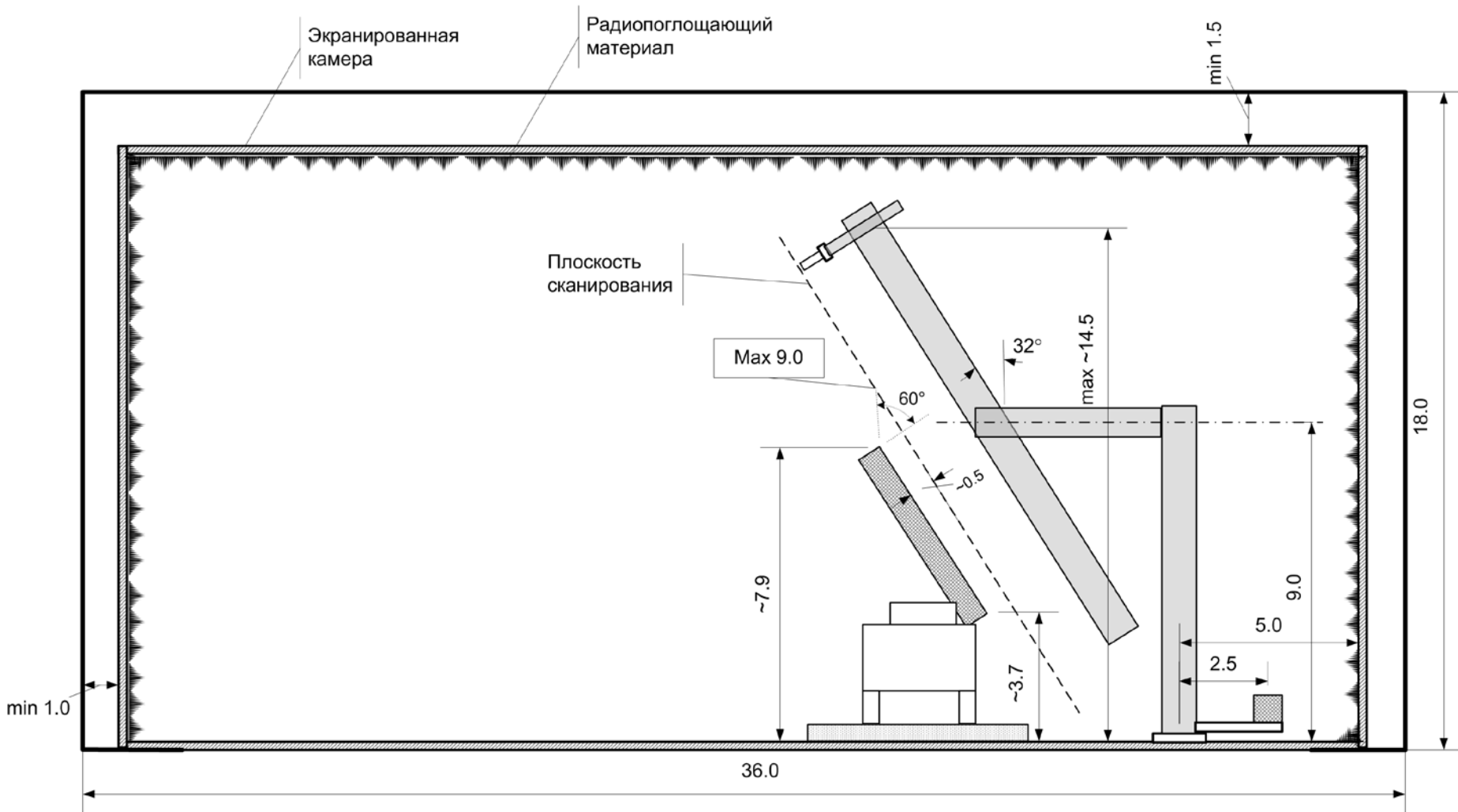


Примеры измерений

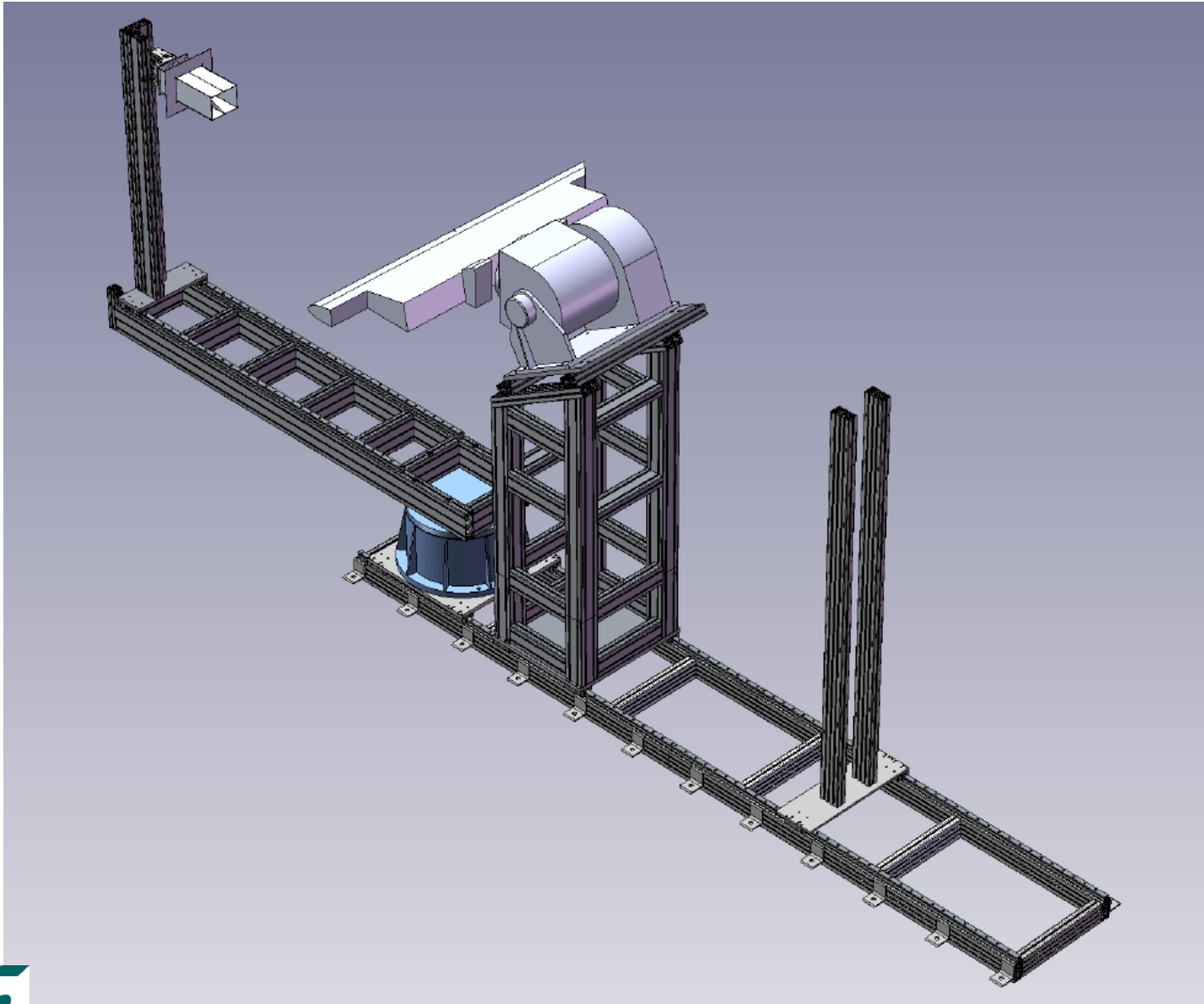


Наклонный сканер

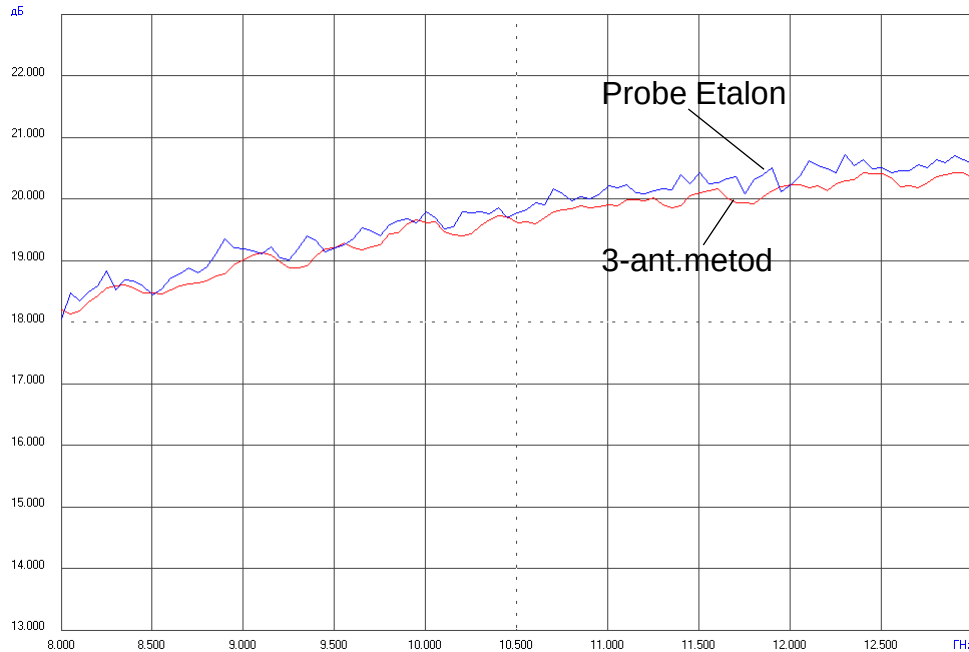




Вариант сферического сканера



Gain NF – Probe Etalon

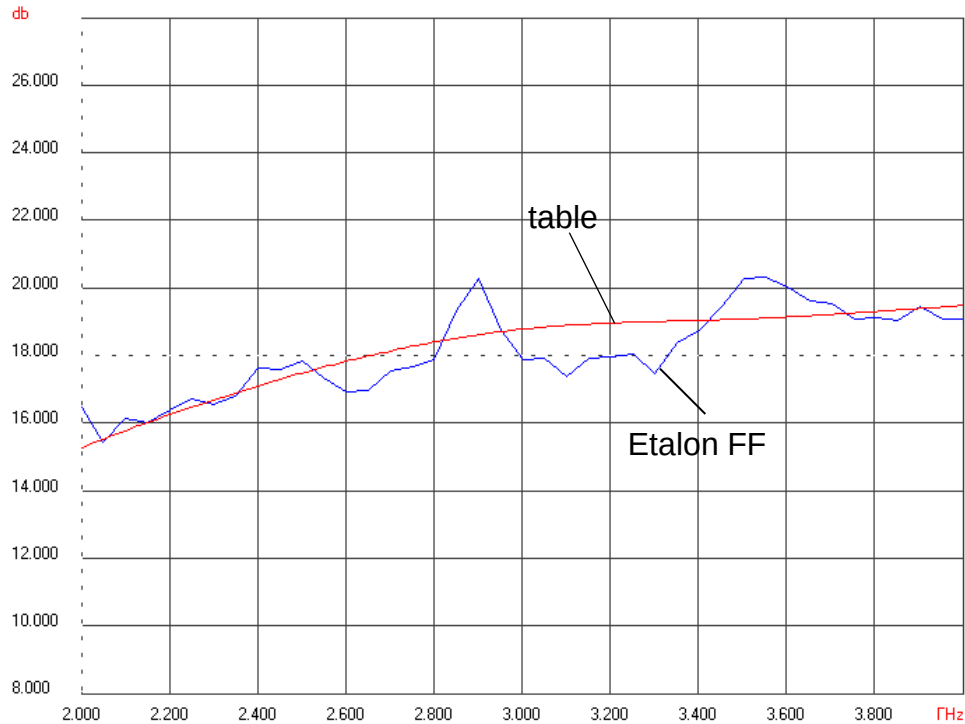


$$G_a(\vec{K}_0) = \left(\frac{4\pi}{\lambda^2} \right)^2 M \frac{\left| \delta_x \delta_y \sum B_0(\vec{P}_i) e^{-j\vec{K}_0 \cdot \vec{P}_i} \right|^2}{|a_n|^2 G_p(\vec{K}_0)}$$

$$G_p(\vec{K}_0) = \left(\frac{4\pi}{\lambda^2} \right)^2 M \frac{\left| \delta_x \delta_y \sum B_0(\vec{P}_i) e^{-j\vec{K}_0 \cdot \vec{P}_i} \right|^2}{|a_n|^2 G_{et}(\vec{K}_0)}$$

$$EIRP(\vec{K}_0) = \left(\frac{4\pi}{\lambda^2} \right)^2 M \frac{\left| \delta_x \delta_y \sum B'_0(\vec{P}_i) e^{-j\vec{K}_0 \cdot \vec{P}_i} \right|^2}{G_p(\vec{K}_0)} \mathbf{P}_0(\vec{P}_0)$$

Gain NF – Etalon FF

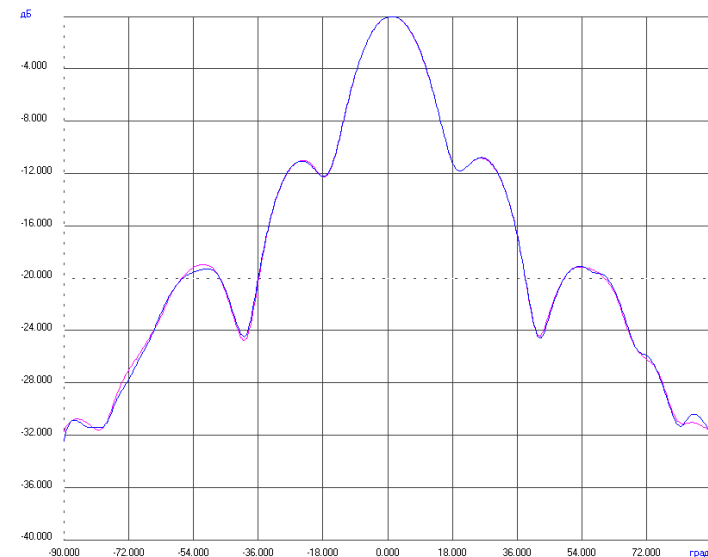
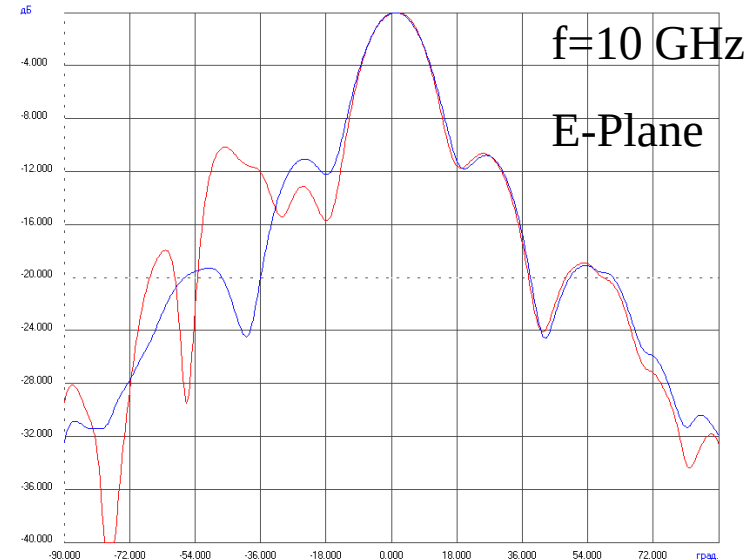
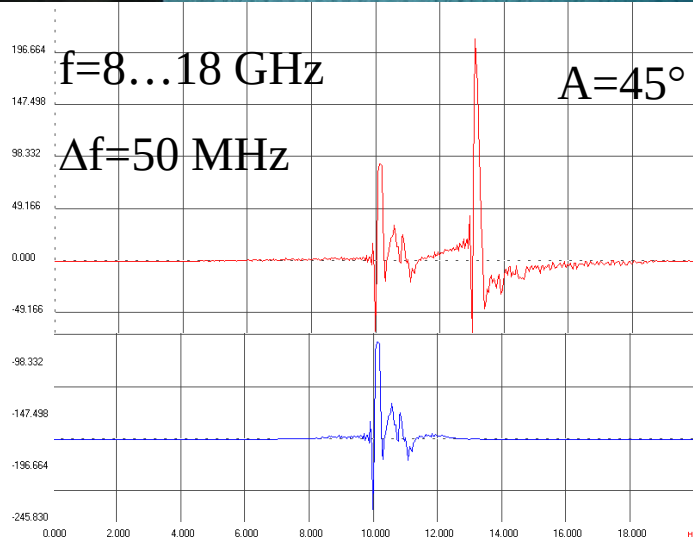
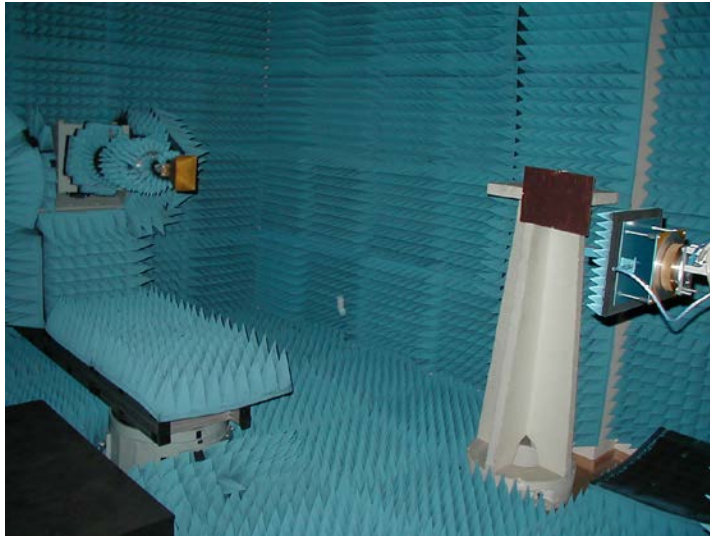


$$G_a(\vec{K}_0) = \left(\frac{4\pi}{\lambda^2} \right)^2 M \frac{\left| \delta_x \delta_y \sum B_0(\vec{P}_i) e^{-j\vec{K}_0 \cdot \vec{P}_i} \right|^2}{|a_n|^2 G_p(\vec{K}_0)}$$

$$G_p(\vec{K}_0) = \left(\frac{4\pi}{\lambda^2} \right)^2 M \frac{P_R^{et}}{P_T^{pr}} \frac{(\lambda d)^2}{G_{et}(\vec{K}_0)}$$

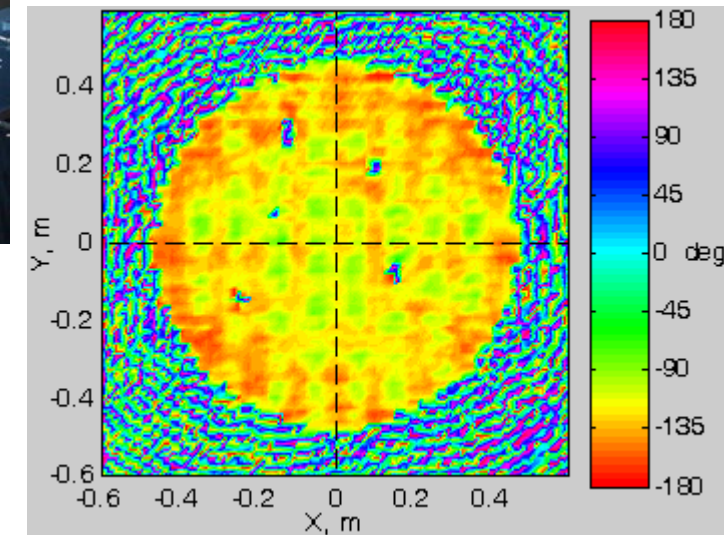
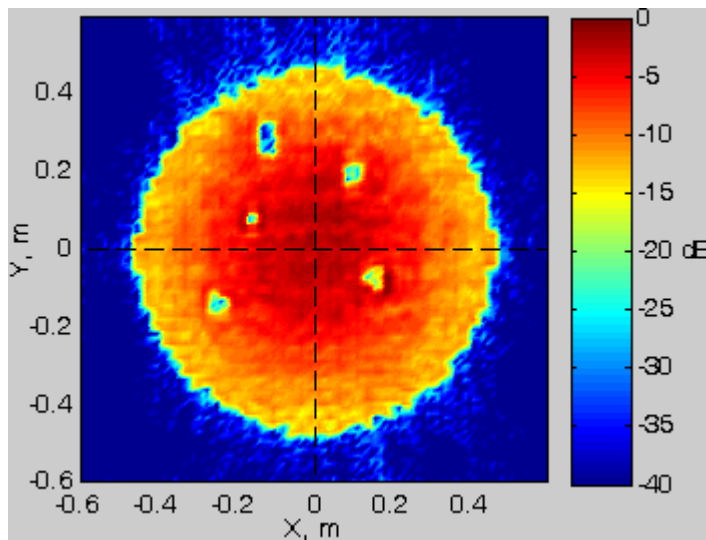
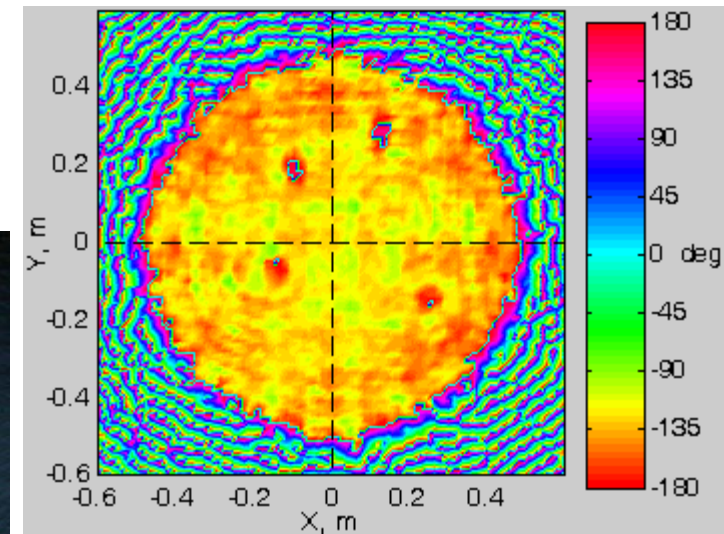
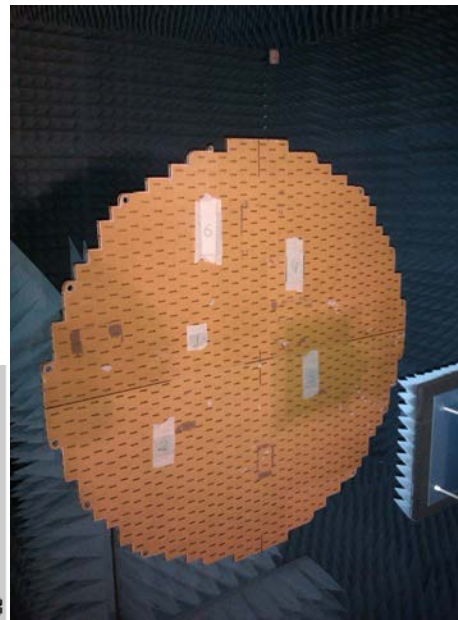
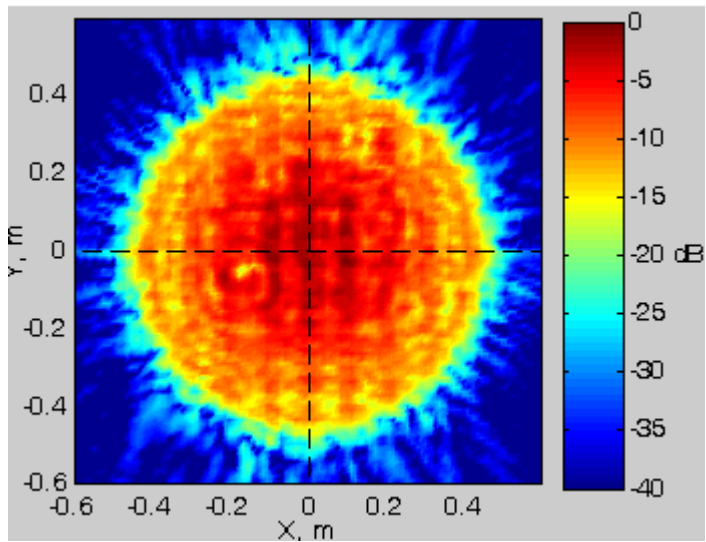
$$G_a(\vec{K}_0) = \frac{\left| \delta_x \delta_y \sum B_0(\vec{P}_i) e^{-j\vec{K}_0 \cdot \vec{P}_i} \right|^2}{P_R^{et}} \frac{G_{et}(\vec{K}_0)}{(\lambda d)^2}$$

Измерение с синтезированием многочастотного сигнала



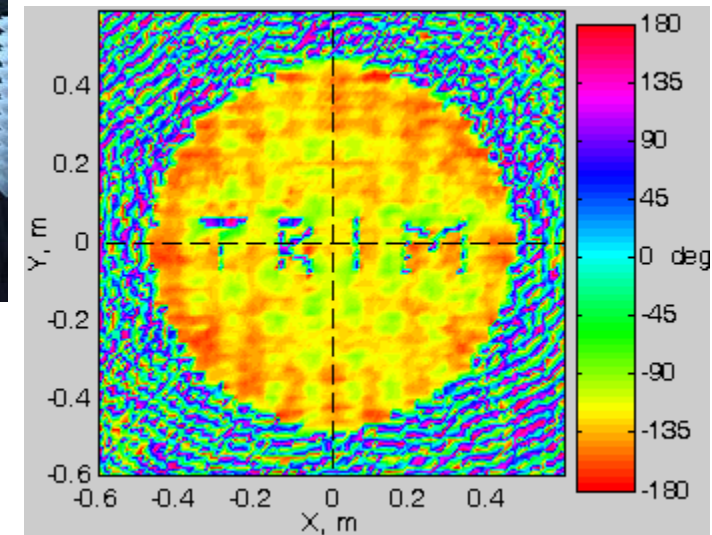
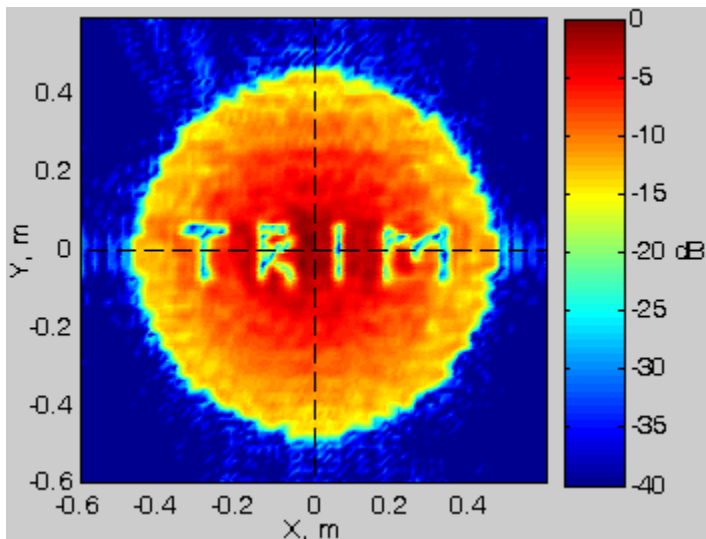
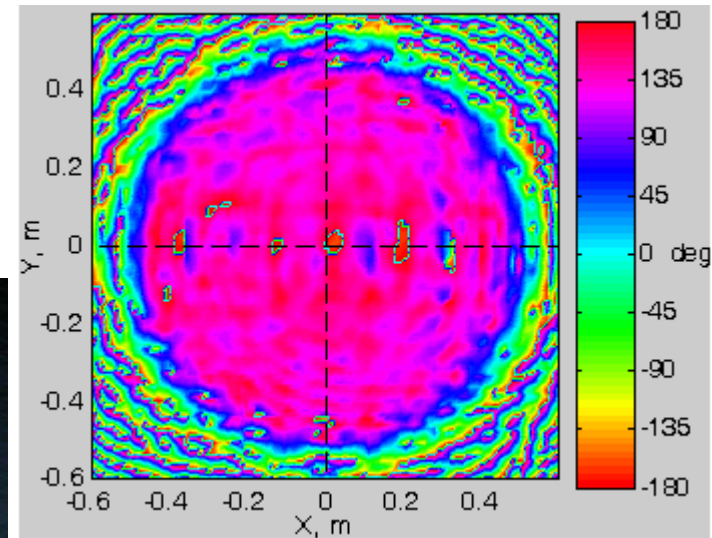
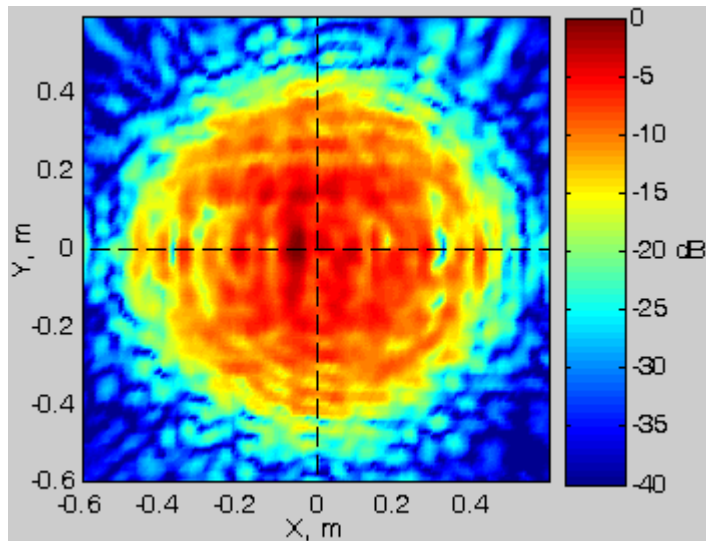
Восстановление АФР в раскрыве

$d=10\text{ cm}$



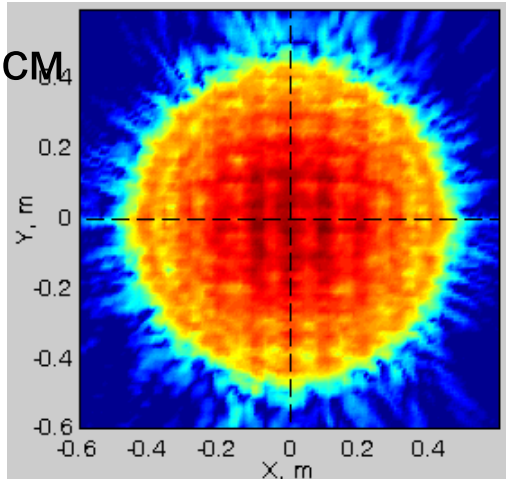
Восстановление АФР в раскрыве

$d=40$ см



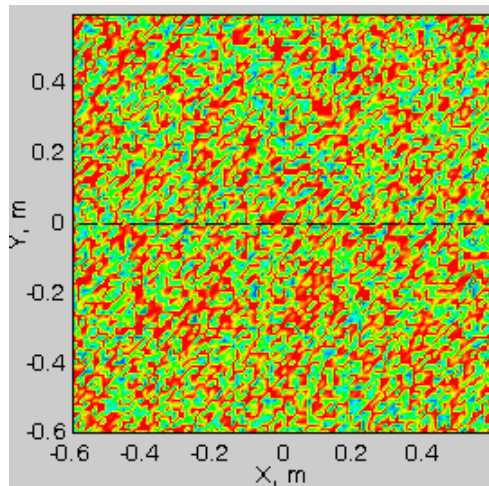
Восстановление фазы

d=10 cm

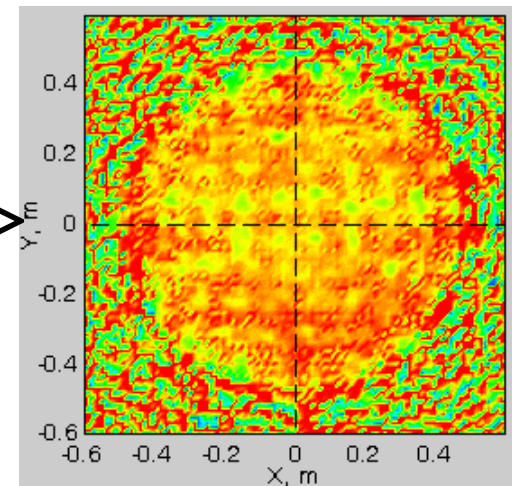


+ =

Meas.

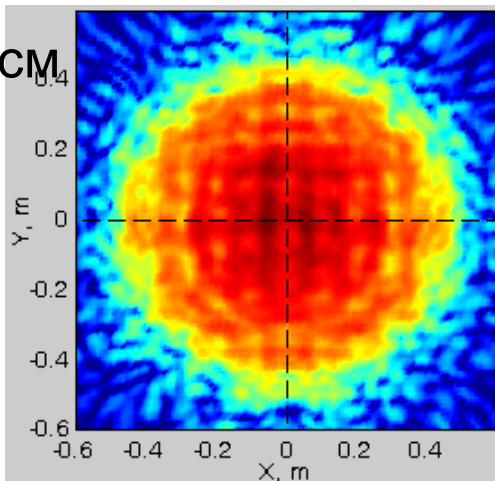


Calc.



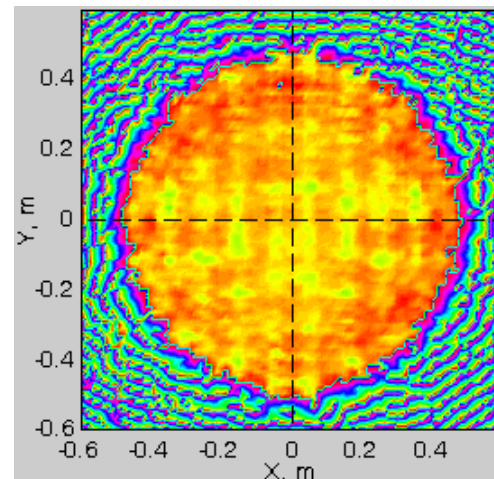
→

d=40 cm



Meas. (d=10 cm)

()



Распространение ближнего поля

