

**Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**

**Институт прикладной математики и механики**

**Кафедра «Прикладная математика»**

**Отчет по дисциплине «Вычислительные комплексы» по  
лабораторной работе №3  
«Эмиссионная томография плазмы. Построение и исследование  
СЛАУ»**

Выполнил студент группы 3630102/60201

Чепулис М.А.

Преподаватель: Баженов А.Н.

Санкт-Петербург

2019

## Оглавление

Постановка задачи .....	3
Теория .....	3
Построение разбиения сетки .....	3
Информация о детекторе .....	3
Нахождение сечения плазмы плоскостью $x = H$ .....	5
Реализация.....	5
Результаты .....	5
Обсуждение .....	17
Литература .....	18
Приложение.....	18
Код программы на Matlab .....	18

## Постановка задачи

Считать данные из g-файла

Построить разбиение («паутинку») расчётной области плазмы (сепаратрисы)

Построить геометрическую матрицу хорд

Поставить задачу о нахождении различных областей (переопределённая СЛАУ)

Более подробная постановка задачи изложена в [\[3\]](#)

## Теория

Сепаратрисы - граница плазмы, последняя замкнутая поверхность магнитного потока

Магнитная ось – экстремум магнитного потока

### Построение разбиения сетки

Алгоритм построения взять из [\[3\]](#)

- Делим область на 2 сектора (по экватору)
- В каждом секторе находим точку с максимальным радиусом кривизны
- Найдены 4 особые точки (2 на экваторе, 2 в точках с максимальным радиусом кривизны)
- Внутри каждого сектора проводим ещё N дополнительных отрезков. Итого получено 4N отрезка
- Находим у каждого из отрезков середину и соединяем их между собой
- В итоге получили разбиение пространства (сетку)

### Информация о детекторе

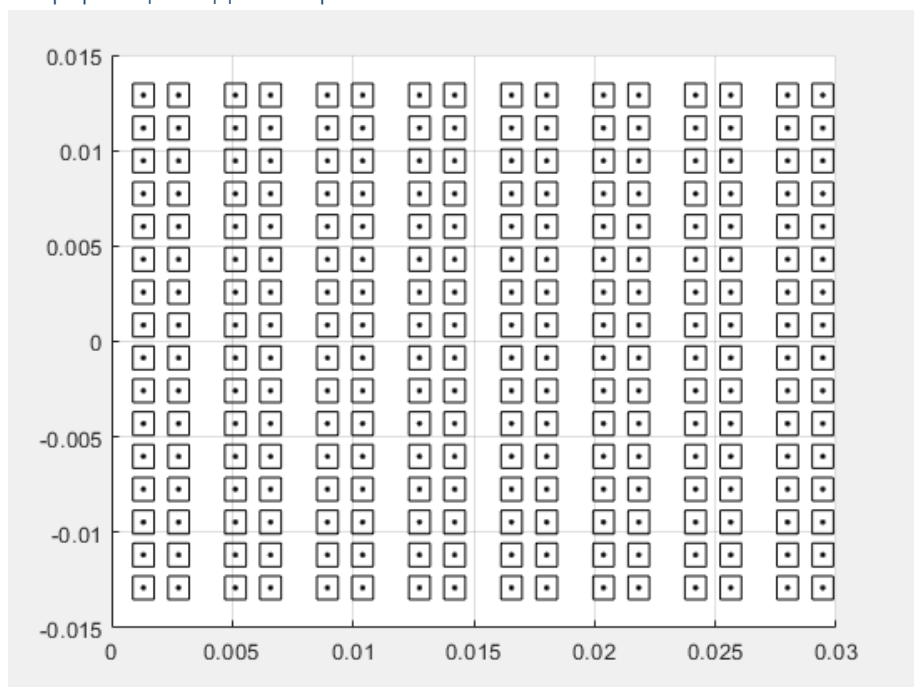


Рисунок 1 график плоскости детектора

Информация о детекторе получена из [4] и [5]

Угол между направлением камеры-обскуры и направлением на центр (между 8 и 9 лучами):

$$ang = \arccos\left(\frac{708^2 + 720^2 - 31^2}{2 * 708 * 720}\right)$$

Положение края детектора (1-го столбца) (в координатах XY):

$$spd\_start = (0, -0.708)$$

Положение 16-го столбца (в координатах XY):

$$spd\_end = (0.72 * \sin(ang), 0.72 * (-\cos ang)) = (0.02886 - 0.7194)$$

Вектор направления камеры-обскуры в экваториальной плоскости (в координатах XY)

$$spd\_vect = \frac{(spd\_end - spd\_start)}{\|spd\_end - spd\_start\|} = (0.9296, -0.3685)$$

Шаг между столбцами в плоскости детектора, 2 числа («малый» и «большой» шаги)

$$spd\_xy\_step = (2.3375 - 0.88, 3.81 - 2.3375 + 0.88) * 10^{-3} = (0.0015, 0.0024)$$

Центр детектора (в координатах XY)

$$pp = spd\_start + spd\_vect * \frac{((spd\_xy\_step(1) + spd\_xy\_step(2)) * 8 + 0.52 * 1e - 03)}{2} = (0.0144, -0.7137);$$

Отступ Апертуры от центра детектора:

$$aperture\_xy\_offset = 0.0395$$

Координата апертуры (в плоскости XY)

$$aperture\_xy = (pp(1) - spd\_vect(2) * aperture\_xy\_offset, pp(2) + spd\_vect(1) * aperture\_xy\_offset) \\ = (0.0290, -0.6770)$$

spd xz – устройство детектора в меридиональной плоскости

$$spd\_z\_start = \frac{(27.52 - 0.49)}{2} * 1e - 03 = 0.0135$$

$$spd\_z\_step = -1.72 * 1e - 03 = -0.0017$$

$$spd\_xy = spd\_start + spd\_vect * \left(\frac{spd\_xy\_step(2)}{2} + 0.26 * 1e - 03\right) = (0.0013, -0.7085)$$

## Нахождение сечения плазмы плоскостью $x = H$

Плазма представляется как фигура вращения

Роль образующей выполняет сетка разбиения сепаратрисы

Для каждого вертикального ряда пикселей детектора вычисляется прямая, проходящая через этот пиксель и апертуру детектора. После чего вычисляет  $H$  - расстояние от центра токамака до прямой

Сечение плазмы плоскость  $x = H$

Далее каждый элемента сетки представляется как фигура вращения, ось вращения совпадает с осью токамака, образующая – текущий элемент сетки. Для этой фигуры рассчитывается сечение плоскость  $x=H$ .

В этом сечении для каждого пикселя в вертикальном ряду вычисляется прямая, проходящая через центр пикселя и апертуру детектора.

Далее для ищутся пересечения прямой и элементов сетки, и по точкам пересечений вычисляются длины хорд.

## Реализация

Все задания были выполнены на языке программирования Matlab в среде разработки MATLAB R2017b [\[1\]](#)

Данные из фала считаны функцией «gfile\_extractor\_1t» [\[2\]](#)

Радиус кривизны вычислялся по 3 точкам (как радиус окружности, описанной вокруг треугольника)

$R(i)$  вычисляется по трём точкам:  $A = p(i-1)$ ,  $B = p(i)$ ,  $C = p(i+1)$ , где  $p$  – точки сепаратрисы

Для крайних точек сепаратрисы учитывается её замкнутость

Данные о расположении и параметрах детектора взяты пособия к лабораторной работе [\[4\]](#)

## Результаты

Рассматривается набор данных: 34363

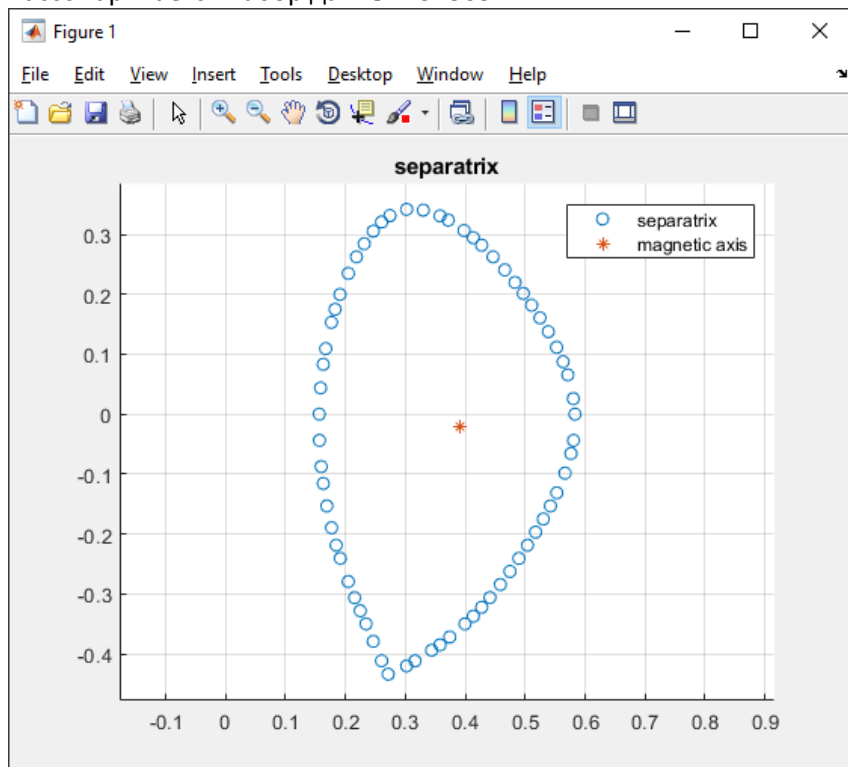


Рисунок 2 график сепаратрисы и магнитной оси

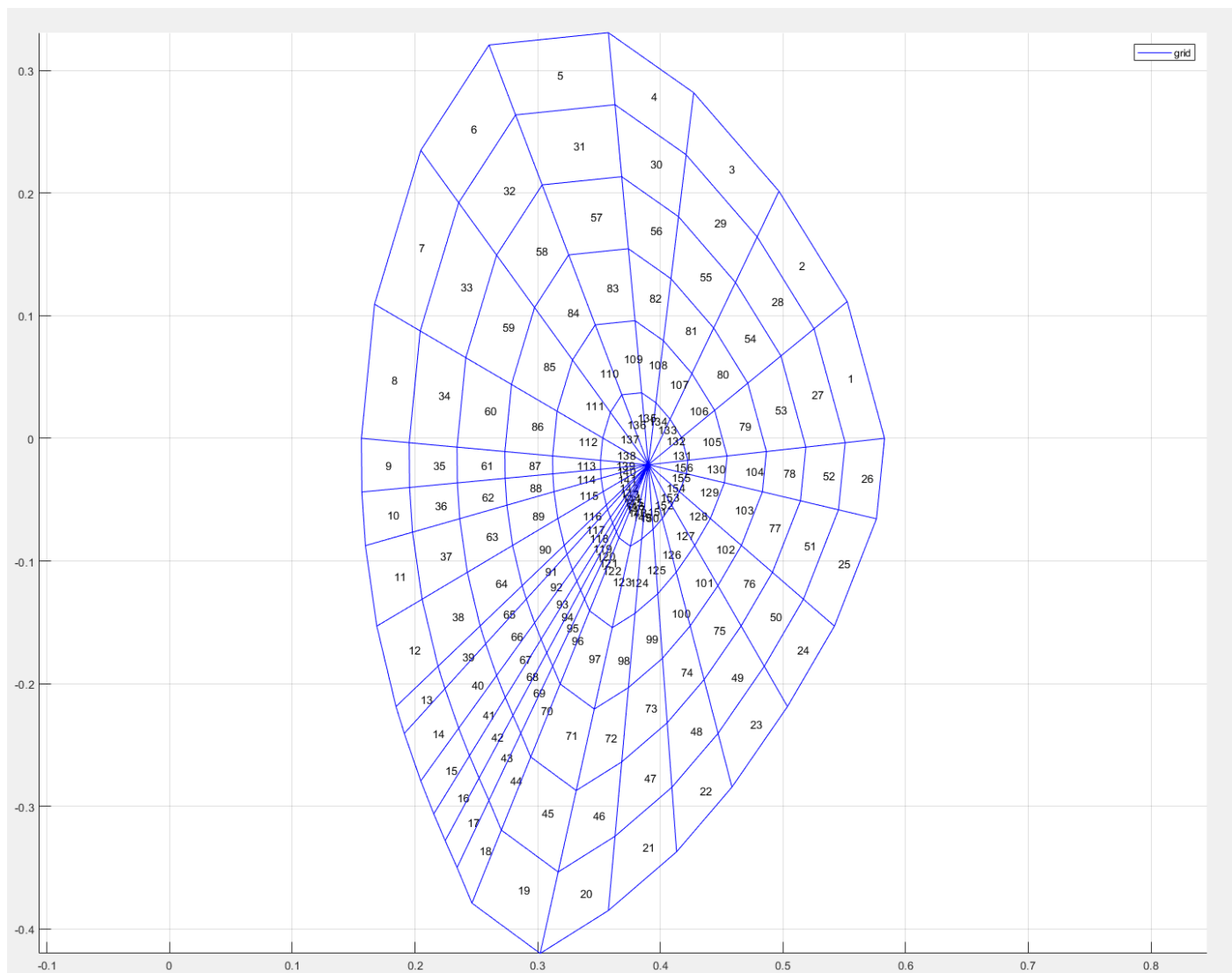


Рисунок 3 разбиение сепаратрисы

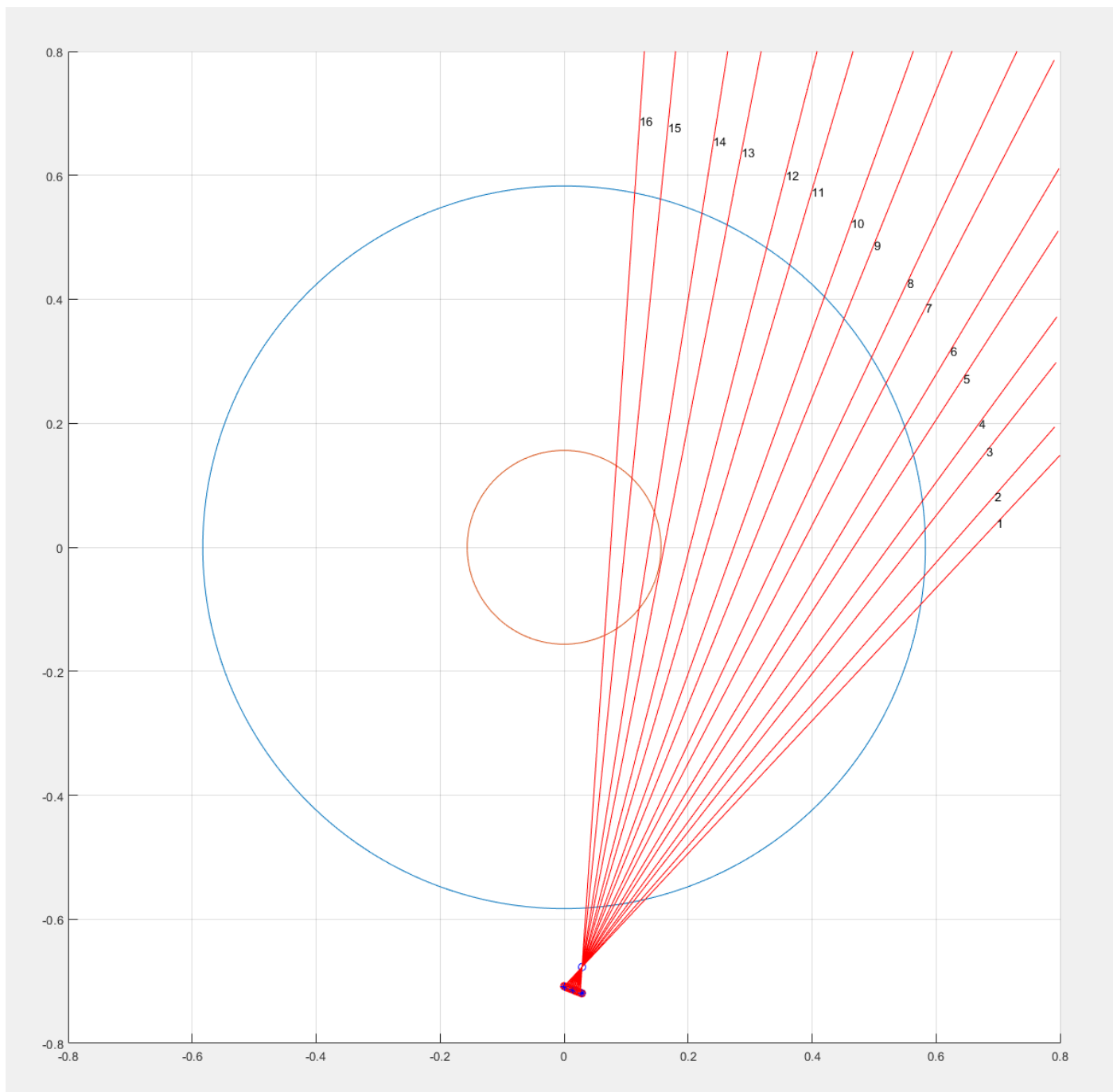


Рисунок 4 график положения сечений

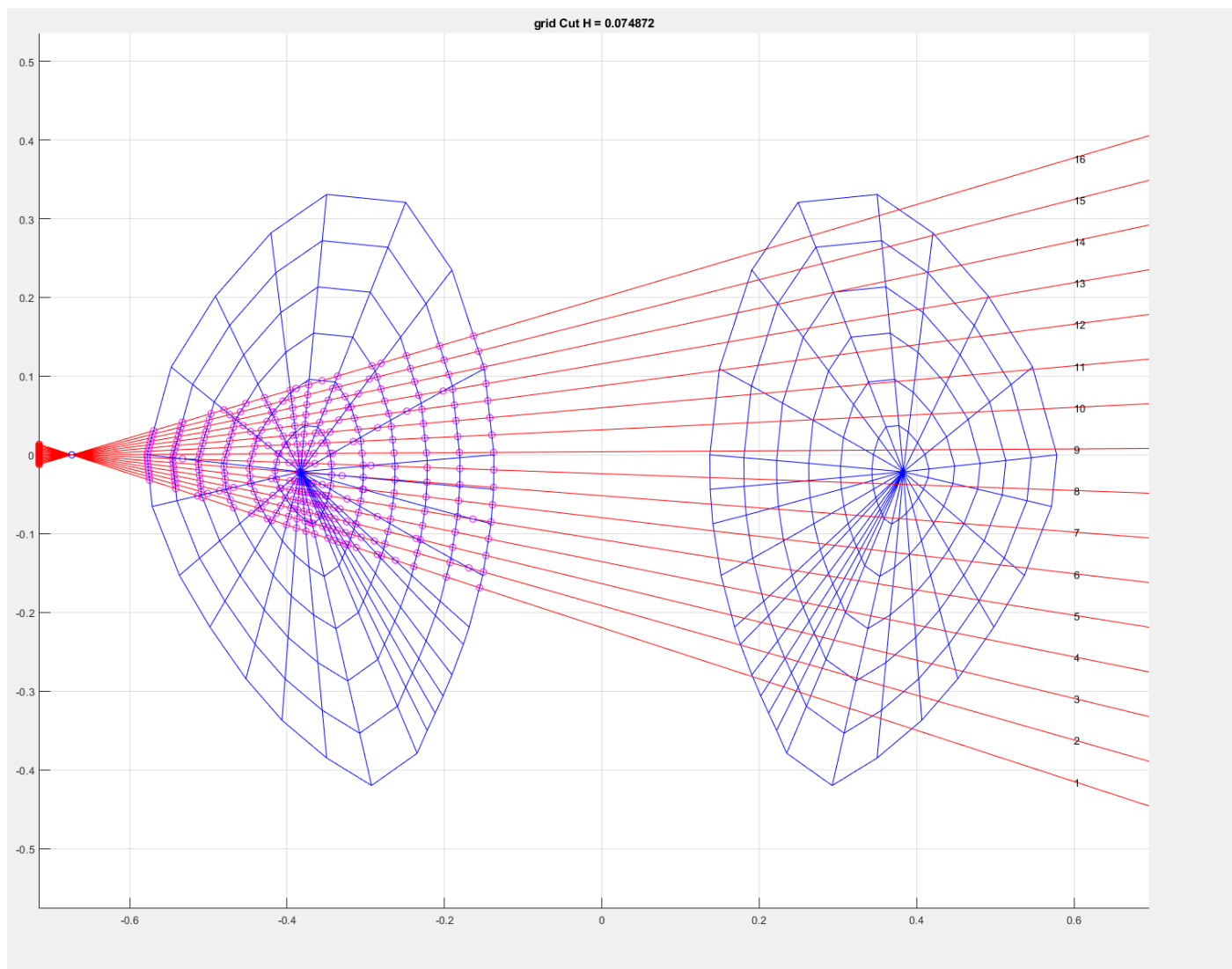


Рисунок 5 график положения лучей для 16 столбца детектора



Далее приведены сечения для всех 16 столбцов

Где:

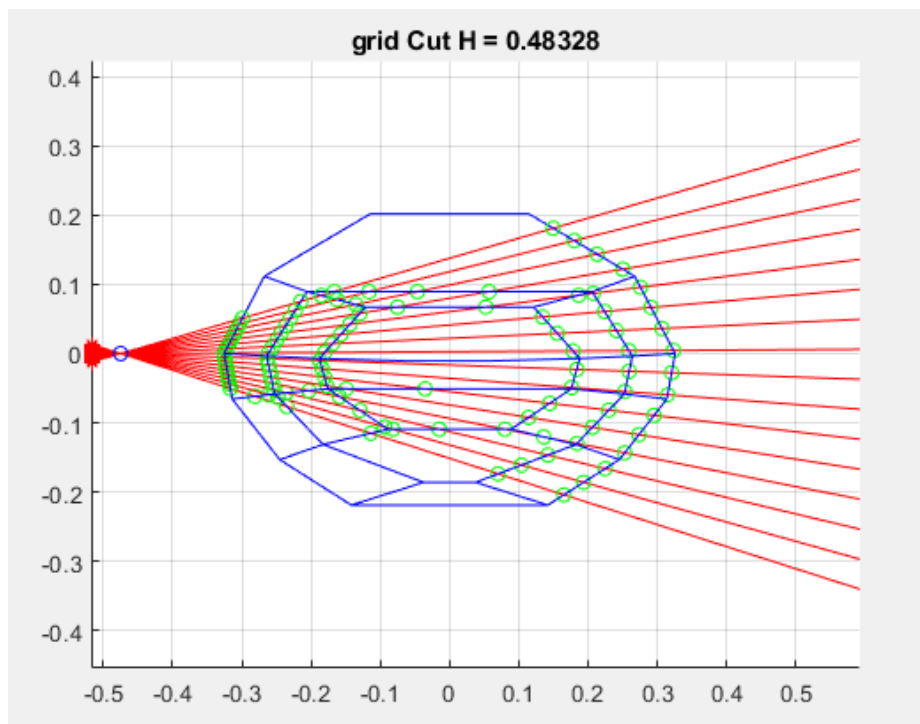
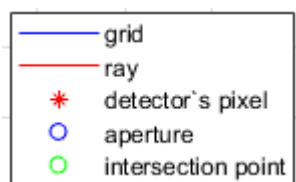


Рисунок 6 Сечение 1

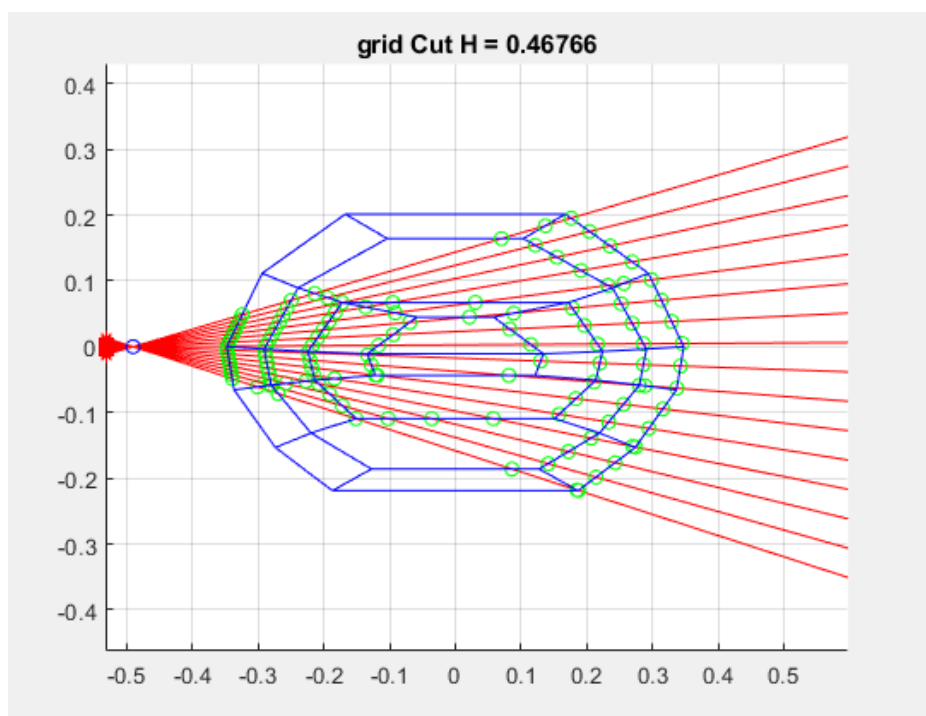


Рисунок 7 Сечение 2

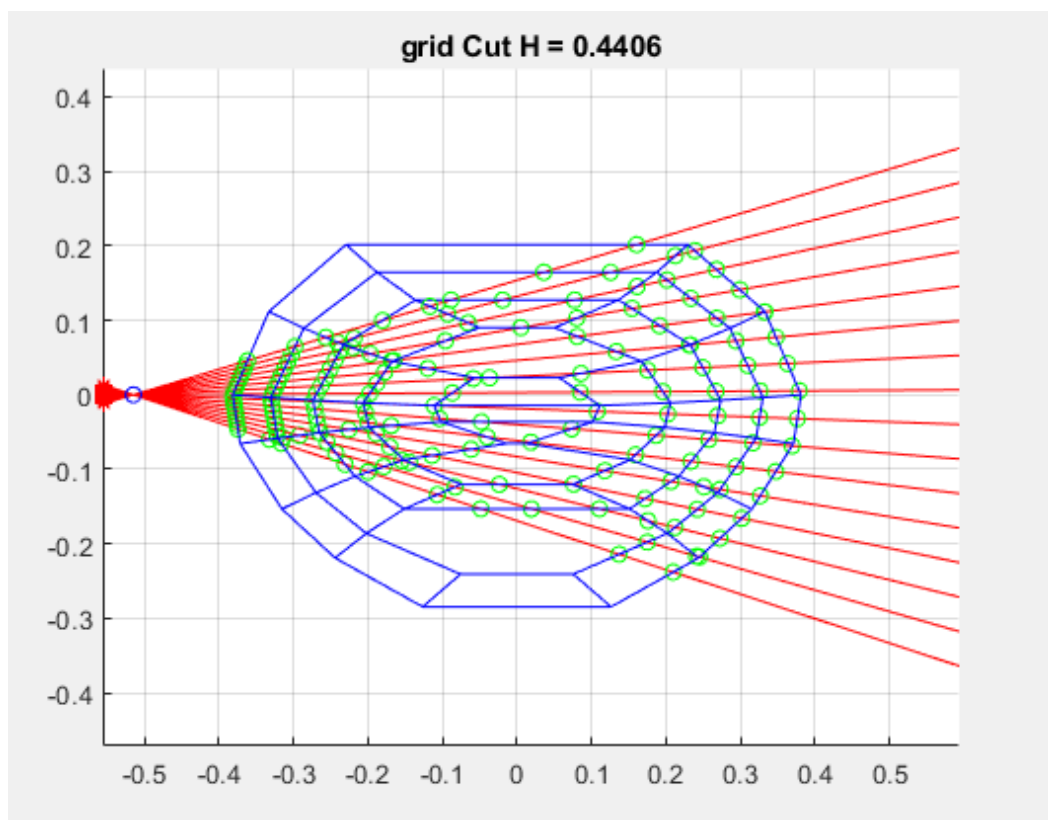


Рисунок 8 Сечение 3

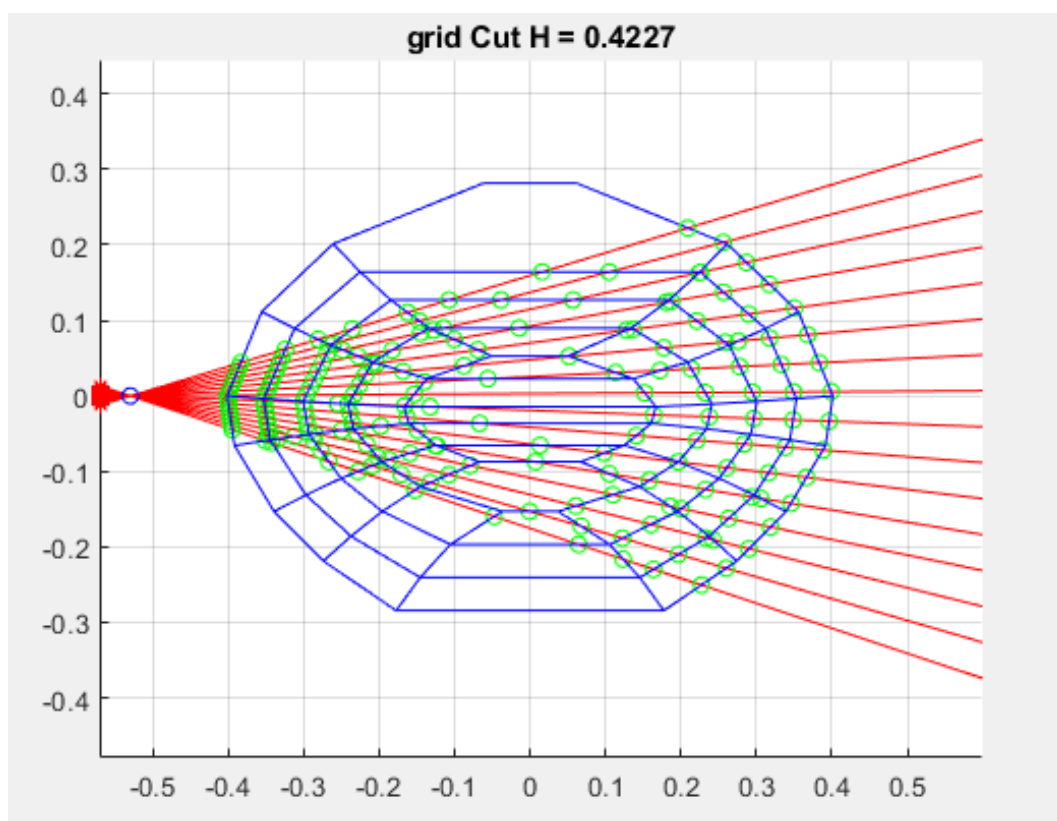


Рисунок 9 Сечение 4

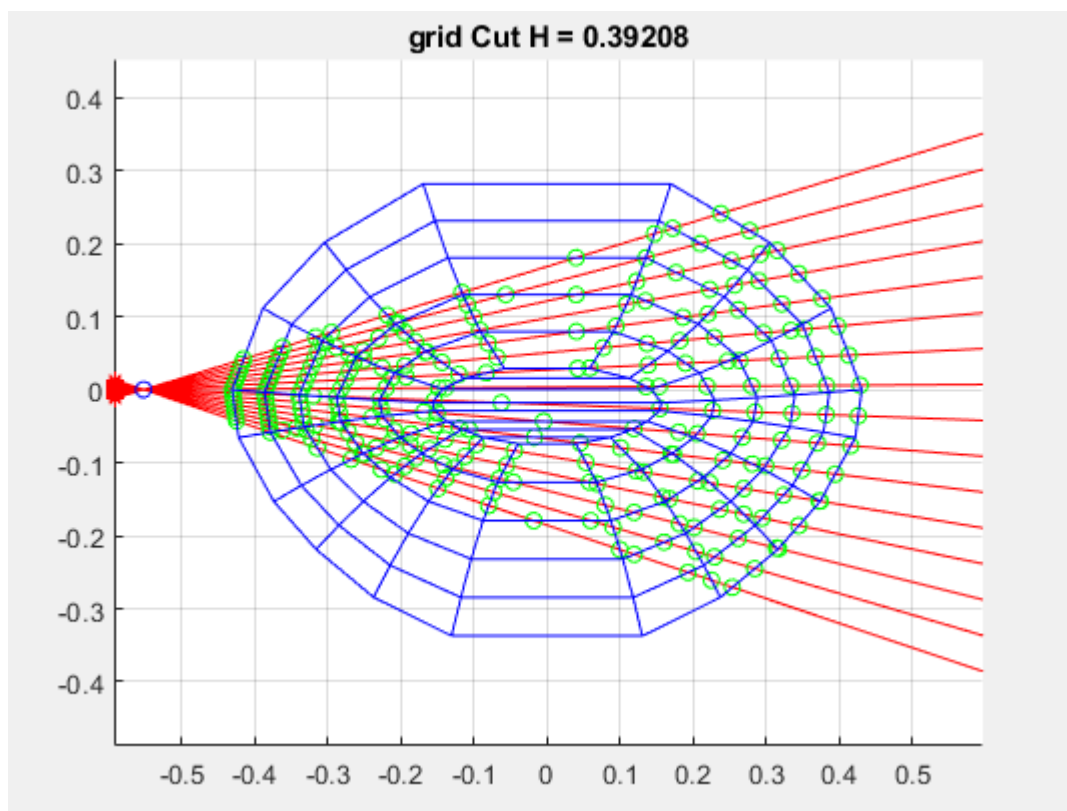


Рисунок 10 Сечение 5

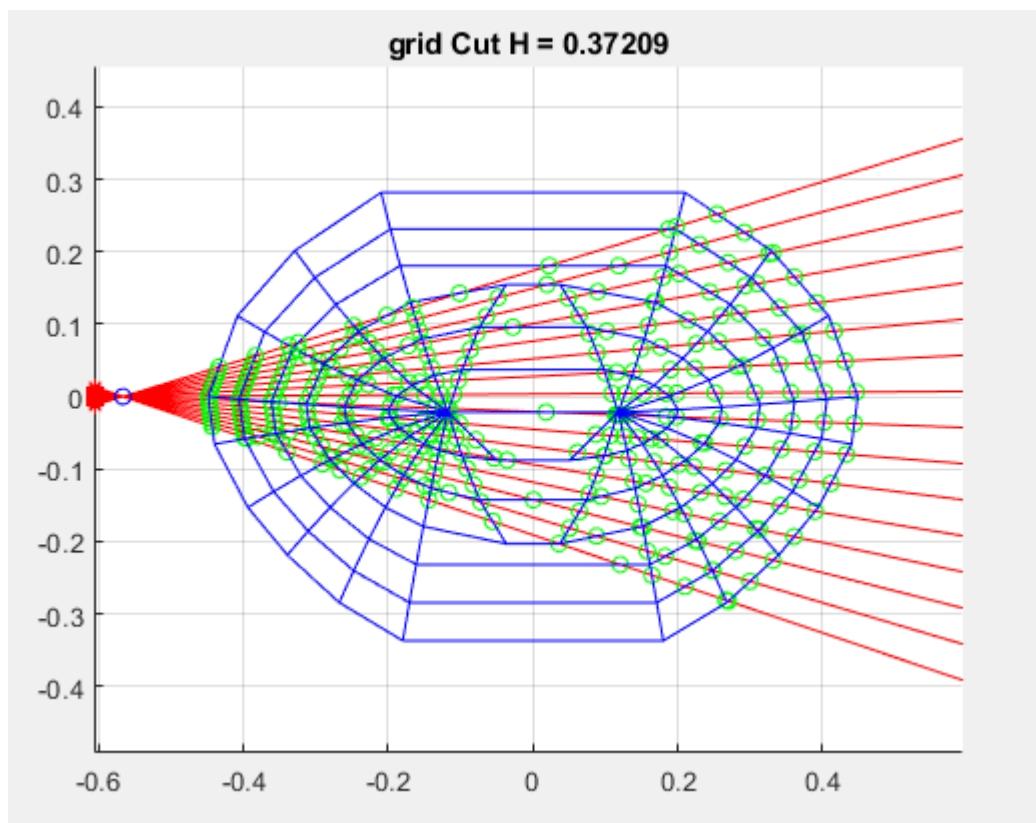


Рисунок 11 Сечение 6

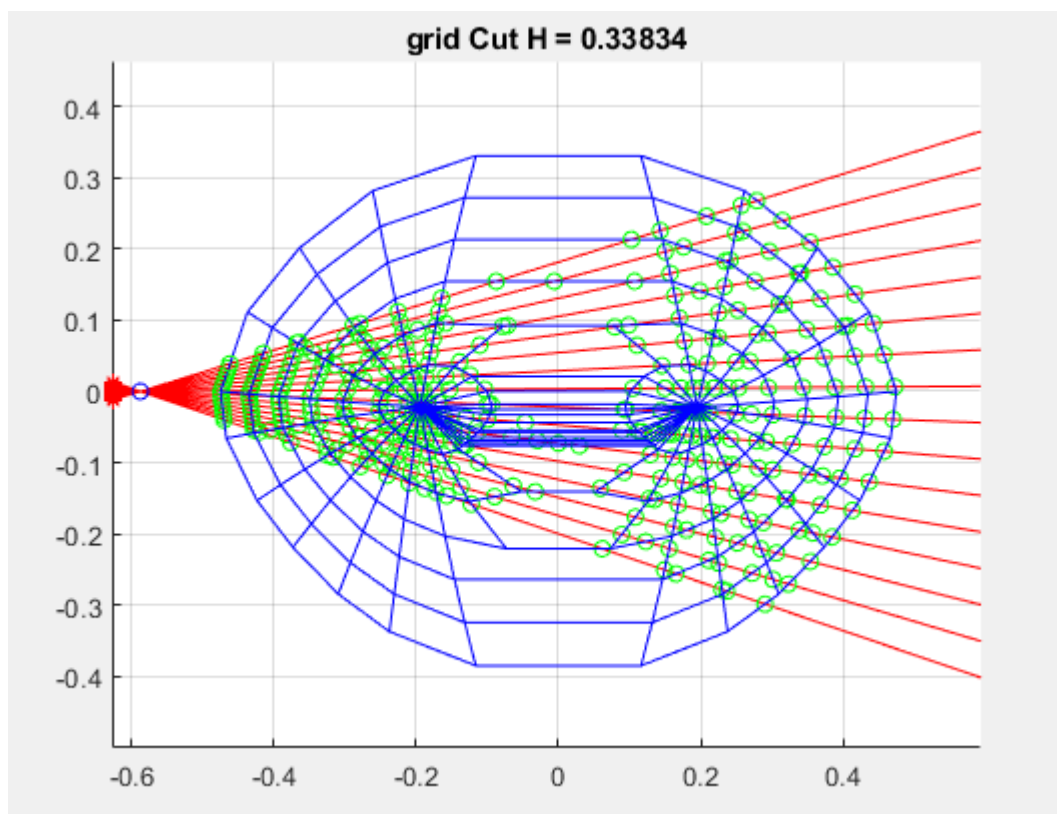


Рисунок 12 Сечение 7

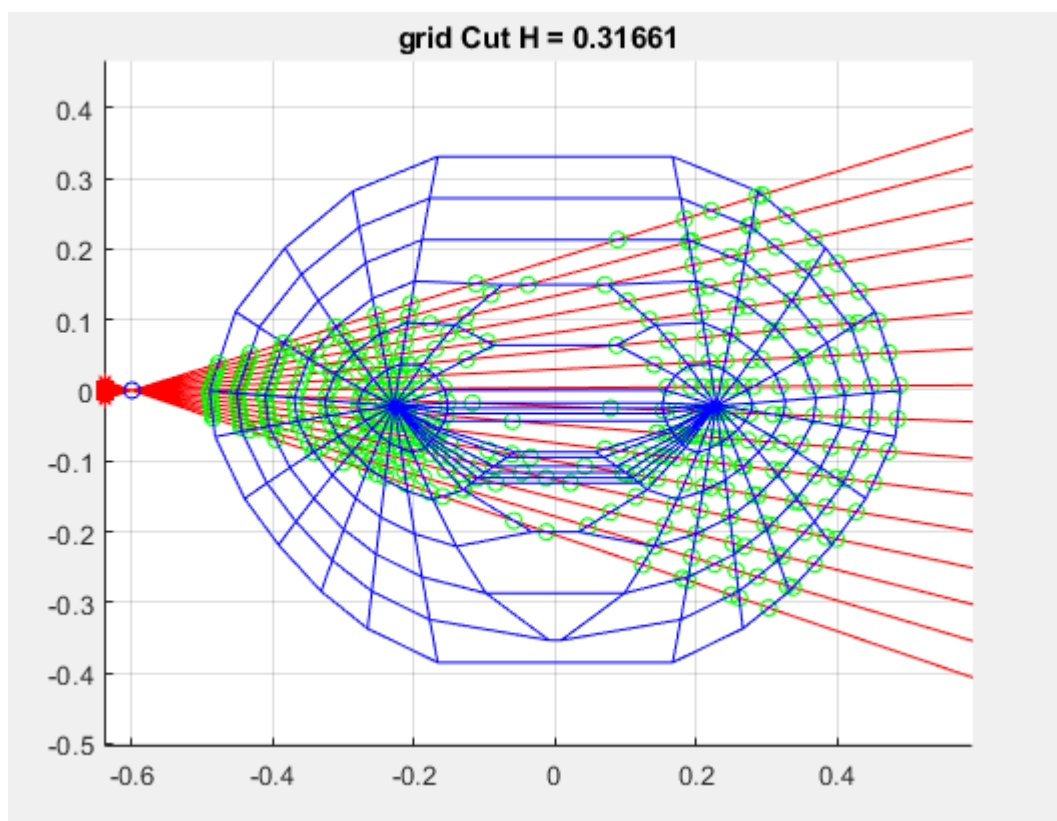


Рисунок 13 Сечение 8

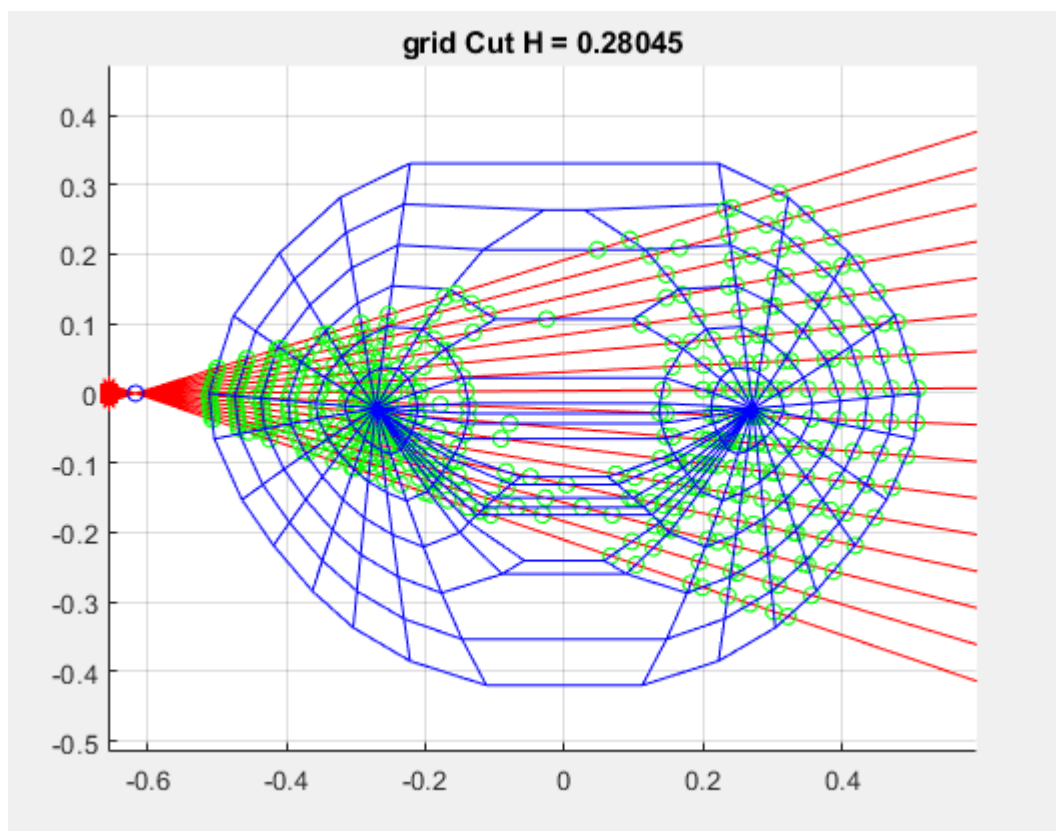


Рисунок 14 Сечение 9

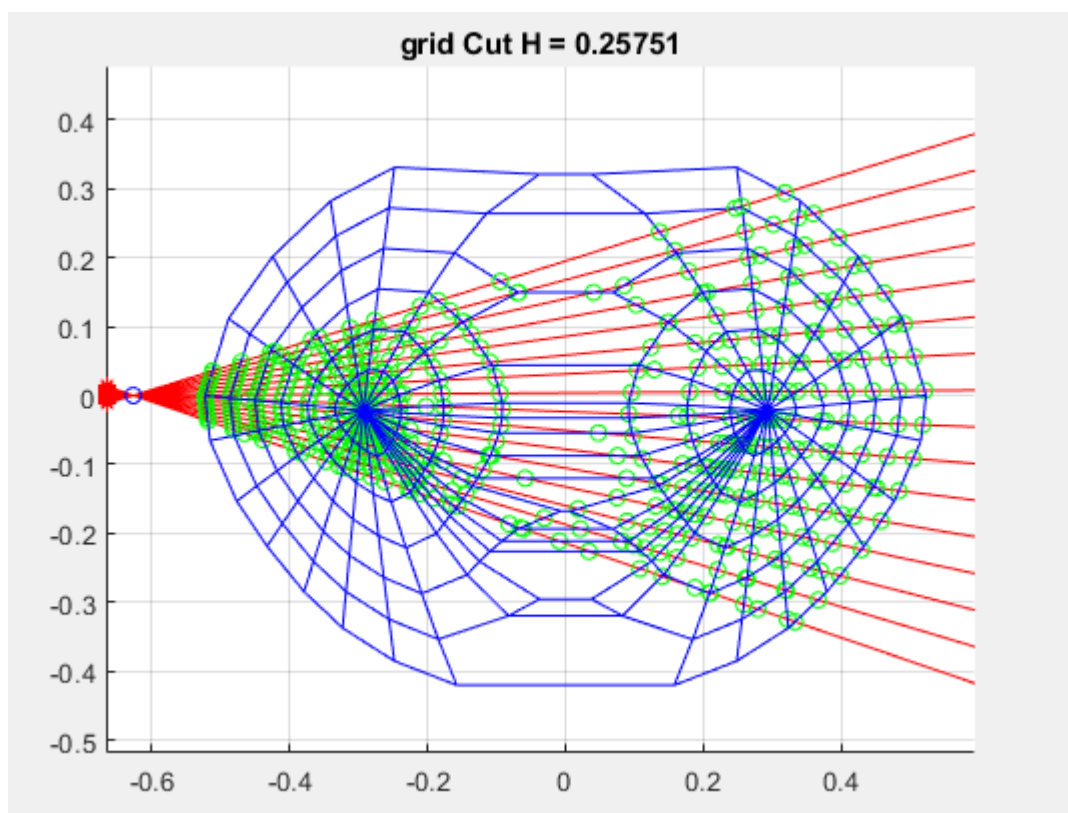


Рисунок 15 Сечение 10



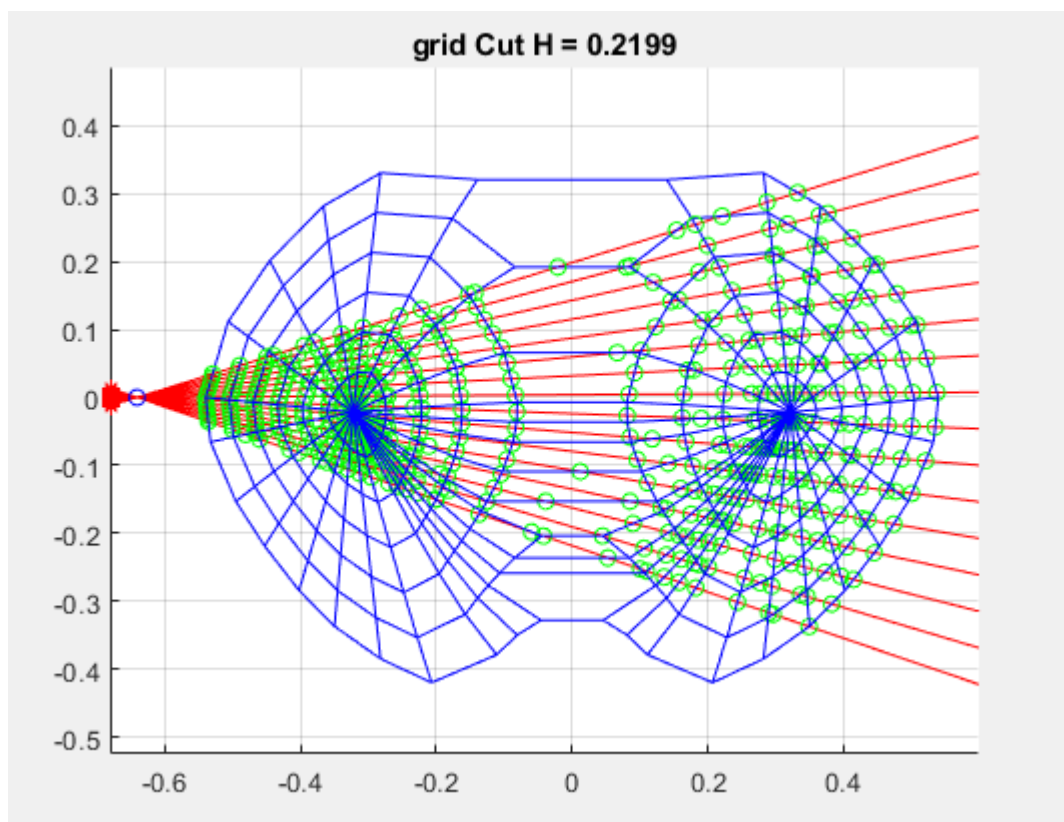


Рисунок 16 Сечение 11

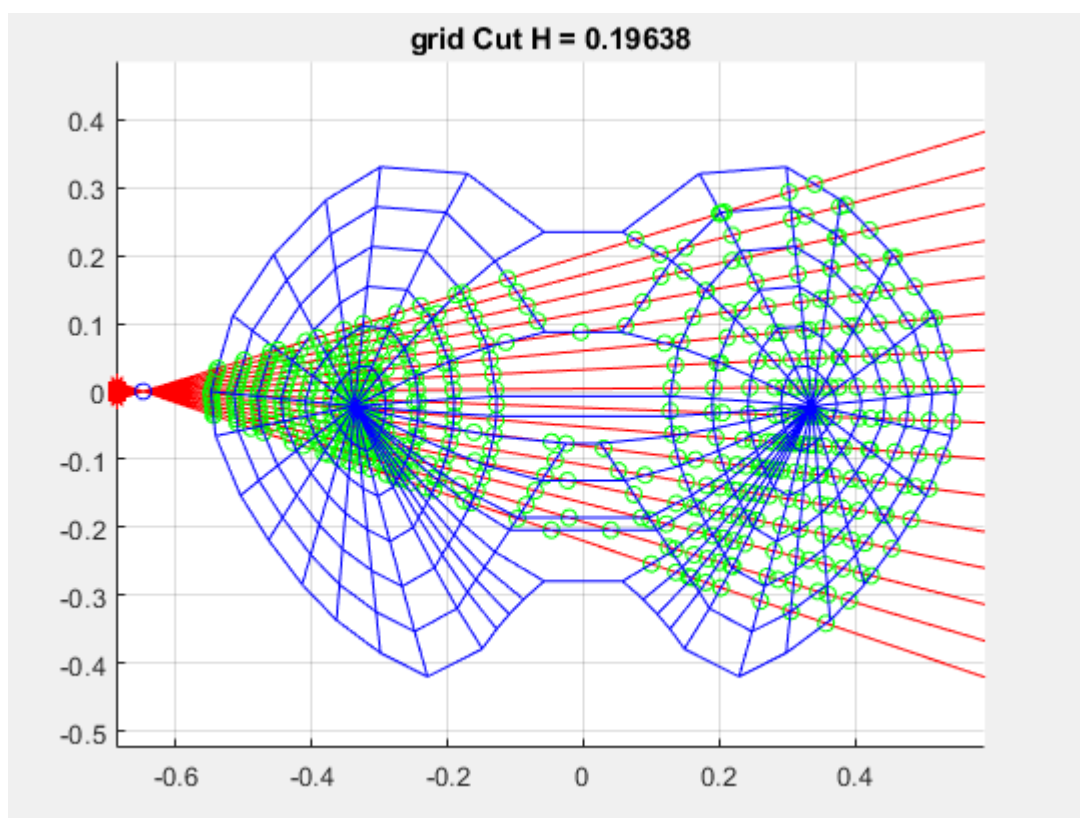


Рисунок 17 Сечение 12

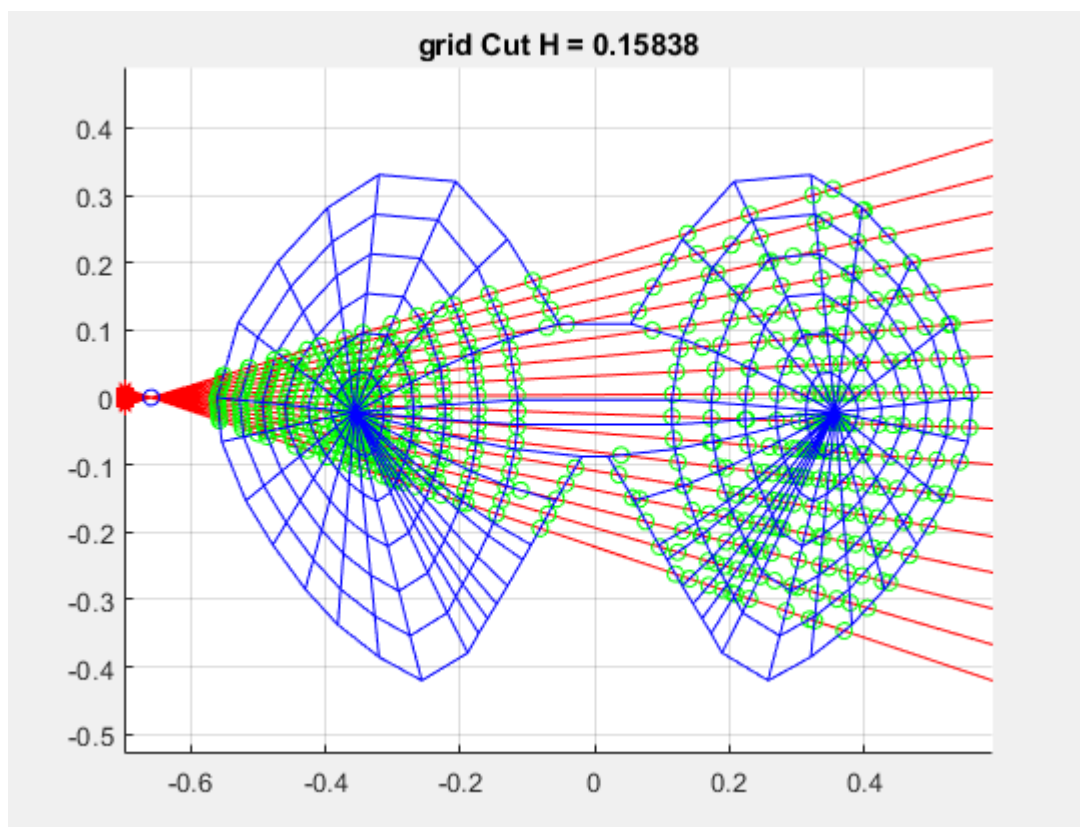


Рисунок 18 Сечение 13

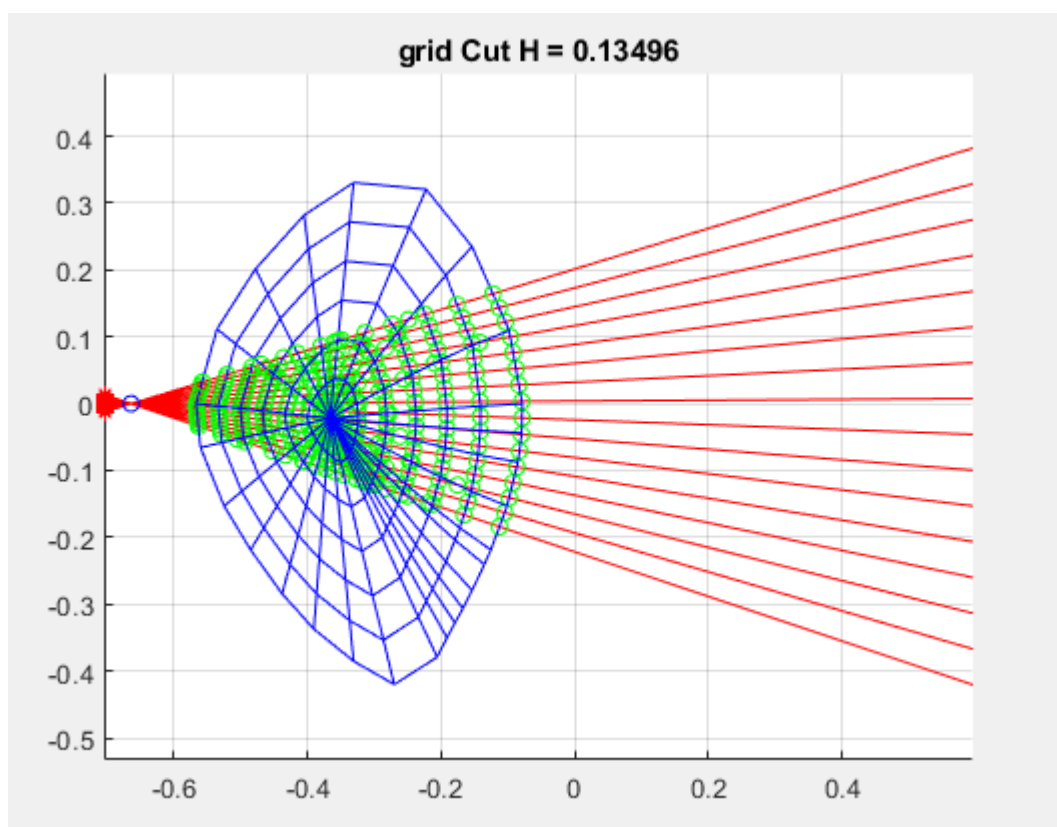


Рисунок 19 Сечение 14

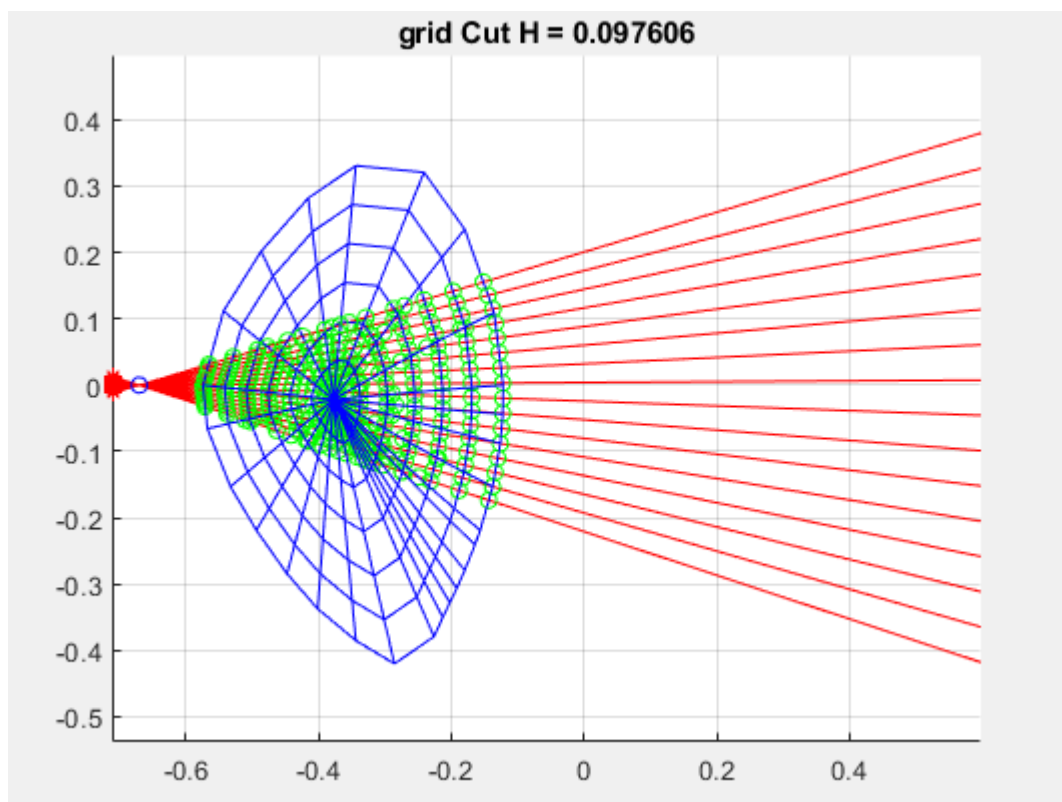


Рисунок 20 Сечение 15

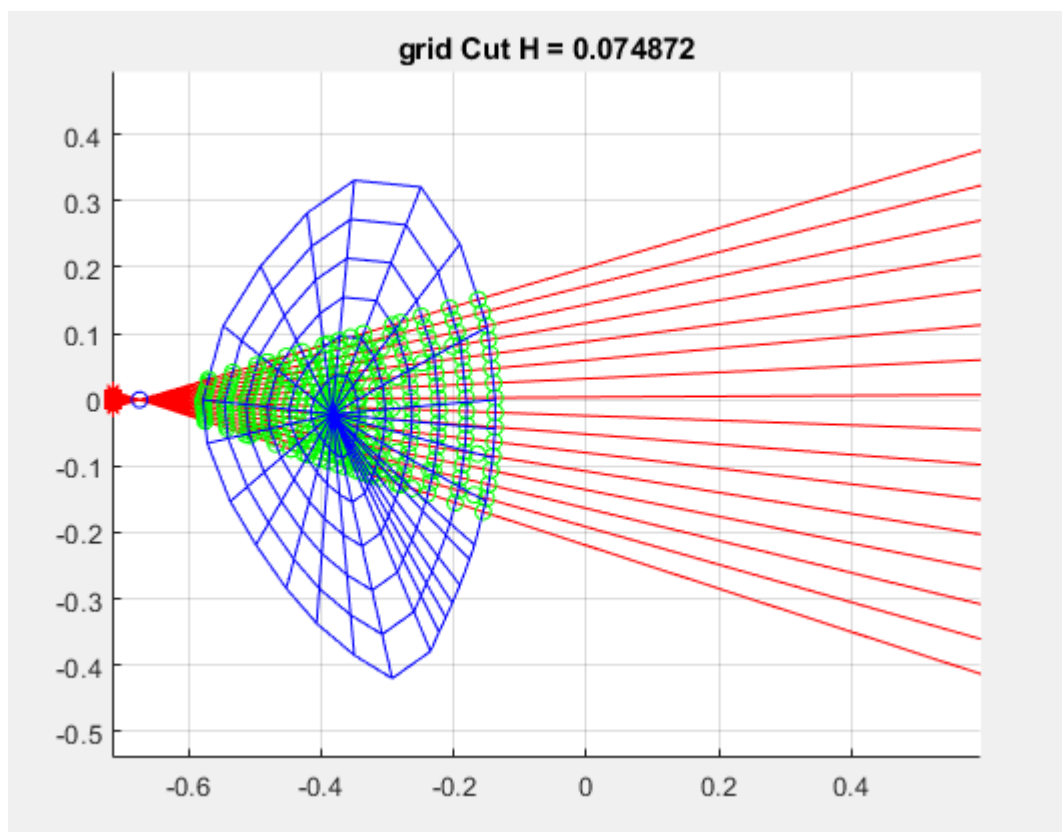


Рисунок 21 Сечение 16



## **Обсуждение**

На сечениях 14, 15, 16 плоскость сечения  $N$  меньше самой левой точки сепаратрисы, следовательно, область получается двусвязной.

В случае двусвязной области считаем, что луч упирается в центральную ось токамака, и учитываем только левую (ближайшую к детектору) область.

СЛАУ представляет собой матрицу  $256 \times N$ , где  $N$  – это количество элементов разбиения.

Каждая строка матрицы отвечает за свой луч, притом коэффициенты для каждого элемента разбиения – сумма длин хорд.

## Литература

- [1] Документация по Матлаб [Электронный ресурс]  
Режим доступа: <https://www.mathworks.com/help/> (дата обращения ноябрь 2019)
- [2] Код функции g\_file\_extractor\_1t [электронный ресурс, облачное хранилище]  
Режим доступа: <https://cloud.mail.ru/public/5o3T/4G4dD71hL> (дата обращения ноябрь 2019)
- [3] Пособие к Лабораторным работам [электронный ресурс, облачное хранилище]  
Режим доступа: <https://cloud.mail.ru/public/4ra6/5wwqBzMBC/LabPractics.pdf> (дата обращения ноябрь 2019)
- [4] Пособие к Лабораторным работам «Построение матриц СЛАУ» [электронный ресурс, облачное хранилище]  
Режим доступа:  
[https://vk.com/doc38035266\\_528474113?hash=8c9ddc720dfadef7b6&dl=48b180ef19a7dc0f33](https://vk.com/doc38035266_528474113?hash=8c9ddc720dfadef7b6&dl=48b180ef19a7dc0f33) (дата обращения ноябрь 2019)
- [5] Выпускная квалификационная работа бакалавра «Исследование разрешимости обратных задач с помощью распознающего функционала» [электронный ресурс, облачное хранилище]  
Режим доступа:  
<https://cloud.mail.ru/public/4ra6/5wwqBzMBC/2019%20%D0%97%D0%B0%D1%82%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8%D0%BD%20%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%80.pdf> (дата обращения ноябрь 2019)

## Приложение

Код программы на Matlab:

[Электронный ресурс, репозиторий GitHub]

Режим доступа: <https://github.com/MChepulis/computing-complex/tree/develop> (дата обращения декабрь 2019)