

Моделирование режима работы антенной системы «Юг + Плоский» РАТАН-600 с корректирующим зеркалом

М. К. Лебедев

СПбГУ

В. Б. Хайкин, В. М. Богод

Санкт-Петербургский филиал САО РАН

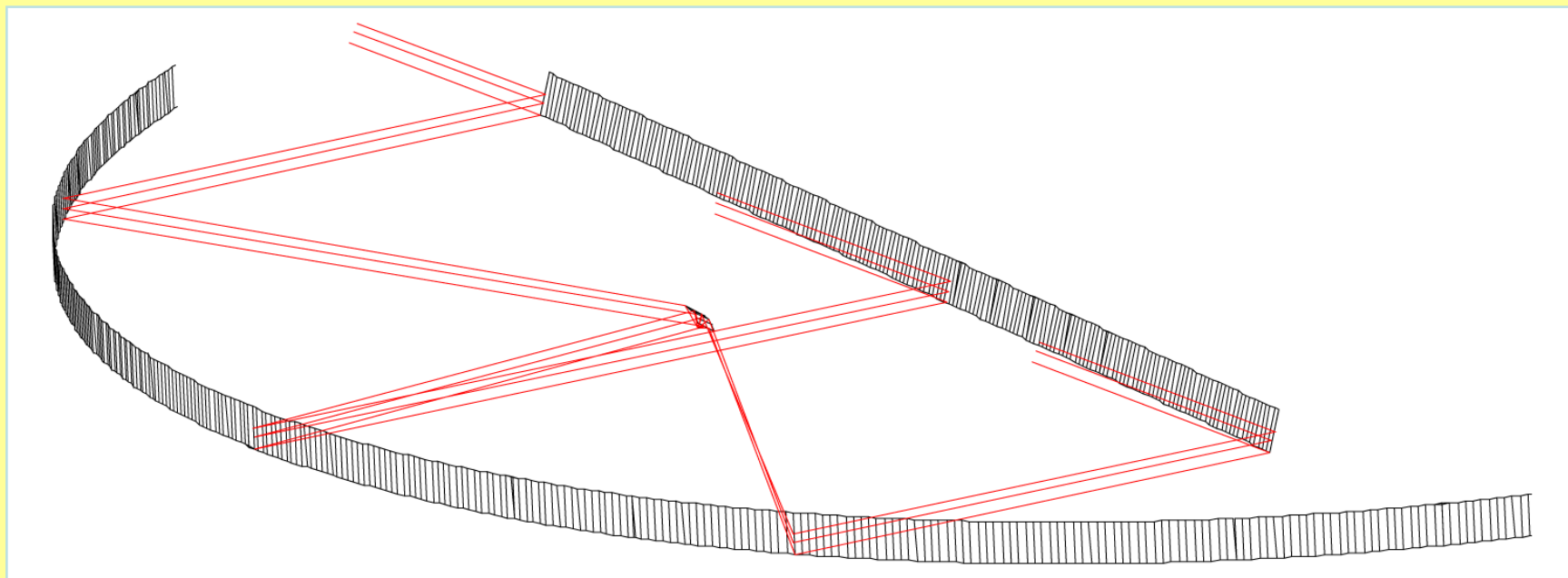
PATAH-600



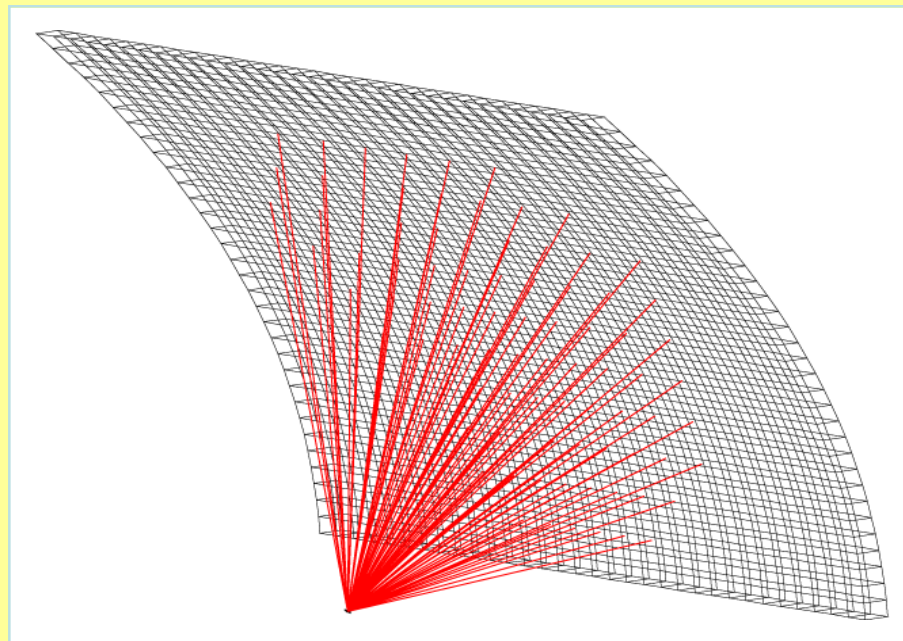
РАТАН-600



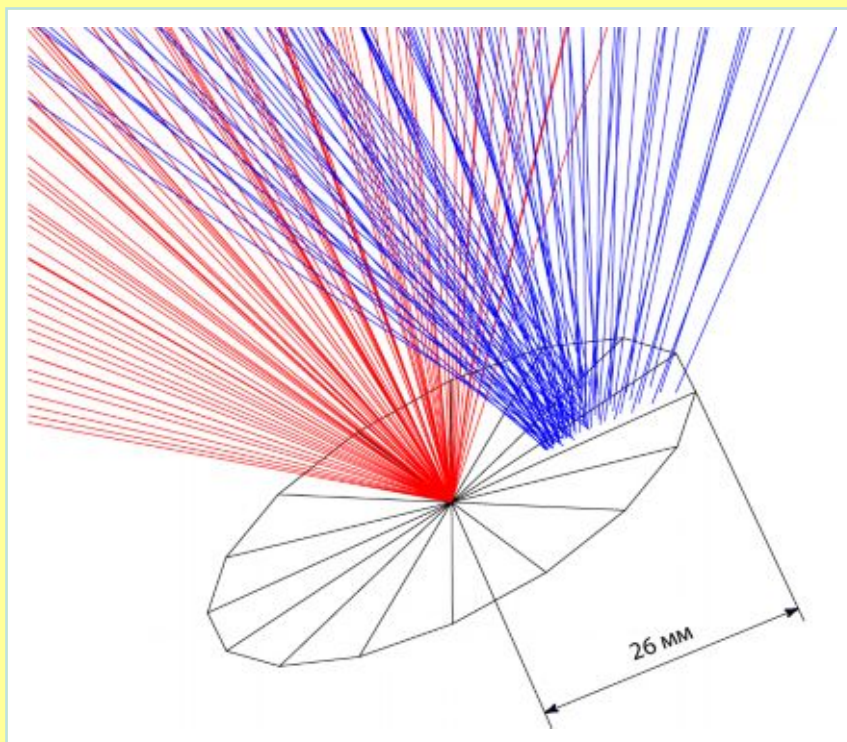
Антенная система «Юг + Плоский»



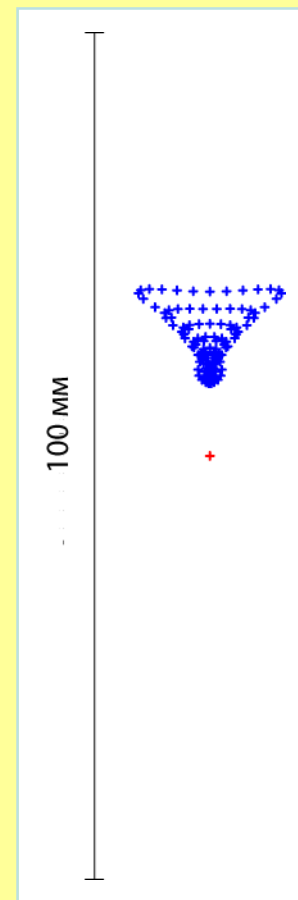
Зеркало облучателя



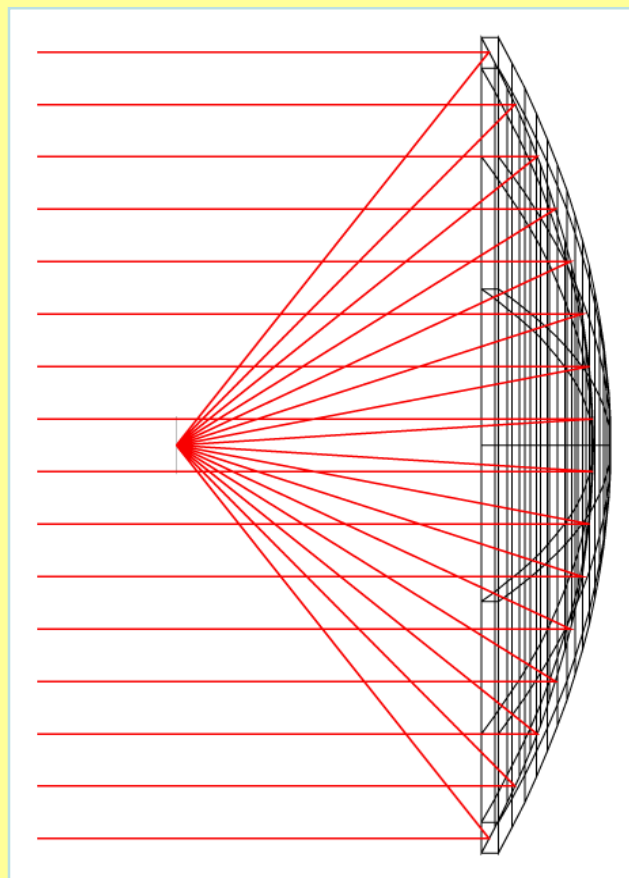
Фокусировка осевого и внеосевого пучков



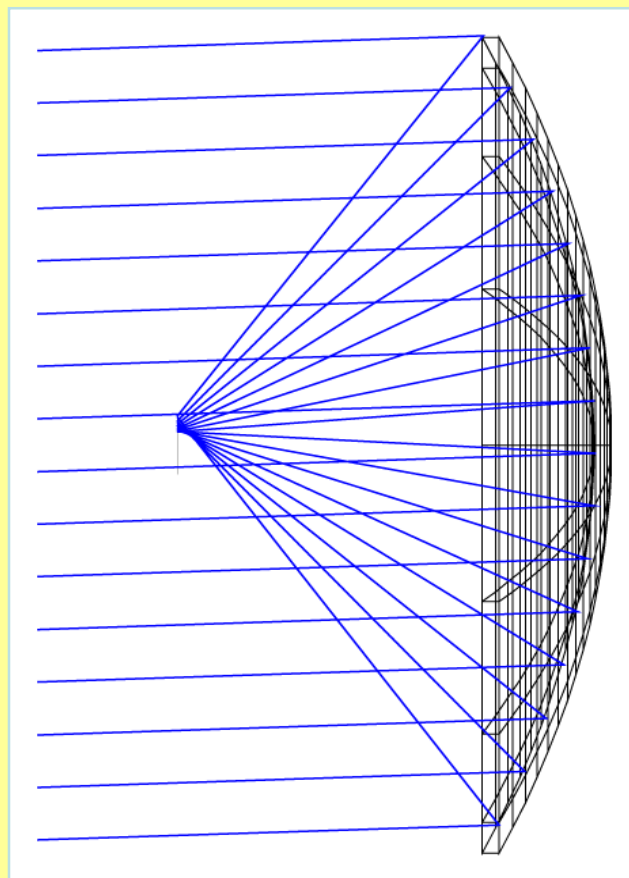
Отклонение в вертикальной
плоскости — 12"



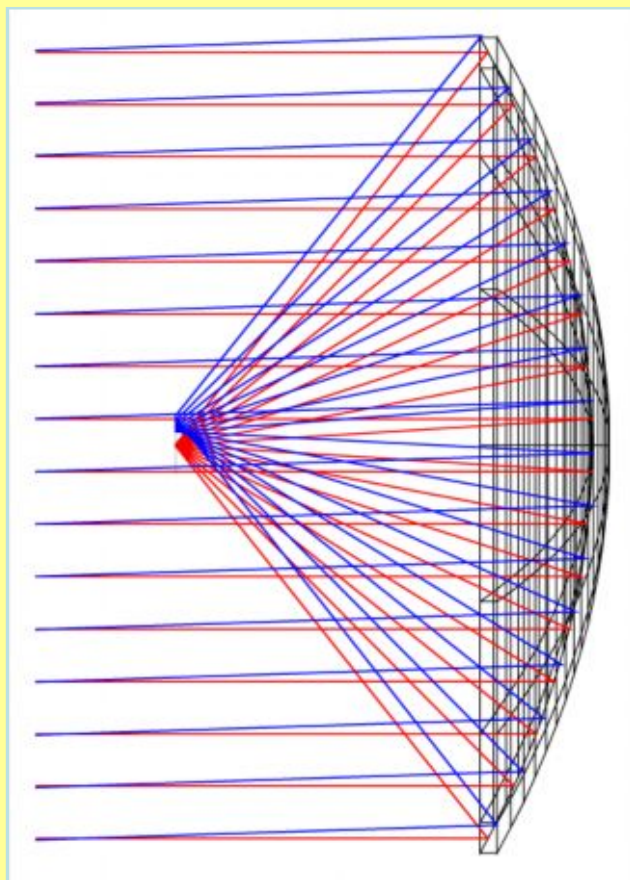
Рефлектор Ньютона



Рефлектор Ньютона



Рефлектор Ньютона



Недостатки схемы Ньютона

- большая внеосевая кома;
- малый размер поля изображения.

Следствия:

- искажения диаграммы направленности при необходимости работы вне точного фокуса (поляризационные измерения);
- необходимость размещения приемников на фокальной линии;
- невозможность использования матричных приемников.

Методы подавления аббераций

- Использование **предварительной коррекции волнового фронта** (схема Шмидта) — см. *Е. К. Майорова, В. Б. Хайкин. Радиотелескоп РАТАН-600 как двухзеркальная апланатическая система. Известия вузов. Радиофизика. Т. XLII, № 3, 2000. С. 185-196.*
- Построение **апланатической системы** (требуется введение в систему двух асферических поверхностей).
- Использование **дополнительного зеркала** (схемы типа Кассегрена и Грегори).

Схема Грегори

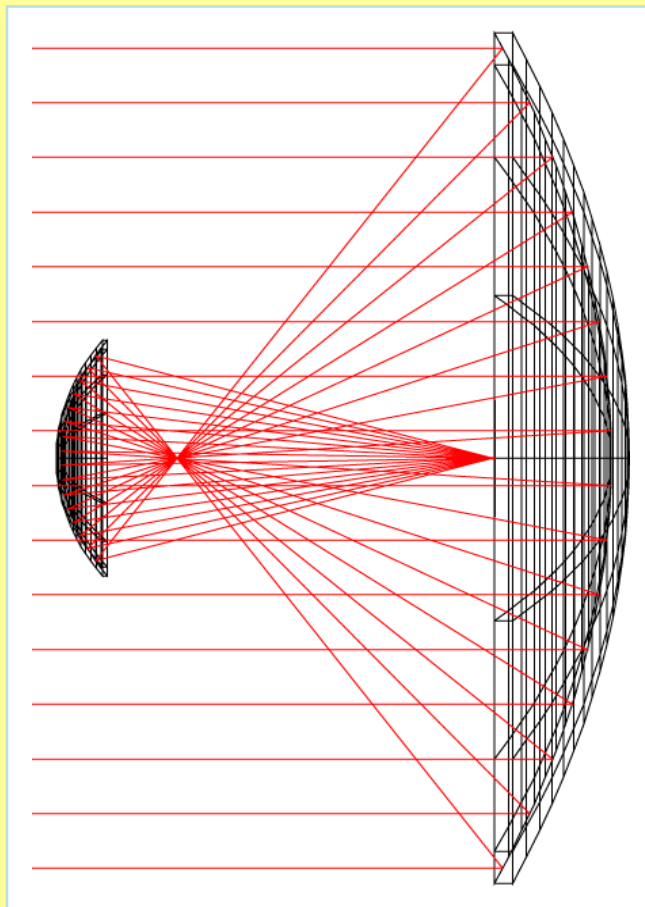


Схема Грегори

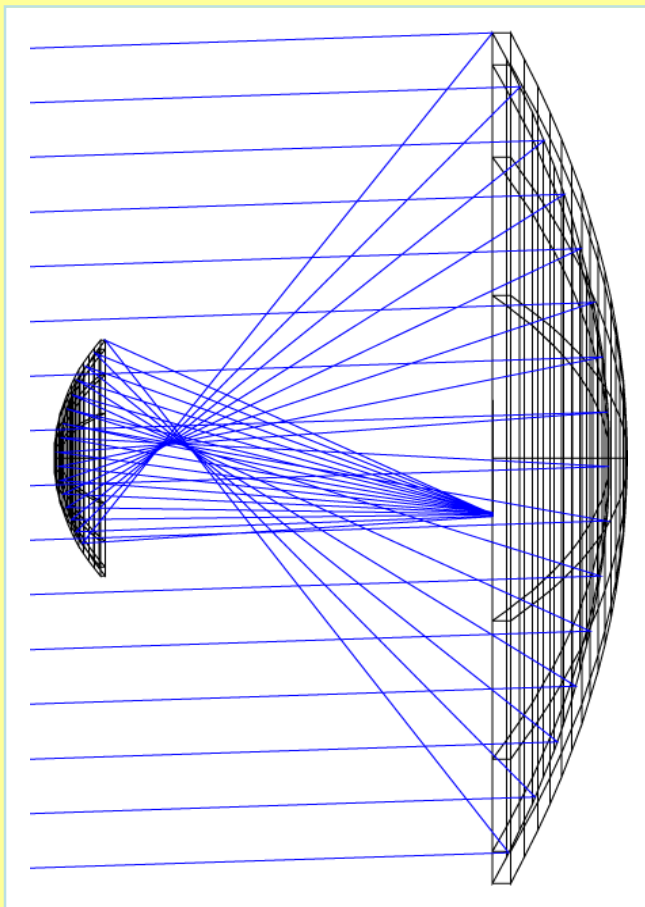
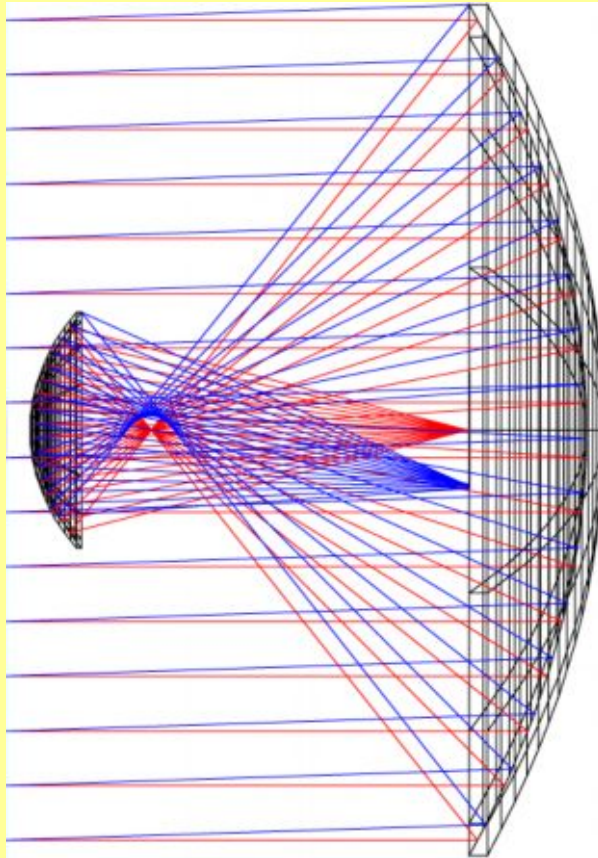


Схема Грегори



Схемы Грегори и Кассегрена

- Осуществляют преобразование короткофокусной системы в длиннофокусную.
- Эффективное фокусное расстояние системы

$$F = M f,$$

где $M = (e + 1)/(e - 1)$ — увеличение,
 e — эксцентриситет вспомогательного зеркала.

NRT (Nançay, Франция)



Старая приемная система NRT



Реконструкция приемной системы NRT (проект FORT)



Макет новой приемной системы



Тележка облучателя

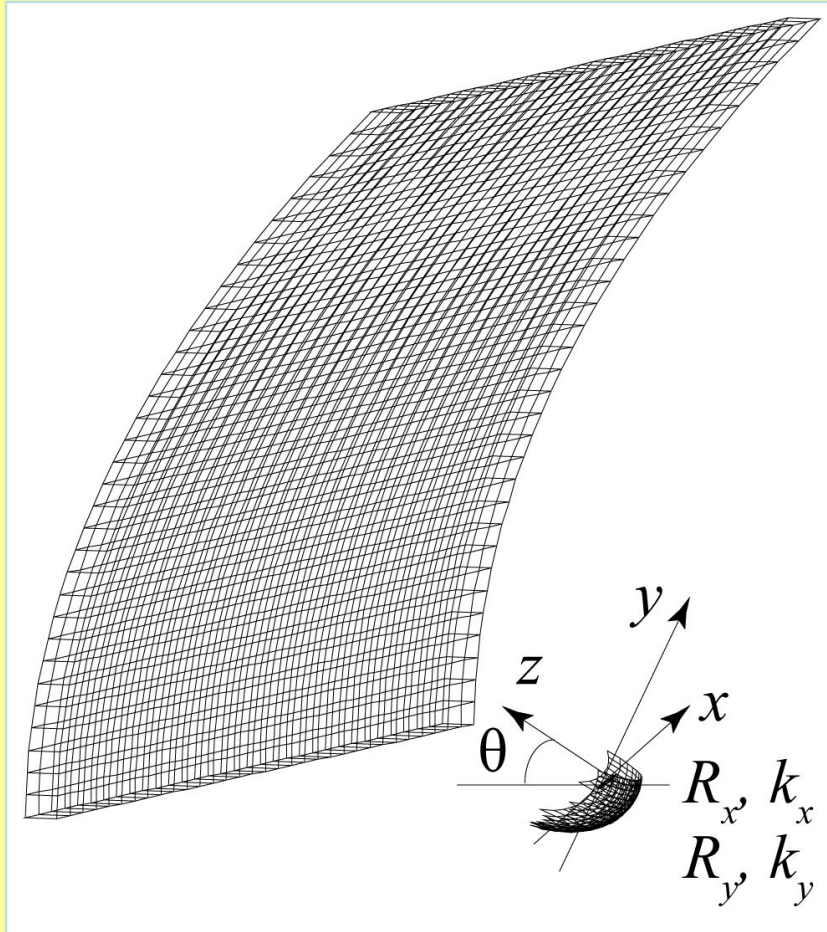


Вторичное зеркало



Третичное зеркало

Параметры оптимизации



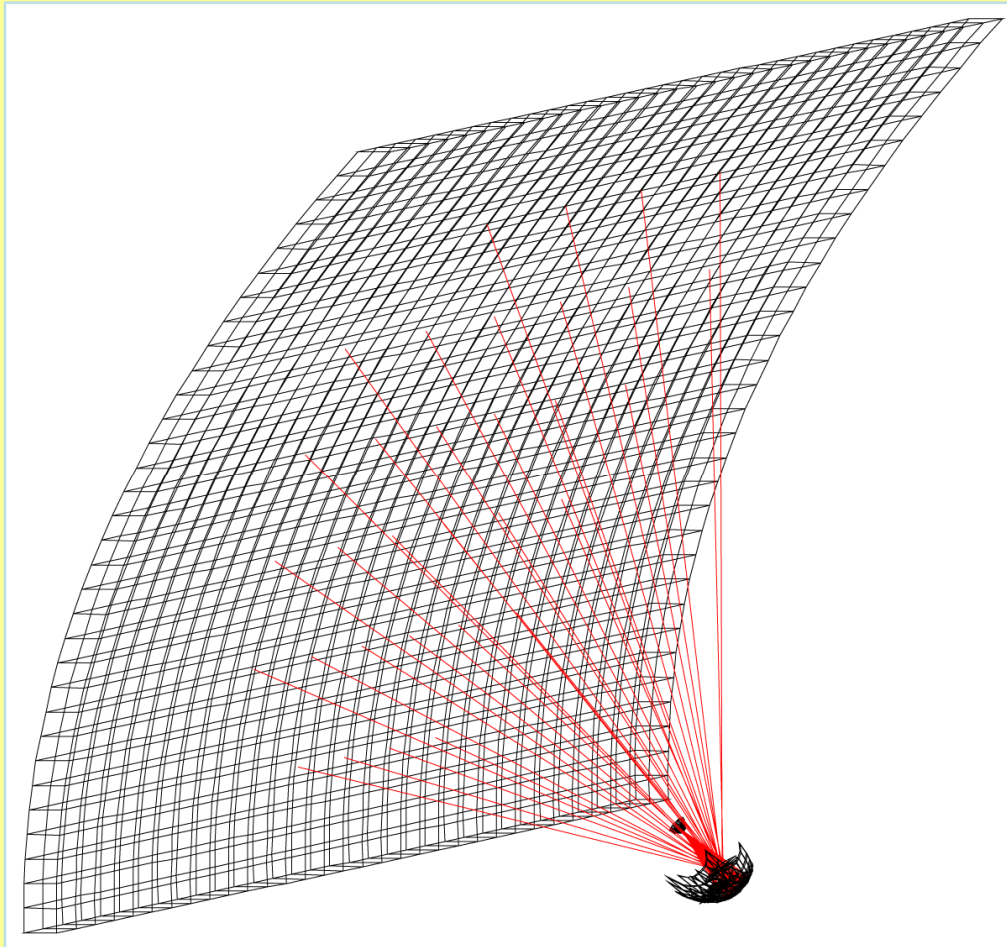
Параметры вспомогательного зеркала

$$z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x) c_x^2 x^2 - (1 + k_y) c_y^2 y^2}},$$
$$c_{x,y} = \frac{1}{R_{x,y}}; k_{x,y} = -e_{x,y}^2.$$

Параметры главного зеркала

$$R, k;$$
$$-1 \leq k < 0.$$
$$z = \frac{x_m^2 / R}{1 + \sqrt{1 - (1 + k) x_m^2 / R^2}}.$$

Результаты оптимизации

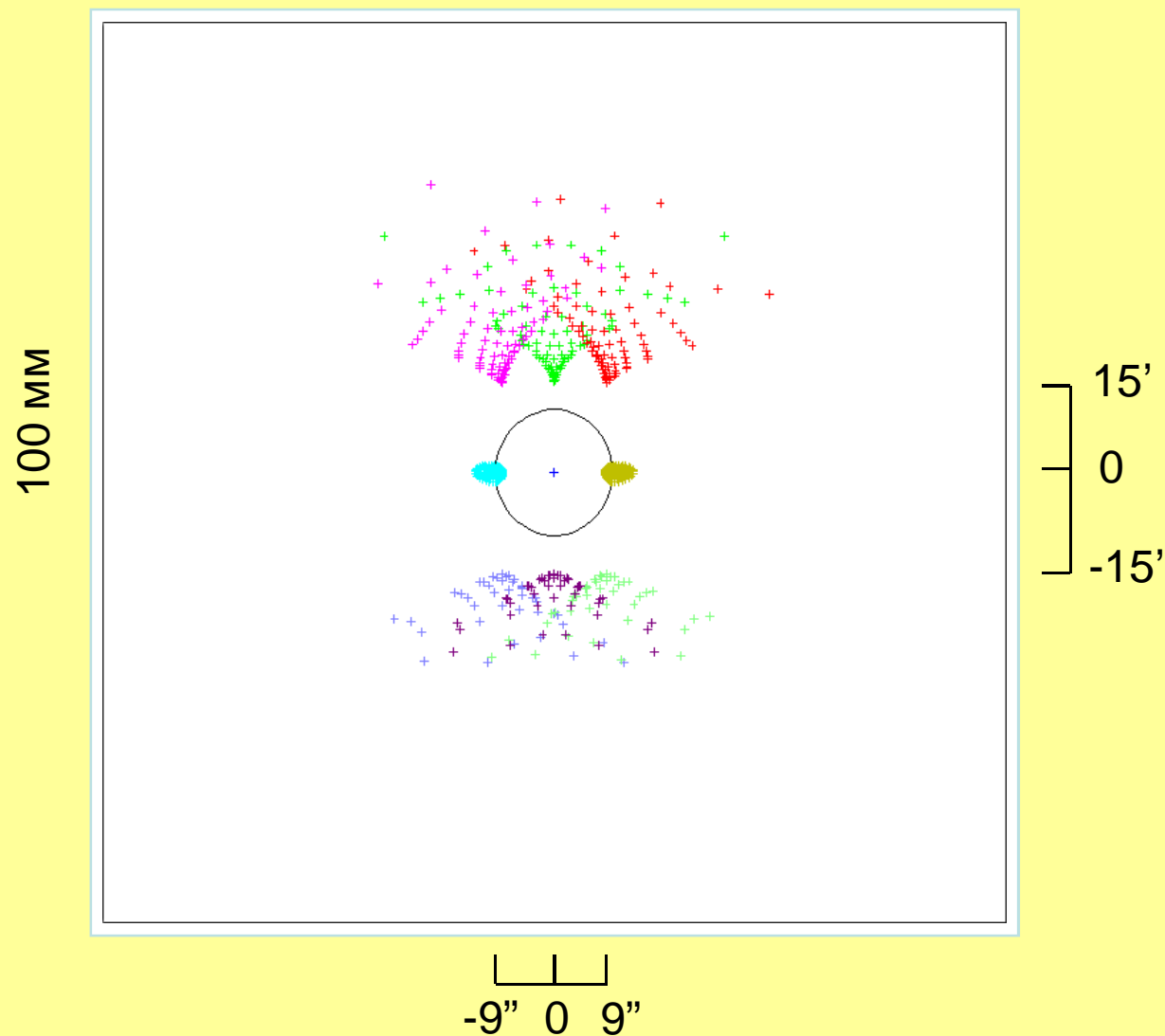


Расстояние от первичного фокуса до вершины зеркала 150 мм, расстояние от вершины зеркала до поверхности изображения 450 мм.

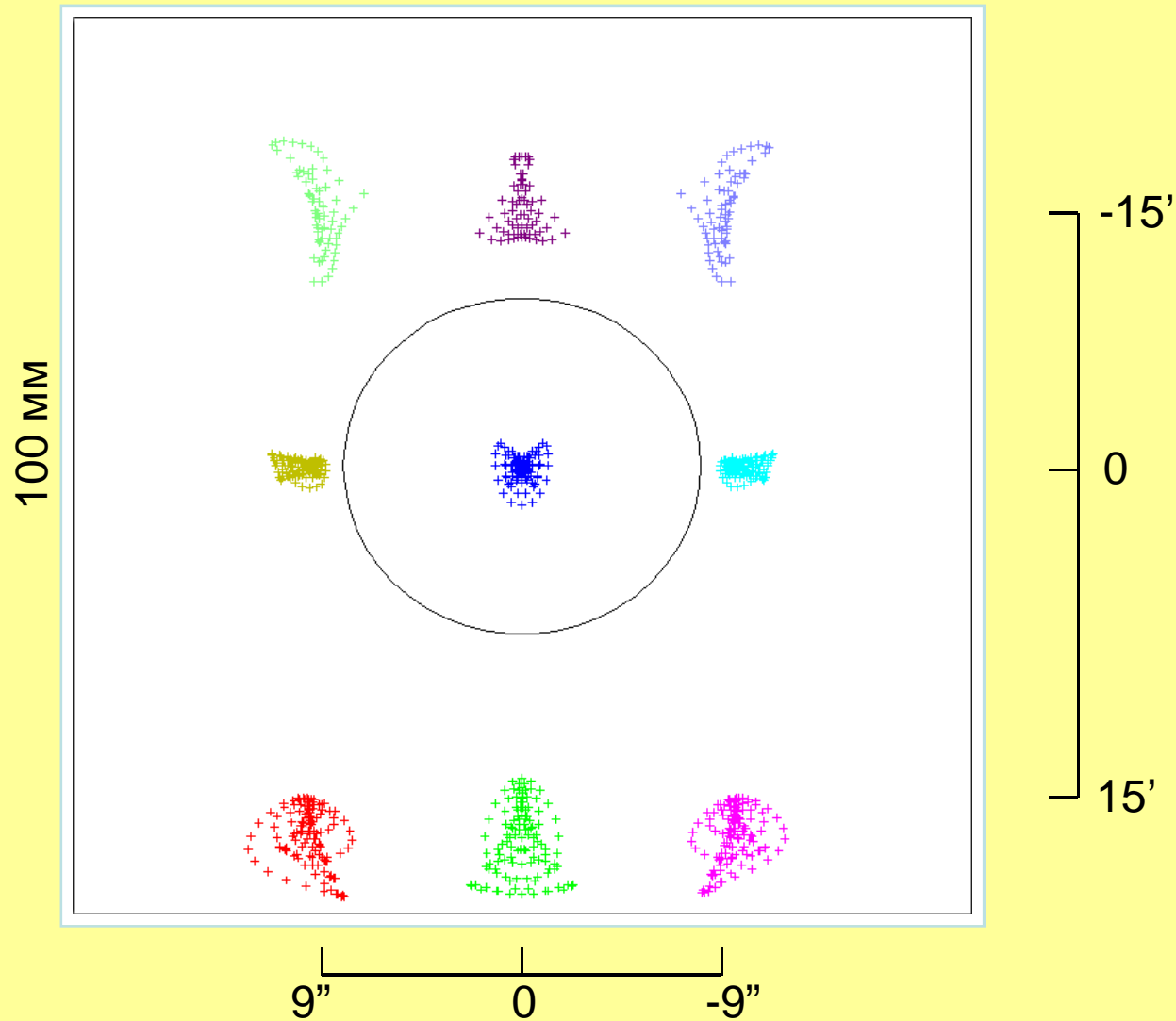
Размер вспомогательного зеркала ~390 мм

$$\begin{aligned}R_x &= 186.47 \text{ мм}; k_x = -0.4493; \\R_y &= 224.46 \text{ мм}; k_y = -0.3305; \\R &= 263666 \text{ мм}; k = -0.999774; \\ \theta &= 43.4^\circ.\end{aligned}$$

Структура пятен в первичном фокусе (до оптимизации)

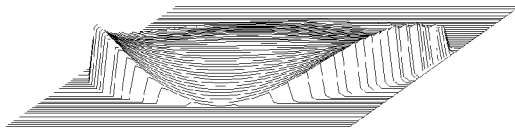


Структура пятен на фокальной поверхности

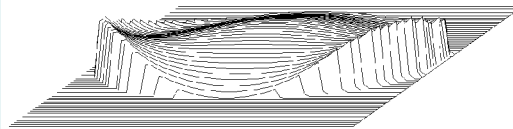


Волновые aberrации

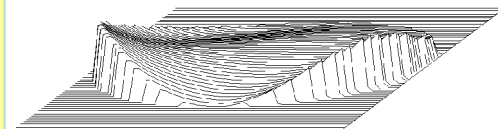
$\max - \min = 0,0577\lambda;$
 $\sigma = 0.0096\lambda.$



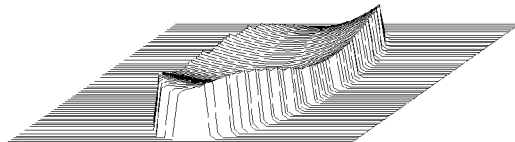
$\max - \min = 0,0535\lambda;$
 $\sigma = 0.0082\lambda.$



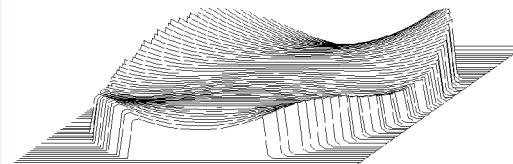
$\max - \min = 0,0577\lambda;$
 $\sigma = 0.0096\lambda.$



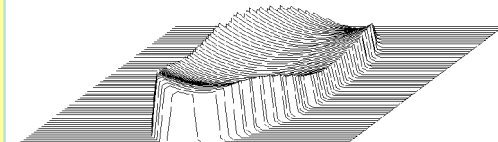
$\max - \min = 0,0433\lambda;$
 $\sigma = 0.0086\lambda.$



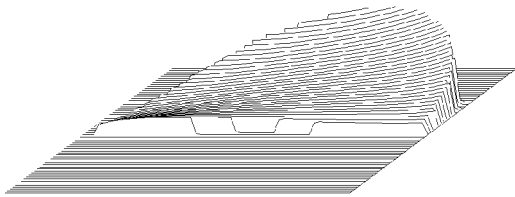
$\max - \min = 0,0589\lambda;$
 $\sigma = 0.0079\lambda.$



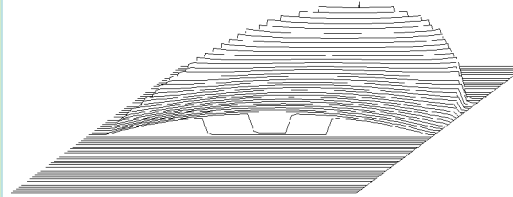
$\max - \min = 0,0433\lambda;$
 $\sigma = 0.0086\lambda.$



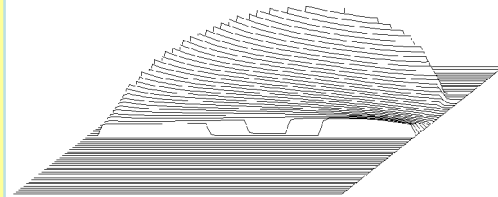
$\max - \min = 0,2010\lambda;$
 $\sigma = 0.0436\lambda.$



$\max - \min = 0,1542\lambda;$
 $\sigma = 0.0317\lambda.$



$\max - \min = 0,2010\lambda;$
 $\sigma = 0.0436\lambda.$



Использование корректирующего зеркала позволяет

- увеличить размер фокальной области;
- улучшить качество изображения на периферии фокальной области;
- использовать матричные приемники;
- при необходимости работы вне точного геометрического фокуса улучшить характеристики диаграммы направленности.