

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. ПЕТРА ВЕЛИКОГО

ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4
ЭМИССИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ ПЛАЗМЫ.
ПОСТРОЕНИЕ СЛАУ

4 КУРС, ГРУППА 3630102/60201

Студент

Д. А. Плаксин

Преподаватель

Баженов А. Н.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019 г.

Содержание

1. Список иллюстраций	3
2. Постановка задачи	4
3. Теория	4
3.1. Построение разбиения сетки	4
3.2. Информация о детекторе	5
3.3. Нахождение сечения плазмы плоскостью $\mathbf{x} = \mathbf{H}$	6
4. Реализация	6
5. Результаты	7
6. Обсуждение	18
7. Список литературы	19
8. Приложения	19

1 Список иллюстраций

1	График плоскости детектора	5
2	График сепаратрисы и магнитной оси	7
3	Разбиение сепаратрисы	8
4	график положения сечений	9
5	график положения лучей для 16 столбца детектора	10
6	Сечение 1	11
7	Сечение 2	11
8	Сечение 3	12
9	Сечение 4	12
10	Сечение 5	13
11	Сечение 6	13
12	Сечение 7	14
13	Сечение 8	14
14	Сечение 9	15
15	Сечение 10	15
16	Сечение 11	16
17	Сечение 12	16
18	Сечение 13	17
19	Сечение 14	17
20	Сечение 15	18
21	Сечение 16	18

2 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 подробное описание задачи представлено в [3].

3 Теория

Сепаратрисы – граница плазмы, последняя замкнутая поверхность магнитного потока.

Магнитная ось – экстремум магнитного потока.

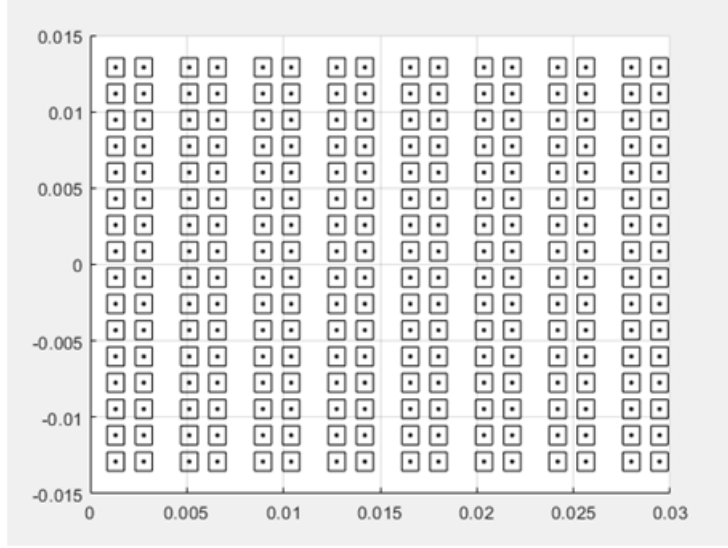
3.1 Построение разбиения сетки

Алгоритм построения взять из [3]

- Делим область на 2 сектора (по экватору)
- Делим область на 2 сектора (по экватору)
- 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)

3.2 Информация о детекторе

Рис. 1: График плоскости детектора



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

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

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

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

$$XY) : spd_start = (0, -0.708)$$

Положение 16-го столбца (в координатах XY) :

$$spd_end = (0.72 \cdot \sin(ang), 0.72 \cdot (-\cos(ang))) = (0.002886 - 0.7194)$$

Вектор направления камеры-обскура в экваториальной плоскости (в координатах XY) :

$$spd_vect = \frac{spd_end - spd_start}{\|spd_end - spd_start\|} = (0.0015, -0.3685)$$

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

$$spd_xy_step = (2.3375 - 0.88, 3.81 - 2.3375 + 0.88) \cdot 10^{-3} = (0.0015, 0.0024)$$

Центр детектора (в координатах XY) :

$$pp = spd_start + spd_vect \frac{(spd_{xy_step(1)} + spd_{xy_step(2)}) \cdot 8 + 0.52 \cdot 1e - 03}{2} = (0.00144, -0.7137)$$

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

$$spd_z_start = \frac{27.52-0.49}{2} 1e-03 = 0.0135$$

$$spd_z_step = -1.72 \cdot 1e-03 = -0.0017$$

$$spd_xy = spd_start + spd_vect \left(\frac{spd_xy_step(2)}{2} + 0.26 \cdot 1e-03 \right) = (0.0013, -0.7085)$$

3.3 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.

4 Реализация

Все задания были выполнены на языке программирования *Matlab* в среде разработки *MATLABR2014b* [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 [5]

5 Результаты

Рис. 2: График сепаратрисы и магнитной оси

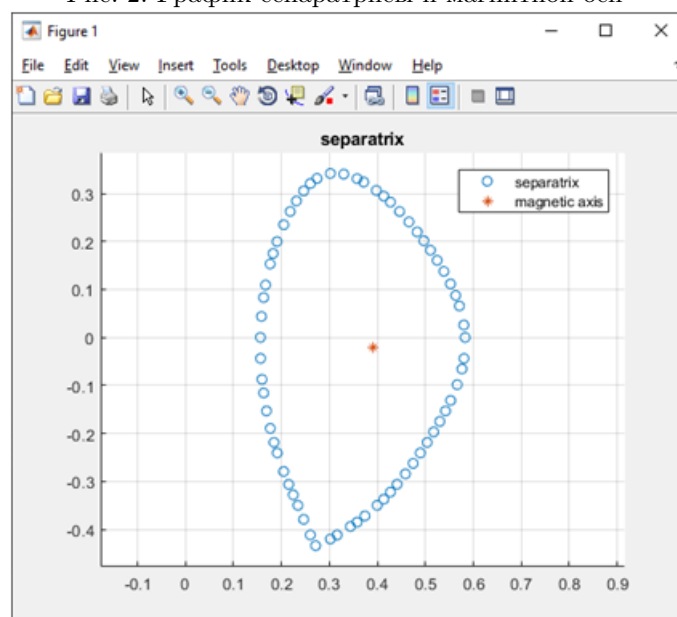


Рис. 3: Разбиение сепаратрисы

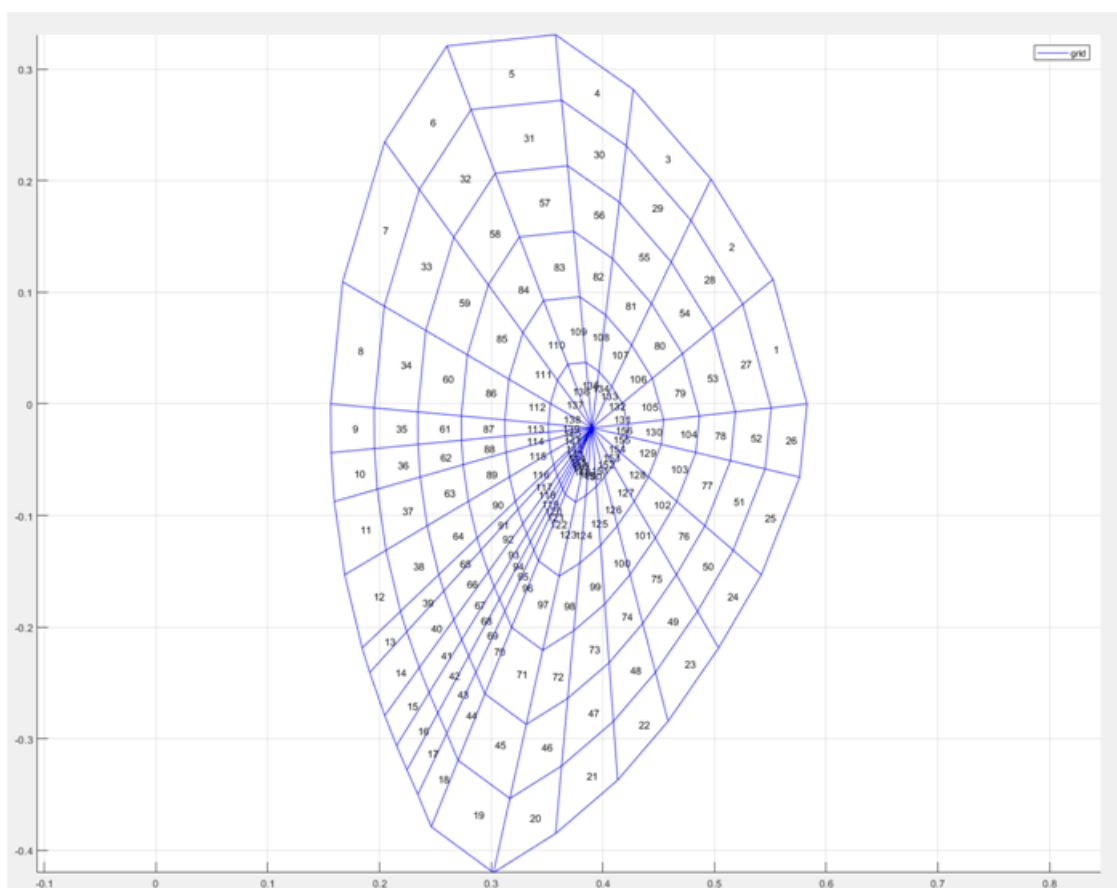


Рис. 4: график положения сечений

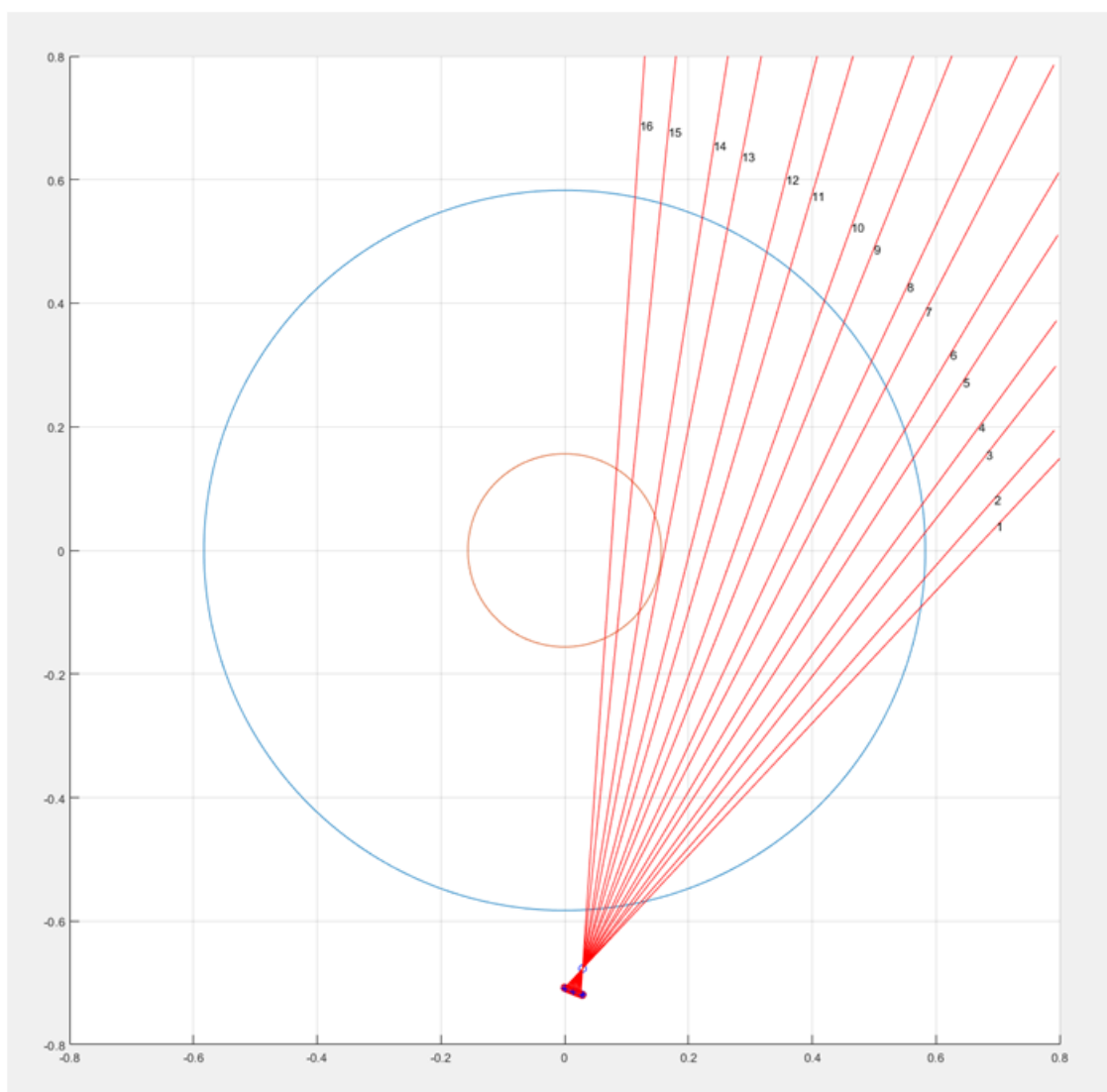
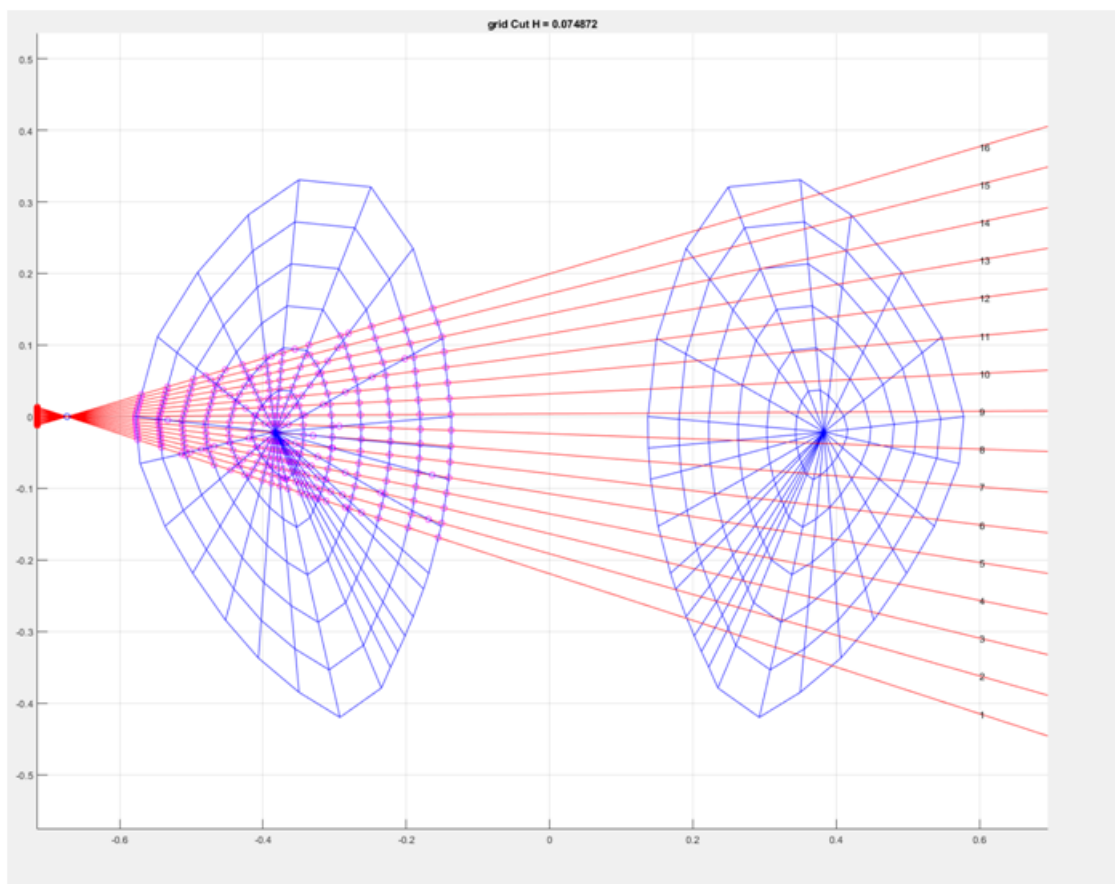


Рис. 5: график положения лучей для 16 столбца детектора



Сечения для всех 16-ти столбцов:

Рис. 6: Сечение 1

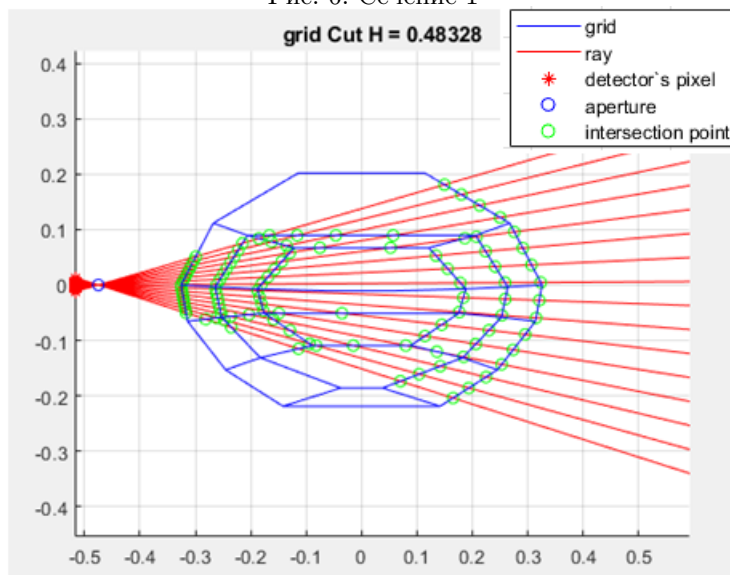


Рис. 7: Сечение 2

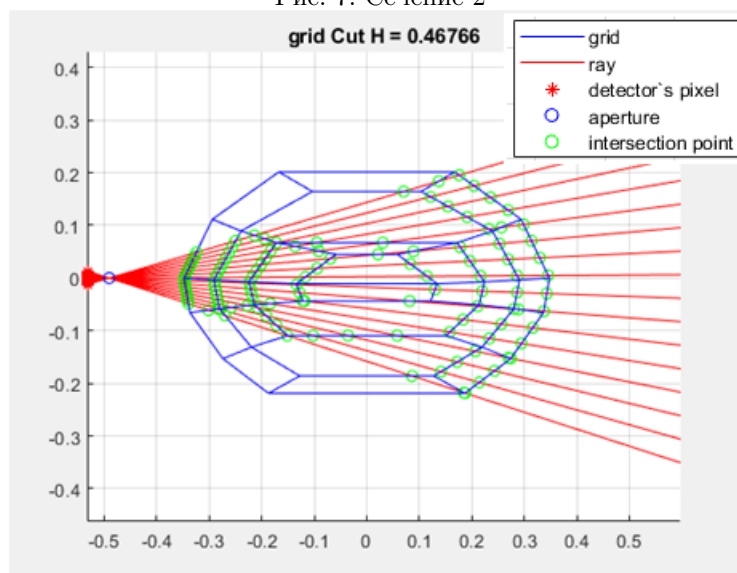


Рис. 8: Сечение 3

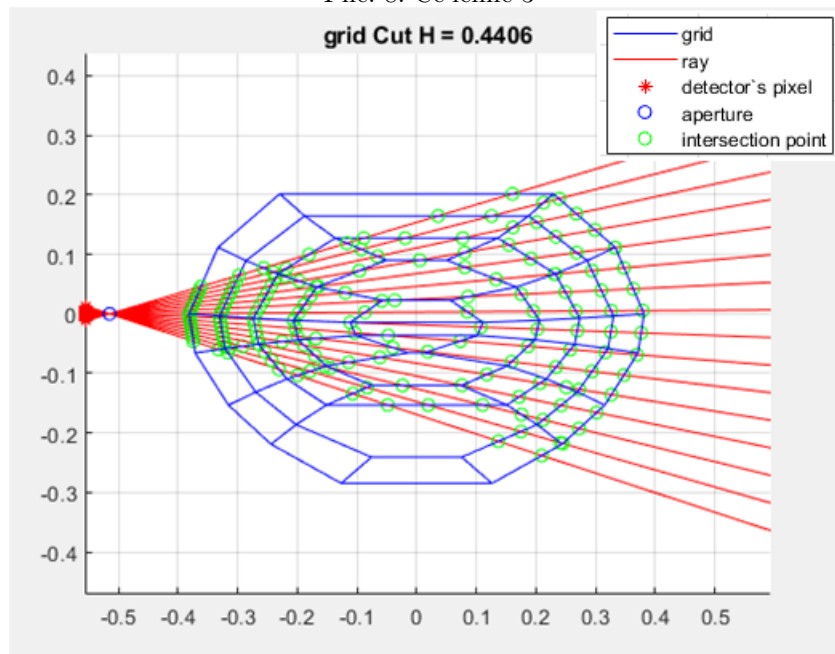


Рис. 9: Сечение 4

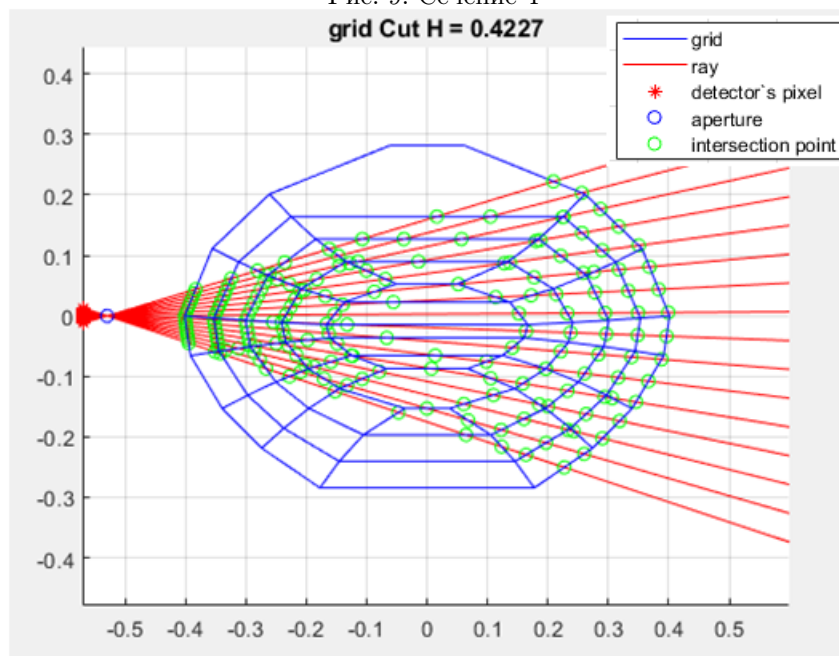


Рис. 10: Сечение 5

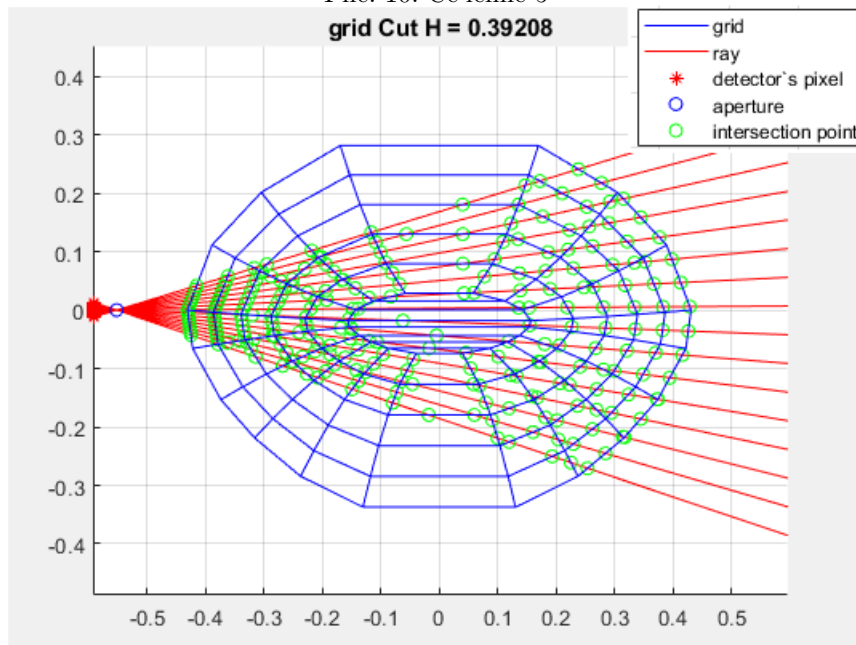


Рис. 11: Сечение 6

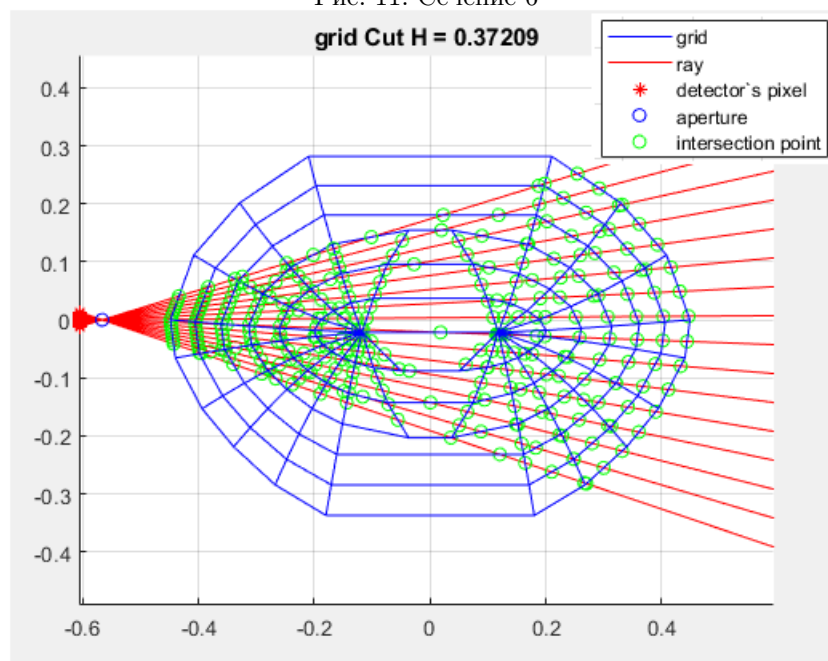


Рис. 12: Сечение 7

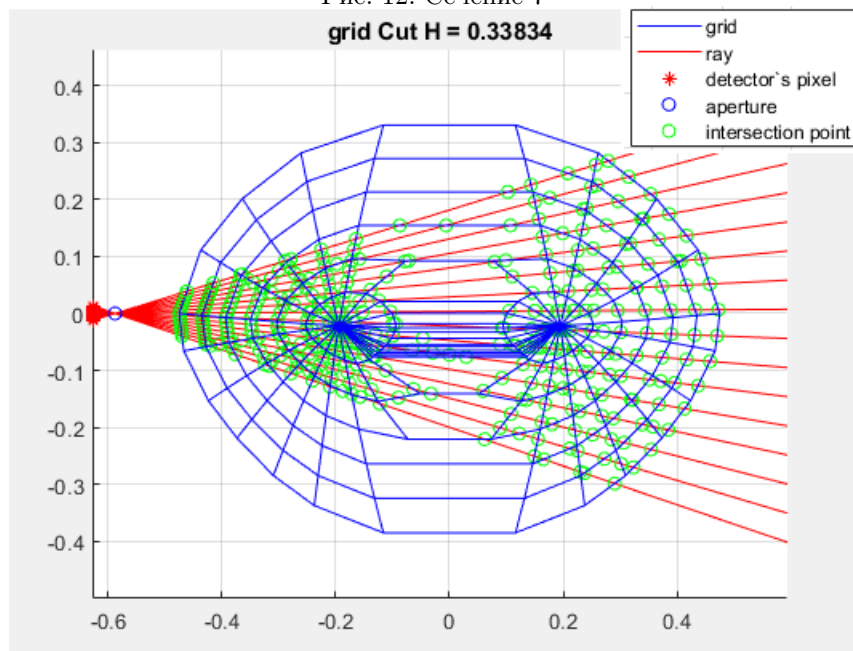


Рис. 13: Сечение 8

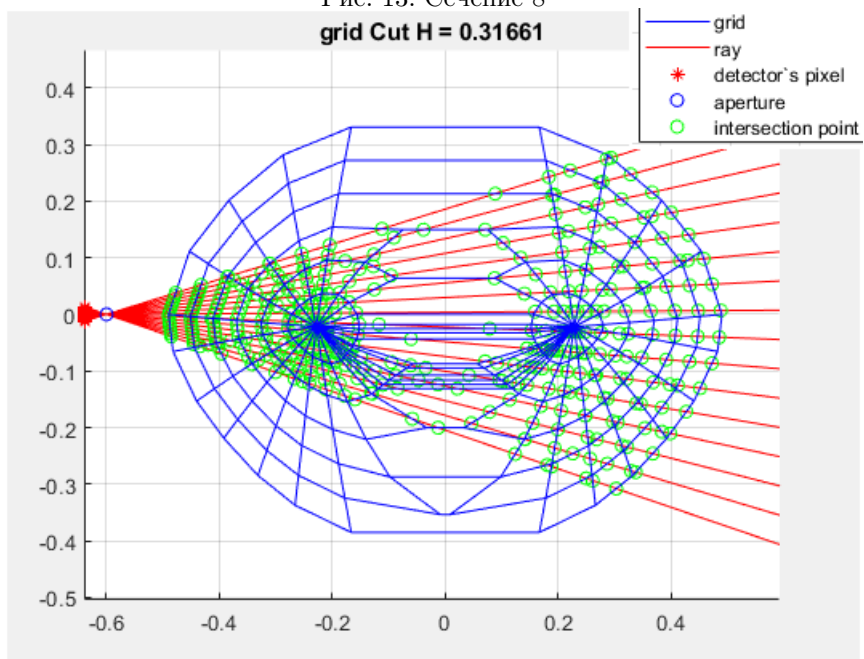


Рис. 14: Сечение 9

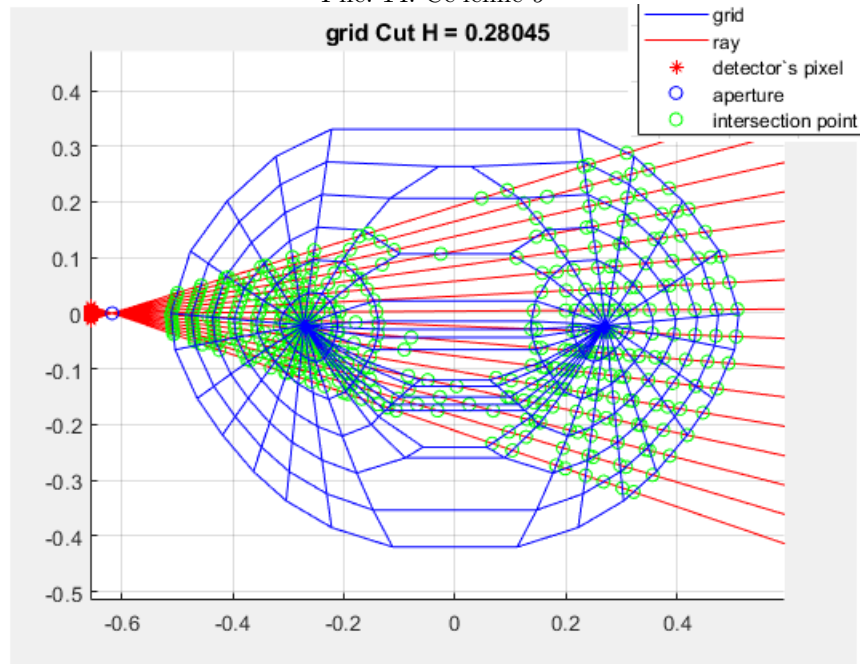


Рис. 15: Сечение 10

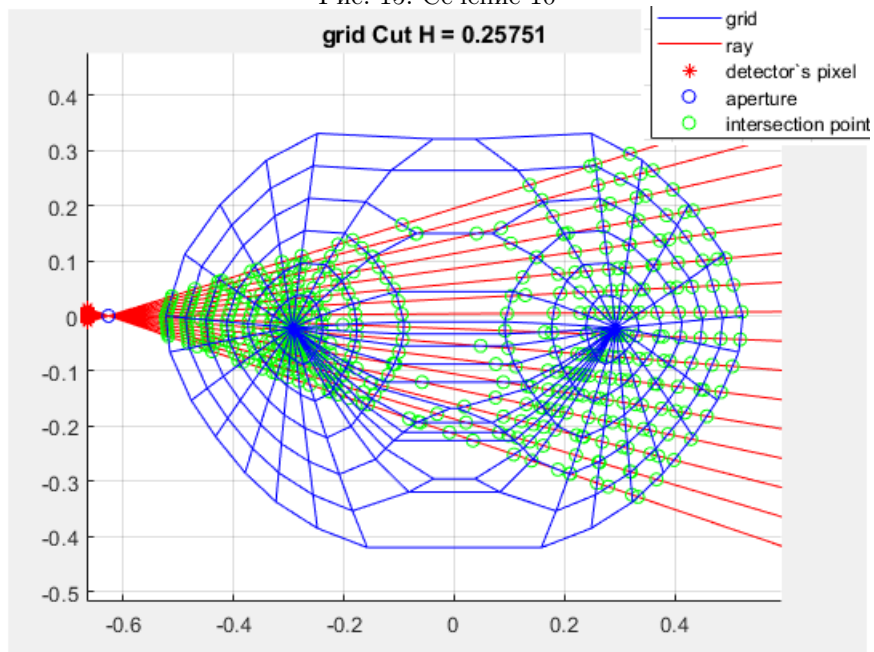


Рис. 16: Сечение 11

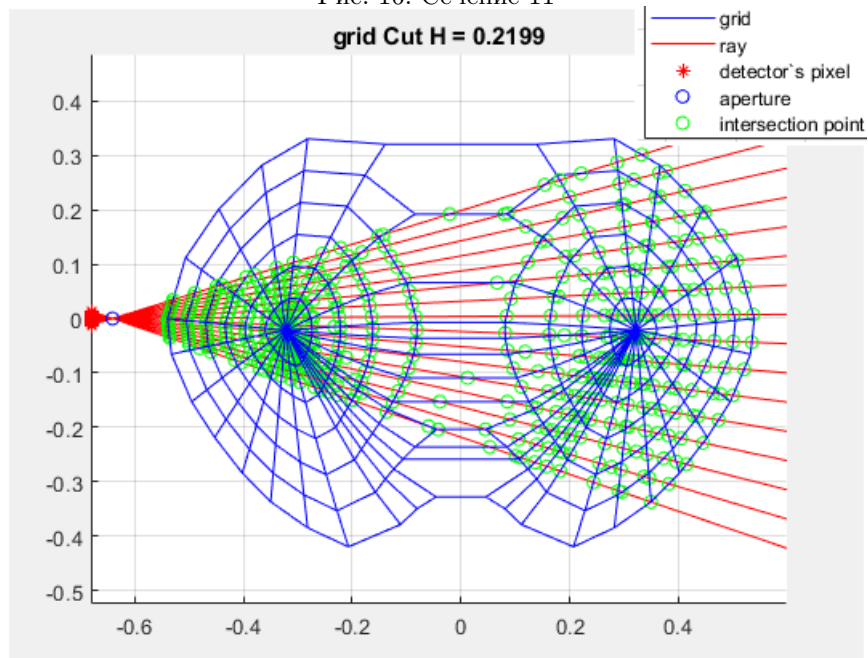


Рис. 17: Сечение 12

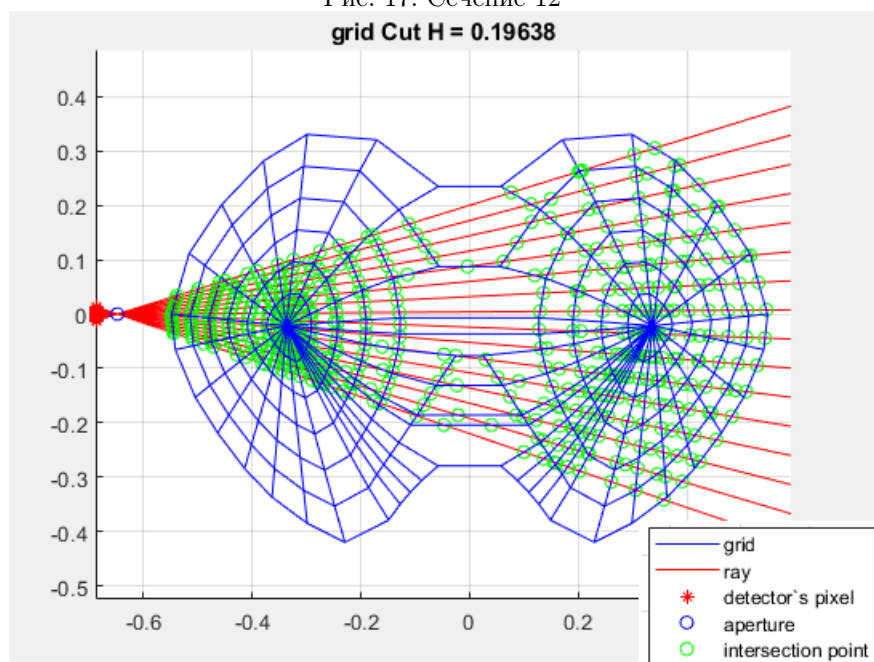


Рис. 18: Сечение 13

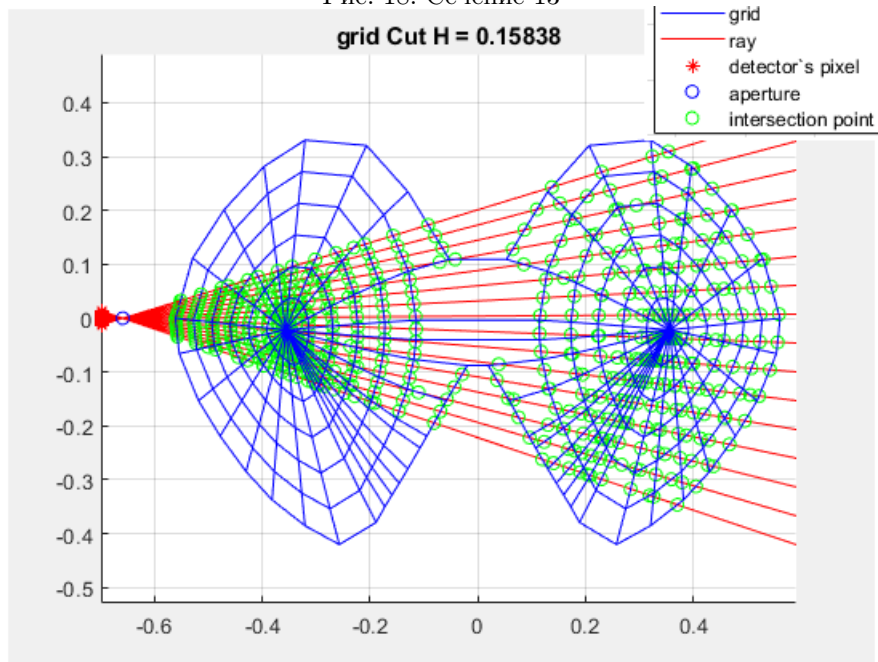


Рис. 19: Сечение 14

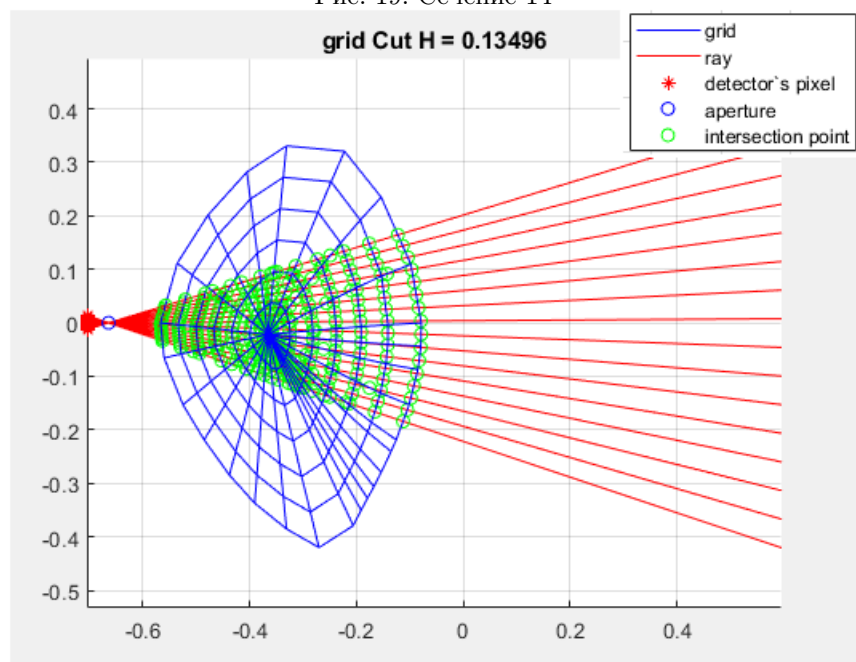


Рис. 20: Сечение 15

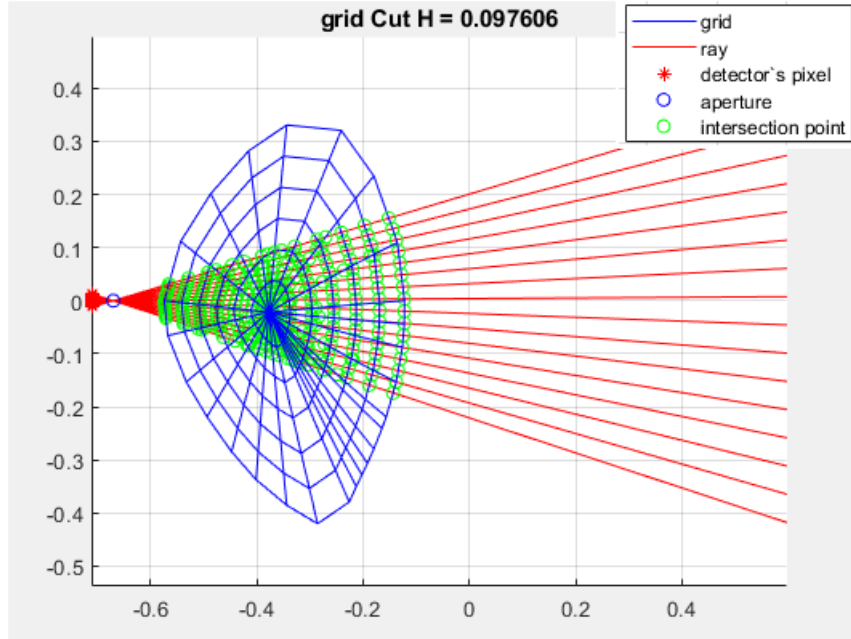
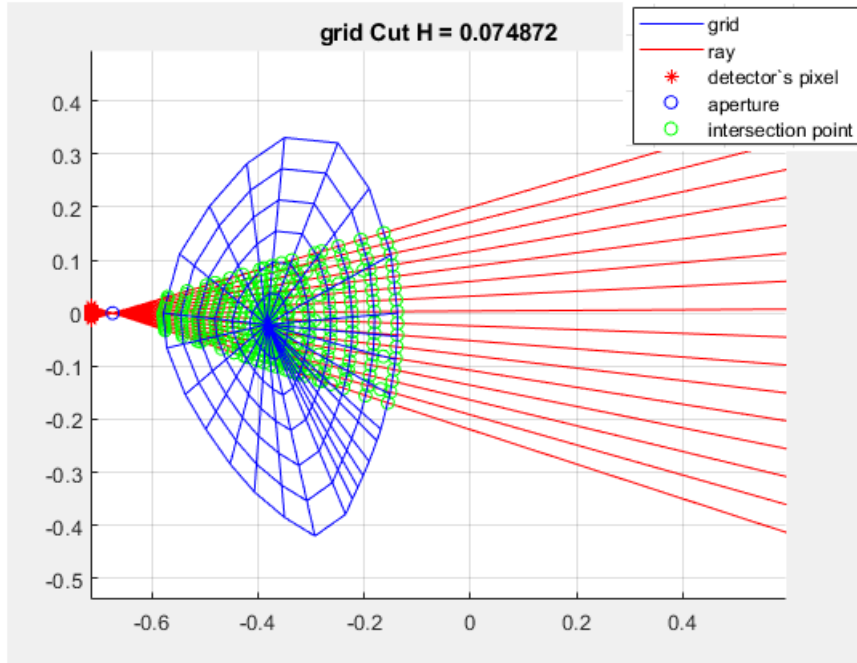


Рис. 21: Сечение 16



6 Обсуждение

На сечениях 14, 15, 16 плоскость сечения H 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.

7 Список литературы

- [1] Документация по Матлаб: <https://www.mathworks.com/help/>
- [2] Код функции `g_file_extractor_1t`: <https://cloud.mail.ru/public/5o3T/4G4dD71hL>
- [3] Пособие к Лабораторным работам <https://cloud.mail.ru/public/4ra6/5wwqBzMBC/LabPractics.pdf>
- [4] Пособие к Лабораторным работам «Построение матриц СЛАУ»
https://vk.com/doc38035266_528474113?hash=8c9ddc720dfadef7b6&dl=48b180ef19a7dc0f33
- [5] Выпускная квалификационная работа бакалавра «Исследование разрешимости обратных задач с помощью распознающего функционала»
<https://cloud.mail.ru/public/4ra6/5wwqBzMBC/2019%20%D0%97%D0%B0%D1%82%D1%8B%D0%BB%D0%B>

8 Приложения

Код отчёта: [https://github.com/MisterProper9000/computing-complex/tree/Lab-3-separatrix/Lab_3\(separatrix\)/texReport/lab3.tex](https://github.com/MisterProper9000/computing-complex/tree/Lab-3-separatrix/Lab_3(separatrix)/texReport/lab3.tex)

Код лабораторной: [https://github.com/MisterProper9000/computing-complex/tree/Lab-3-separatrix/Lab_3\(separatrix\)/texReport/Lab3.m](https://github.com/MisterProper9000/computing-complex/tree/Lab-3-separatrix/Lab_3(separatrix)/texReport/Lab3.m)