

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Физико-технический факультет

Кафедра радиофизики и нанотехнологий

Выпускная квалификационная работа

Расчет фрактальных антенн

Работу выполнил Панченко Иван Алексеевич

Курс 4

Направление подготовки 03.03.03 – Радиофизика

Направленность (профиль) Радиофизические методы по областям применения (биофизика)

Научный руководитель

д-р физ.-мат. наук, профессор Г. Ф. Копытов

Нормоконтролер

канд. физ.-мат. наук, доцент Г. П. Ильченко

Цель и задачи проекта

Целью данной Выпускной квалификационной работы является расчет фрактальных антенн

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- Рассчитать фрактальную антенну и исследовать ее свойства
- Рассмотреть и сравнить полученные результаты с антеннами используемыми в производстве
- Указать области применения рассчитанных фрактальных антенн



Актуальность работы

- Наука по исследованию фрактальных антенн появилось менее 100 лет назад, но уже были найдены фрактальные антенны, которые обладают преимуществами в определенных ситуациях по сравнению со стандартными антеннами, сделанными на основе евклидовой геометрии. Это направление стало особенно востребовано в системах радиосвязи, так как всегда идет поиск все более эффективных способов передачи связи и оптимизация уже найденных. Современное общество активно использует различные системы связи и этим стимулирует развитие фрактальных антенн.
- Так фрактальные антенны могут использоваться для 5G на частотах FR1 и FR2

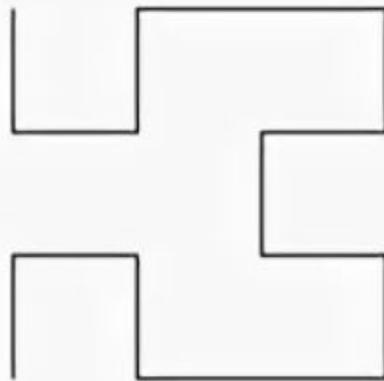
Введение

Объектом данного исследования является фрактальная антенна на основе кривой гильберта. Основным элементом кривой Гильберта является П – образный элемент. Во время второй итерации мы уменьшаем квадрат в двое и делаем с него 4 копии, после две из них сдвигаем в стороны, а другие две поворачиваем на 90 градусов в противоположенные друг от друга стороны. После соединим концы линий тремя одинаковыми отрезками, длиной равной стороне нового уменьшенного квадрата.

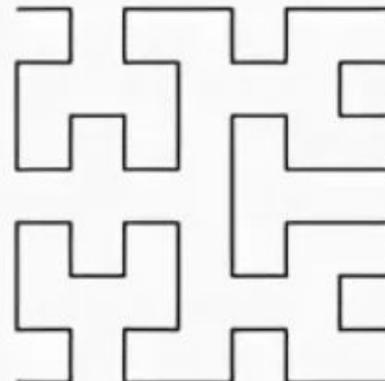
$n = 1$



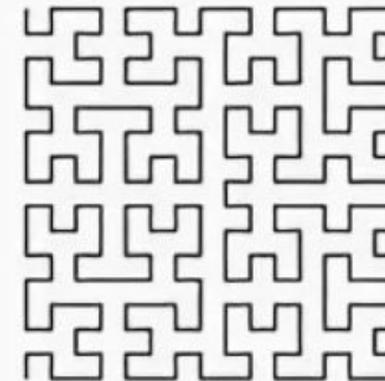
$n = 2$



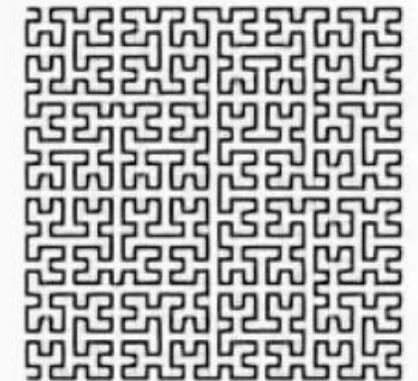
$n = 3$



$n = 4$



$n = 5$



Начальные условия

- Радиус провода – 0.8mm
- Длина одного провода – 0,1m
- Источник питания – 5 В
- Высота антенны над землей – 20 метров
- Материал антенны – медь
- Частота – 0.8.ГГц и 28ГГц (частоты на которых работает 5G)
- Земля – идеальная
- Без наклона и с наклоном на 45 градусов.

Антенна №1.1

МММNA-G4d.pro

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Имя: _____ Частота: 800 МГц в лямбдах

Проводов: 3 Автоотсегментация: DM1: 800 DM2: 80 SC: 2 EC: 2 Не разрывать

| No. | X1(m) | Y1(m) | Z1(m) | X2(m) | Y2(m) | Z2(m) | R(mm) | Seg. |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 2 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 3 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| след. | | | | | | | | |

Источников: 1

| No. | PULSE | Volt. V | Phase dg |
|-------|-------|---------|----------|
| 1 | w1c | 5.0 | 0.0 |
| след. | | | |

Нагрузок: 0 (L - uH; C - pF; R/jX - Ohm) Включить нагрузки

| No. | PULSE | Type | L/R/A0 | C/jX/B0 | Q/A1 | F/B1 |
|-------|-------|------|--------|---------|------|------|
| след. | | | | | | |

МММNA-G4d.pro

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Частота: 800 МГц

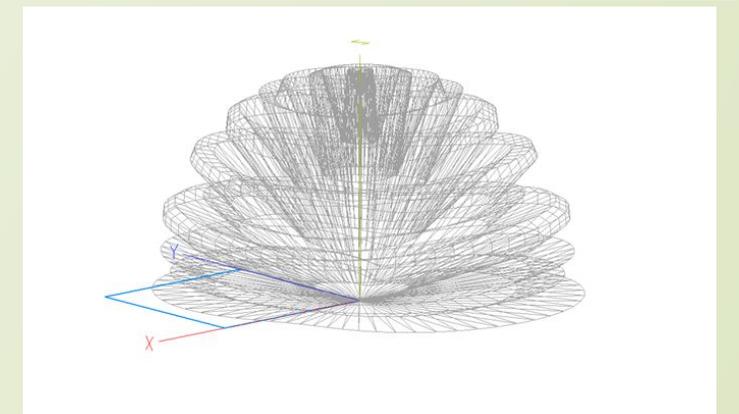
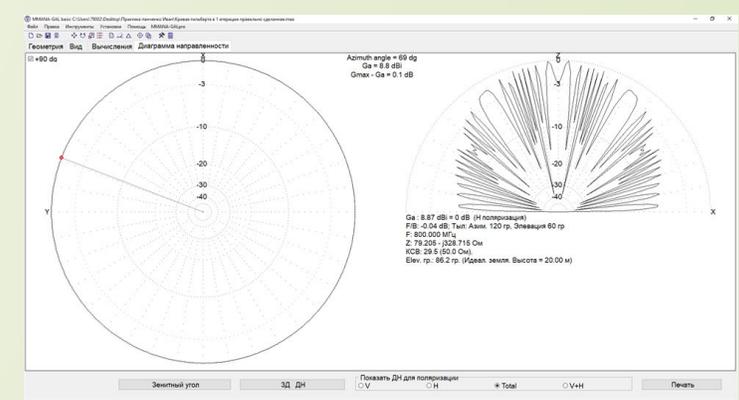
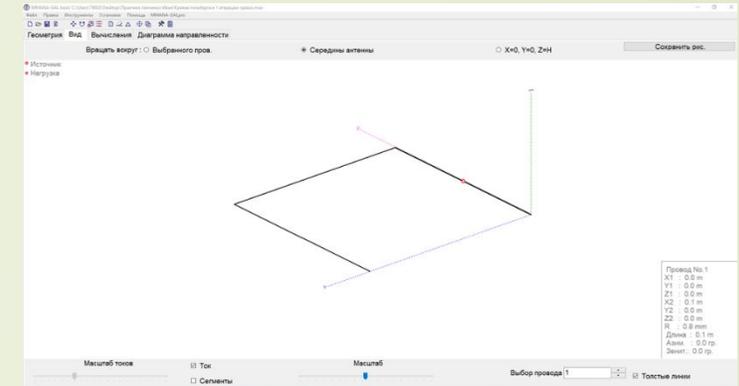
Земля: Свободное пространство Идеальная Реальная

Высота: 20.00 м

Материал: медь

ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.375 (м)
 ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 71
 НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 М
 ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
 РАСЧЕТ МАТРИЦ...
 ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) KCB
 w1c 5.00+0.00 3.46+14.38 79.21-j328.72 29.47
 РАСЧЕТ ТОКОВ...
 РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ...
 РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
 0.11 sec

| No. | F (МГц) | R (Ом) | jX (Ом) | KCB 50 | Gh (dBd) | Ga (dBi) | F/B (dB) | Elev(гр) | Земля | Высота | Поляр. |
|-----|---------|--------|---------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | 800.0 | 79.21 | -328.7 | 29.5 | --- | 8.87 | -0.04 | 86.2 | Идеал. | 20.0 | гориз. |



Антенна №1.2

МММNA-G4L basic F:\Курсовый проект\1 итерация\правильно сделанная.maa

Файл Правка Инструменты Установки Помощь МММNA-G4L.pro

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Частота 28000 МГц

Земля

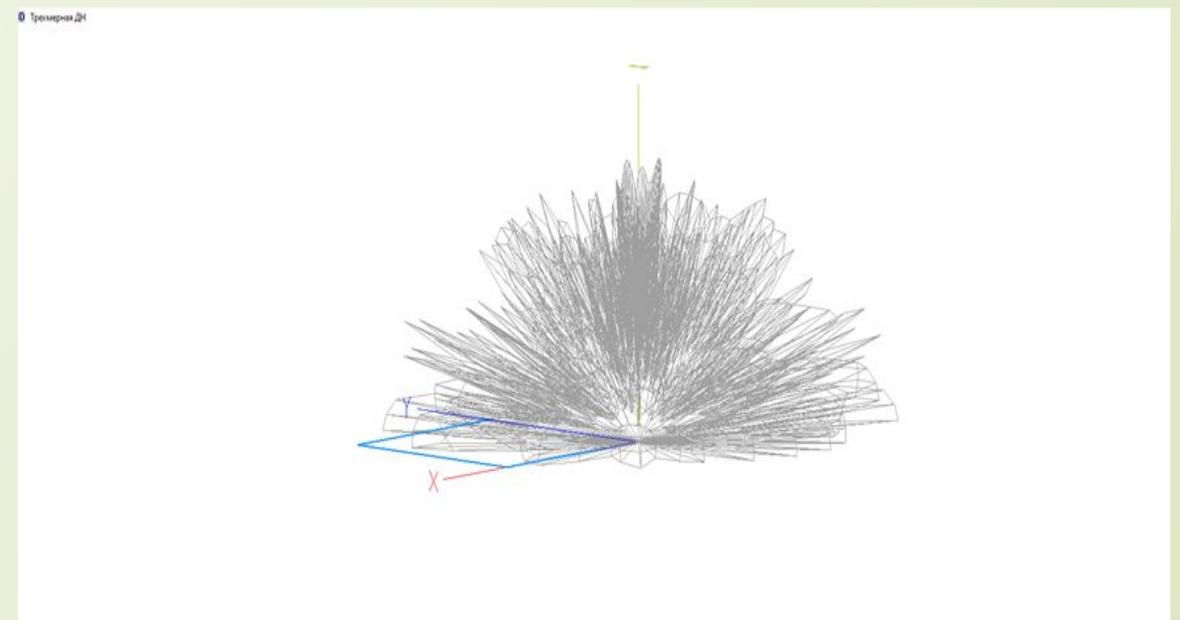
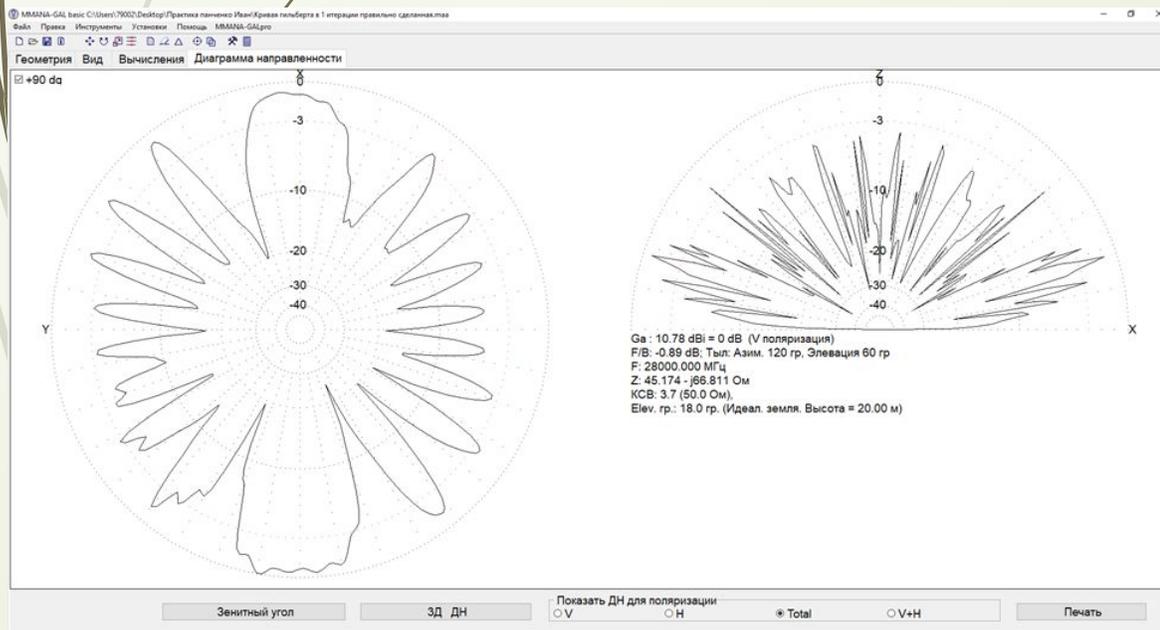
- Свободное пространство
- Идеальная
- Реальная

Высота 20.00 м

Материал медь

ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.011 (m)
ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 167
НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
РАСЧЕТ МАТРИЦ...
ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) KСВ
w1c 5.00+0.00 34.73+51.36 45.17-j66.81 3.72
РАСЧЕТ ТОКОВ...
РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ...
РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
0.23 sec

| No. | F (МГц) | R (Ом) | X (Ом) | KСВ 50 | Gh (dBd) | Ga (dBi) | F/B (dB) | Elev(гр) | Земля | Высота | Поляр. |
|-----|---------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | 28000.0 | 45.17 | -66.81 | 3.72 | --- | 10.78 | -0.89 | 18.0 | Идеал. | 20.0 | верт. |



Антенна №2.1

ММНА-G4 Basic C:\Users\7902\Desktop\Практика\панельки\Иван\Кривая гальберга в 1 итерации под углом.exe

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Имя: Частота: 800 МГц в лямбдах

Проводов 3 Автосегментация: DM1 800 DM2 80 SC 2.0 EC 2 Не разрывать

| No. | X1(m) | Y1(m) | Z1(m) | X2(m) | Y2(m) | Z2(m) | R(mm) | Seg. |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 2 | -1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 3 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| след. | | | | | | | | |

Источников 1

| No. | PULSE | Volt. V | Phase dg |
|-------|-------|---------|----------|
| 1 | w1c | 5.0 | 0.0 |
| след. | | | |

Нагрузок 0 (L - uH, C - pF, R/jX - Ohm) Включить нагрузки

| No. | PULSE | Type | L/R/A0 | C/jX/B0 | Q/A1 | F/B1 |
|-------|-------|------|--------|---------|------|------|
| след. | | | | | | |

ММНА-G4 Basic F:\Кривая гальберга в 1 итерации под углом.exe

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Частота: 800 МГц

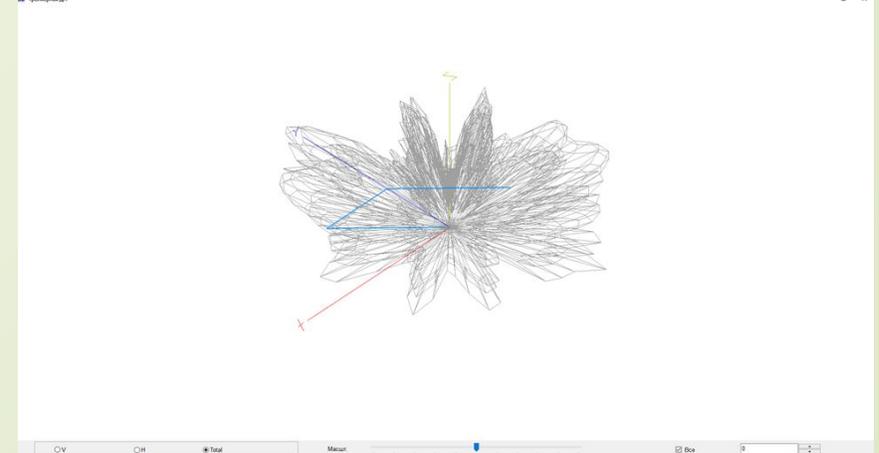
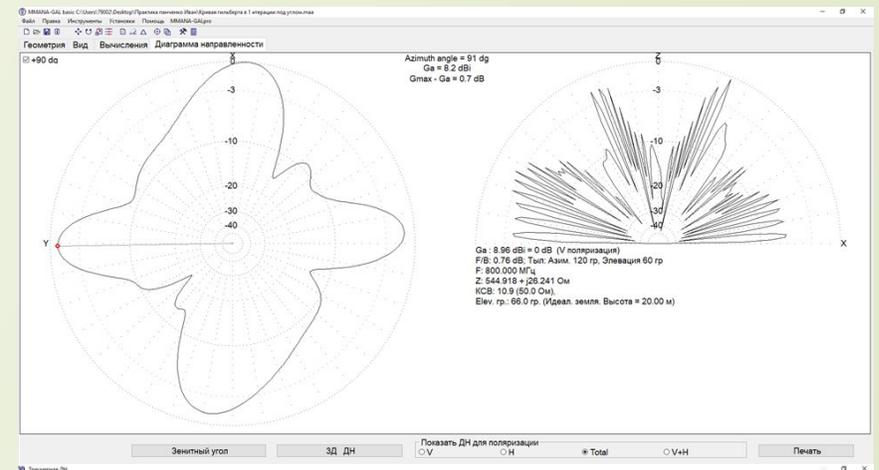
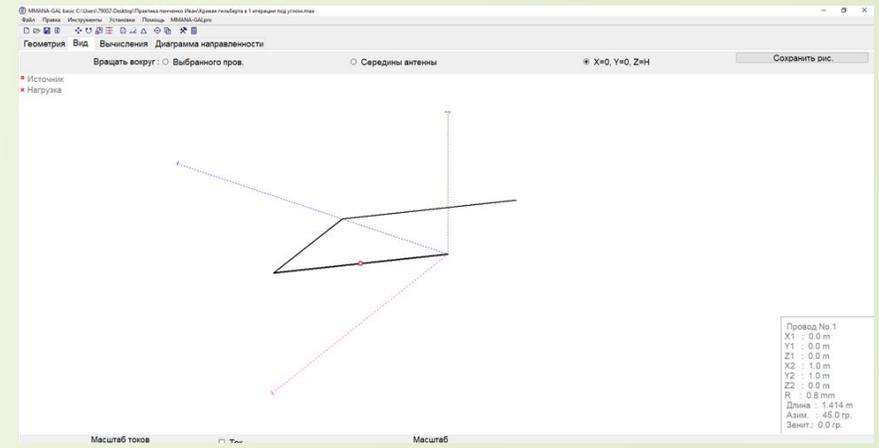
Земля: Свободное пространство Идеальная Реальная

Высота: 20.00 м

Материал: медь

ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.375 (m)
 ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 823
 НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
 ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
 РАСЧЕТ МАТРИЦ...
 ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) KCB
 w1c 5.00+0.00 9.15-j0.44 544.92+j26.24 10.92
 РАСЧЕТ ТОКОВ...
 РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ...
 РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
 4.17 sec

| No. | F (МГц) | R (Ом) | X (Ом) | KCB 50 | Gh (dBd) | Ga (dBi) | F/B (dB) | Elev(гр) | Земля | Высота | Поляр. |
|-----|---------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | 800.0 | 544.9 | 26.24 | 10.9 | --- | 8.96 | 0.76 | 66.0 | Идеал. | 20.0 | верт. |



Антенна №2.2

MMANA-GAL basic F:\Курсовая гильберта в 1 итерации под углом.мак

Файл Правка Инструменты Установки Помощь MMANA-GALpro

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Частота 28000 МГц

Земля

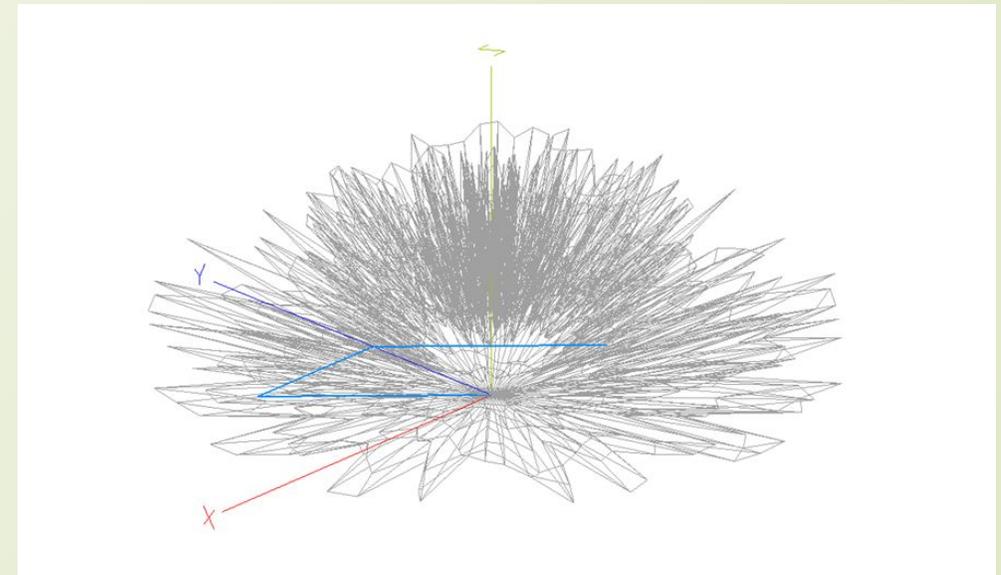
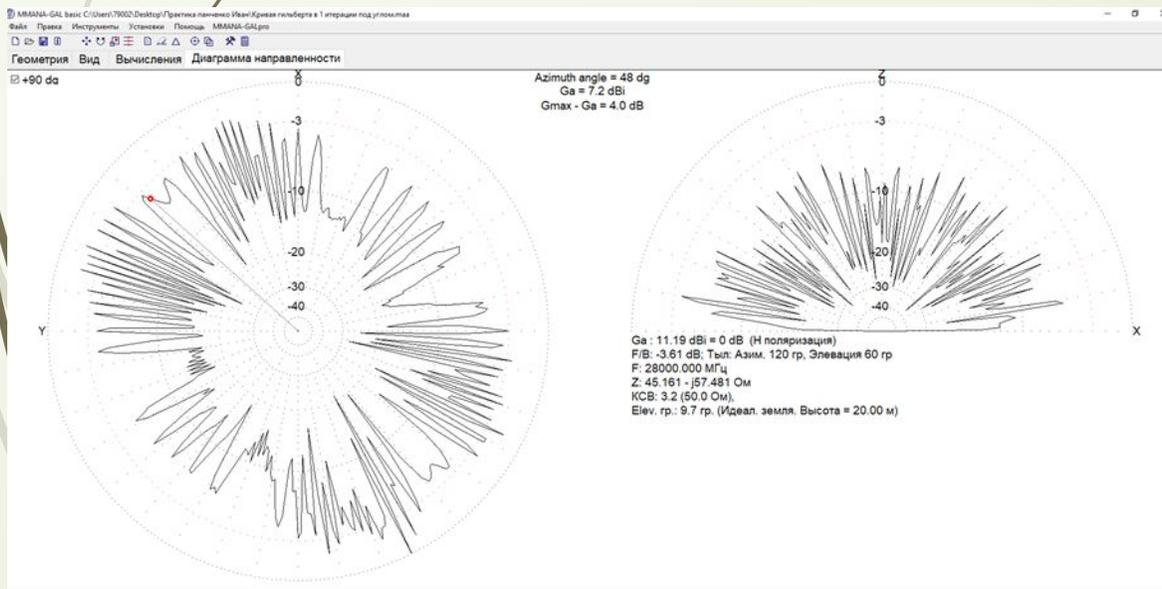
- Свободное пространство
- Идеальная
- Реальная

Высота 20.00 м

Материал медь

ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.011 (m)
 ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 2143
 НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
 ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
 РАСЧЕТ МАТРИЦ...
 ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) КСВ
 w1c 5.00+j0.00 42.26+j53.79 45.16-j57.48 3.16
 РАСЧЕТ ТОКОВ...
 РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ...
 РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
 36.67 sec

| No. | F (МГц) | R (Ом) | jX (Ом) | КСВ 50 | Gh (dBd) | Ga (dBi) | F/B (dB) | Elev(гр) | Земля | Высота | Поляр. |
|-----|---------|--------|---------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | 28000.0 | 45.16 | -57.48 | 3.16 | --- | 11.19 | -3.61 | 9.7 | Идеал. | 20.0 | гориз. |



Антенна №3.1

МММNA-G4L basic C:\Users\Bani\Desktop\Делом\Кривая гальберга в 2 iterations прямо.мак

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Имя: Частота: 800 МГц в лямбдах

Проводов 13 Автоsegmentация: DM1 800 DM2 80 SC 2 EC 2 Не разрывать

| No. | X1(m) | Y1(m) | Z1(m) | X2(m) | Y2(m) | Z2(m) | R(mm) | Seg. |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 2 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 3 | 0.1 | 0.3 | 0.0 | 0.1 | 0.4 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 4 | 0.1 | 0.4 | 0.0 | 0.3 | 0.4 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 5 | 0.3 | 0.4 | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 6 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 7 | 0.2 | 0.3 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 8 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 9 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.3 | 0.1 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 10 | 0.3 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 11 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 12 | 0.1 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 13 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| след. | | | | | | | | |

Источников 1

| No. | PULSE | Volt V | Phase dg |
|-------|-------|--------|----------|
| 1 | w1c | 5.0 | 0.0 |
| след. | | | |

Нагрузок 0 (L - uH; C - pF; R/JX - Ohm) Включить нагрузки

| No. | PULSE | Type | L/R/A0 | C/JX/B0 | Q/A1 | F/B1 |
|-------|-------|------|--------|---------|------|------|
| след. | | | | | | |

МММNA-G4L basic C:\Users\Bani\Desktop\Делом\Кривая гальберга в 2 iterations прямо.мак

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Частота: 800 МГц

Земля: Свободное пространство Идеальная Реальная

Высота: 20.00 м

Материал: медь

ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.375 (m)
 ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 351
 НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
 ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
 РАСЧЕТ МАТРИЦ...
 ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) КСВ
 w1c 5.00+0.00 6.10+10.03 221.43-363.79 16.55
 РАСЧЕТ ТОКОВ...
 РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ...
 РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
 0.81 sec

| No. | F (МГц) | R (Ом) | X (Ом) | КСВ 50 | Gh (dBd) | Ga (dBi) | F/B (dB) | Elev(гр) | Земля | Высота | Поляр. |
|-----|---------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | 800.0 | 221.4 | -363.8 | 16.5 | --- | 9.34 | -1.74 | 72.0 | Идеал. | 20.0 | верт. |

МММNA-G4L basic C:\Users\Bani\Desktop\Делом\Кривая гальберга в 2 iterations прямо.мак

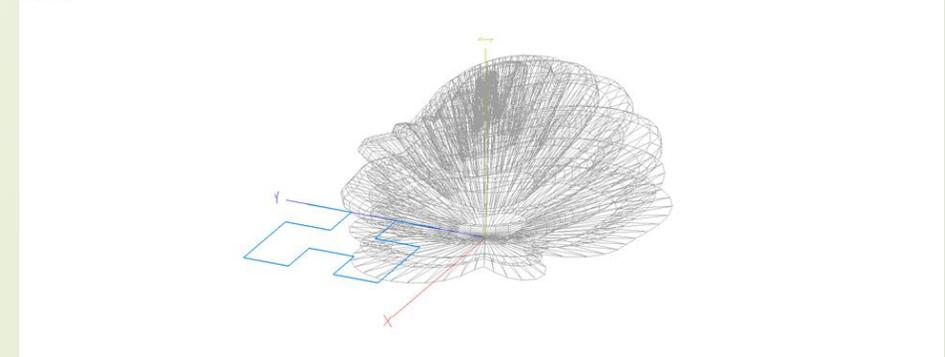
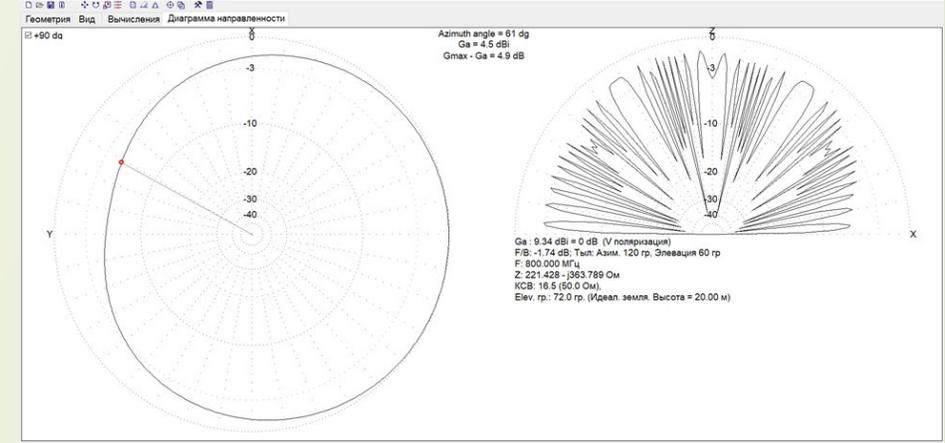
Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Вращать вокруг: Выбранного пров. Середины антенны

X=0, Y=0, Z=N

Сохранить рис.

Провод No.1
 X1 : 0.0 m
 Y1 : 0.4 m
 Z1 : 0.0 m
 X2 : 0.0 m
 Y2 : 0.3 m
 Z2 : 0.0 m
 R : 0.8 mm
 Длина : 0.1 m
 Азим. : -90.0 гр.
 Завит : 0.0 m



Антенна №3.2

MMANA-GA4 basic C:\Users\Ваня\Desktop\Диплом\Кривая гильберта в 2 итерации прямо.ма

Файл Правка Инструменты Установки Помощь MMANA-GA4.pro

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Частота 28000 МГц

Земля

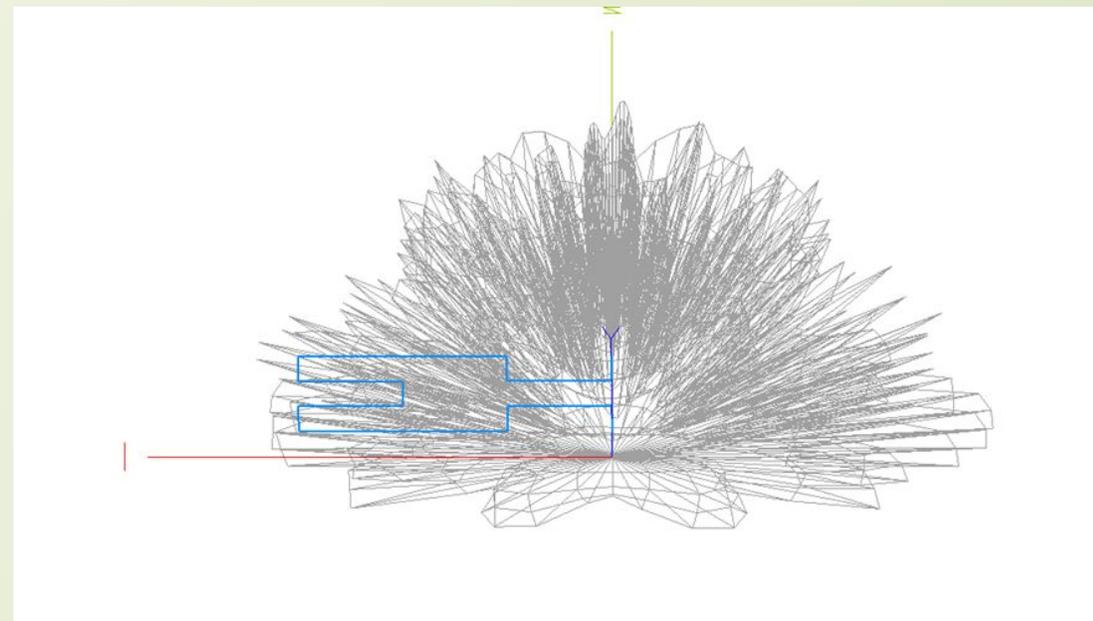
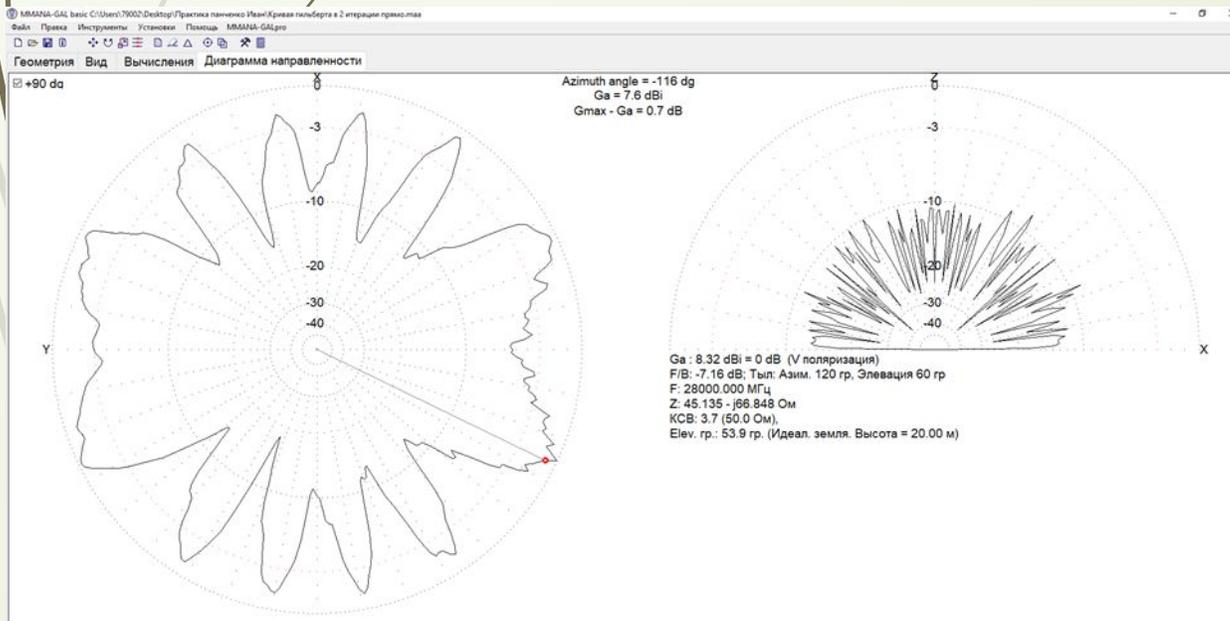
- Свободное пространство
- Идеальная
- Реальная

Высота 20.00 м

Материал медь

ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.011 (m)
 ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 839
 НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
 ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
 РАСЧЕТ МАТРИЦ...
 ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) КСВ
 w1c 5.00+j0.00 34.69+j51.38 45.13-j66.85 3.72
 РАСЧЕТ ТОКОВ...
 РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ...
 РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
 4.66 sec

| No. | F (МГц) | R (Ом) | jX (Ом) | КСВ 50 | Gh (dBd) | Ga (dBi) | F/B (dB) | Elev(гр) | Земля | Высота | Поляр. |
|-----|---------|--------|---------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | 28000.0 | 45.13 | -66.85 | 3.72 | --- | 8.32 | -7.16 | 53.9 | Идеал. | 20.0 | верт. |



Антенна №4.1

ММНА-GAL basic C:\Users\Boris\Desktop\Практика\панель\Иван\Кривая гильберта в 2-й итерации под углом 45 градусов.mna

Имя: Частота: 800 МГц в лямбдах

Проводов 13 Автоsegmentация: DM1: 800 DM2: 80 SC: 2 EC: 2 Не разрывать

| No. | X1(m) | Y1(m) | Z1(m) | X2(m) | Y2(m) | Z2(m) | R(mm) | Seg. |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 2 | 0.1 | 0.3 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 3 | 0.2 | 0.4 | 0.0 | 0.1 | 0.5 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 4 | 0.1 | 0.5 | 0.0 | 0.3 | 0.7 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 5 | 0.3 | 0.7 | 0.0 | 0.4 | 0.6 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 6 | 0.4 | 0.6 | 0.0 | 0.3 | 0.5 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 7 | 0.3 | 0.5 | 0.0 | 0.4 | 0.4 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 8 | 0.4 | 0.4 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 9 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.6 | 0.4 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 10 | 0.6 | 0.4 | 0.0 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 11 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 12 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| 13 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.3 | 0.1 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| след. | | | | | | | | |

Источников 1

| No. | PULSE | Volt V | Phase dg |
|-------|-------|--------|----------|
| 1 | w1c | 5.0 | 0.0 |
| след. | | | |

Нагрузок 0 (L - uH; C - pF; R/jX - Ohm) Включить нагрузки

| No. | PULSE | Type | L/R/A0 | C/jX/B0 | Q/A1 | F/B1 |
|-------|-------|------|--------|---------|------|------|
| след. | | | | | | |

ММНА-GAL basic C:\Users\Boris\Desktop\Практика\панель\Иван\Кривая гильберта в 2-й итерации под углом 45 градусов.mna

Частота: 800 МГц

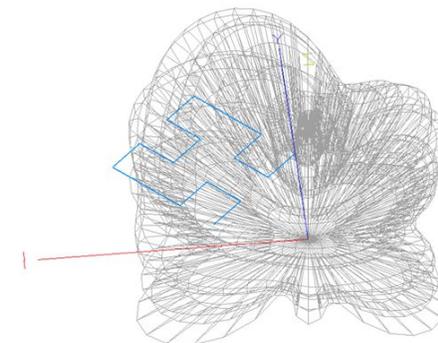
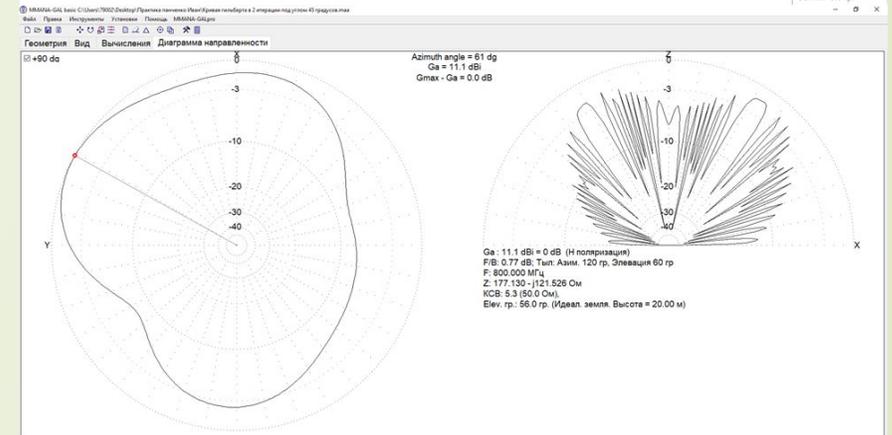
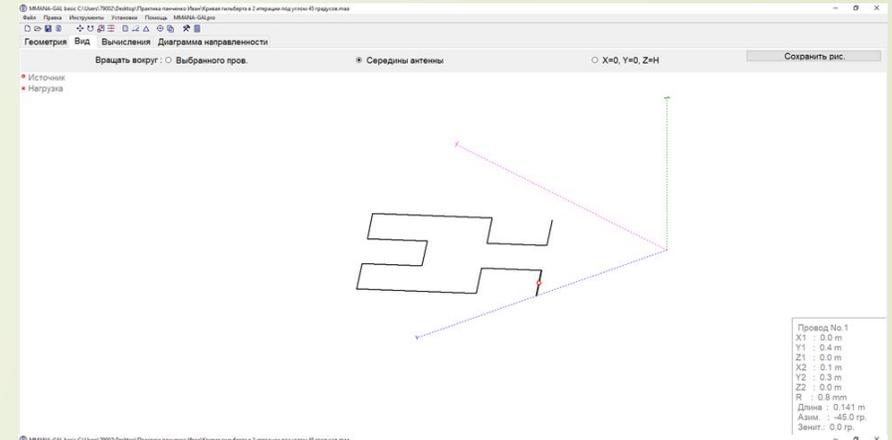
Земля: Свободное пространство Идеальная Реальная

Высота: 20.00 м

Материал: медь

ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.375 (m)
 ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 475
 НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
 ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
 РАСЧЕТ МАТРИЦ...
 ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) KCB
 w1c 5.00+0.00 19.19+j13.17 177.13-j121.53 5.30
 РАСЧЕТ ТОКОВ...
 РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ...
 РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
 1.44 sec

| No. | F (МГц) | R (Ом) | X (Ом) | KCB 50 | Gh (dBd) | Ga (dBi) | F/B (dB) | Elev (gr) | Земля | Высота | Поляр. |
|-----|---------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|-----------|--------|--------|--------|
| 1 | 800.0 | 177.1 | -121.5 | 5.3 | --- | 11.1 | 0.77 | 56.0 | Идеал. | 20.0 | гориз. |



Антенна №4.2

MMANA-GAL basic C:\Users\Ivan\Desktop\Диплом\Курсовый проект в 2-й итерации под углом 45 градусов.ma

Файл Правка Инструменты Установки Помощь MMANA-GAL.pro

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Частота 28000 МГц

Земля

Свободное пространство

Идеальная

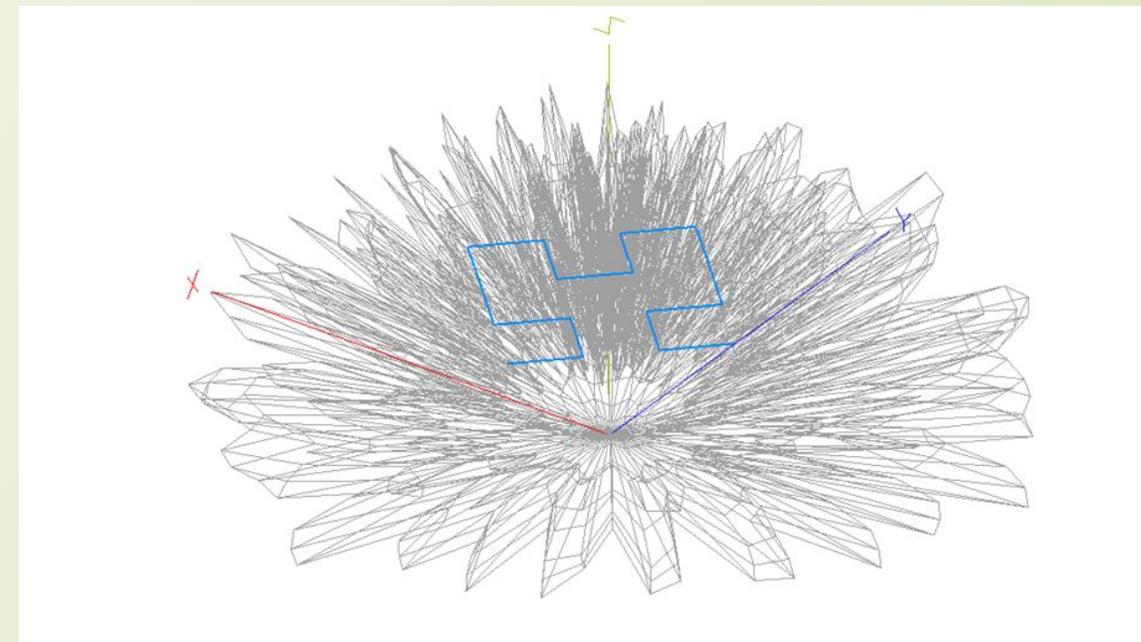
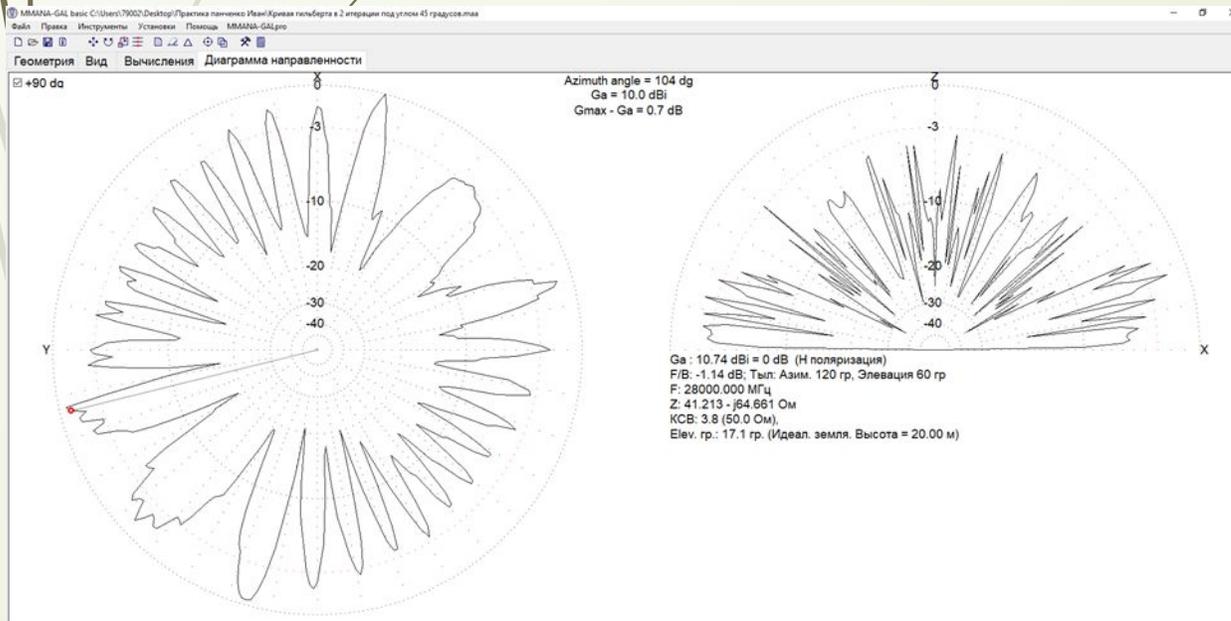
Реальная

Высота 20.00 м

Материал медь

ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.011 (m)
 ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 1195
 НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 М
 ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
 РАСЧЕТ МАТРИЦ...
 ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) KСВ
 w1c 5.00+j0.00 35.05+j54.99 41.21-j64.66 3.80
 РАСЧЕТ ТОКОВ...
 РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ...
 РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
 9.92 sec

| No | F (МГц) | R (Ом) | X (Ом) | KСВ 50 | Gh (dBd) | Ga (dBi) | F/B (dB) | Elev(гр) | Земля | Высота | Поляр. |
|----|---------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | 28000.0 | 41.21 | -64.66 | 3.8 | --- | 10.74 | -1.14 | 17.1 | Идеал. | 20.0 | гориз. |



Антенна №5.1

MMANA-GAL basic

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Имя: _____ Частота: 800 МГц в лямбдах

Проводов 1 Автоsegmentация: DM1: 800 DM2: 80 SC: 2 EC: 2 Не разрывать

| No. | X1(m) | Y1(m) | Z1(m) | X2(m) | Y2(m) | Z2(m) | R(mm) | Seg. |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | -1 |
| след. | | | | | | | | |

Источников 1

| No. | PULSE | Volt V | Phase dg |
|-------|-------|--------|----------|
| 1 | w1b | 5.0 | 0.0 |
| след. | | | |

Нагрузок 0 (L - uH, C - pF, R/jX - Ohm) Включить нагрузки

| No. | PULSE | Type | L/R/A0 | C/jX/B0 | Q/A1 | F/B1 |
|-------|-------|------|--------|---------|------|------|
| след. | | | | | | |

MMANA-GAL basic C:\Users\Bani\Desktop\Диплом\Антенна стандартная для сравнения.mna

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Частота: 800 МГц

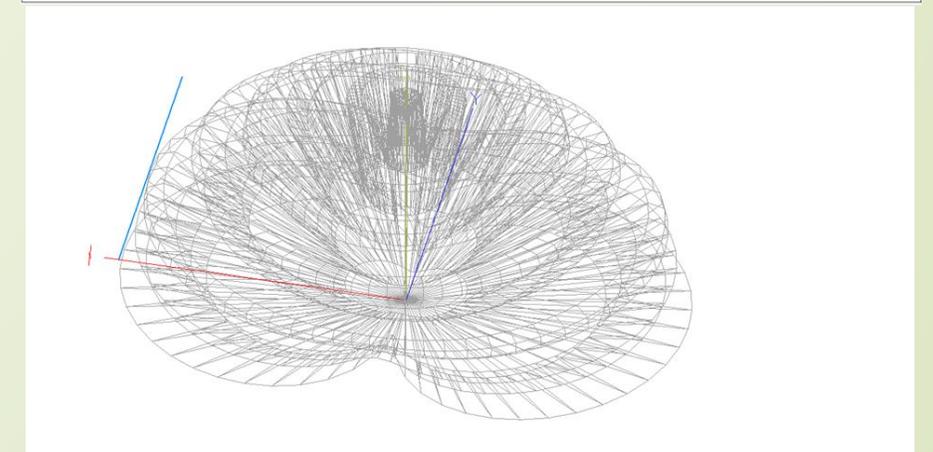
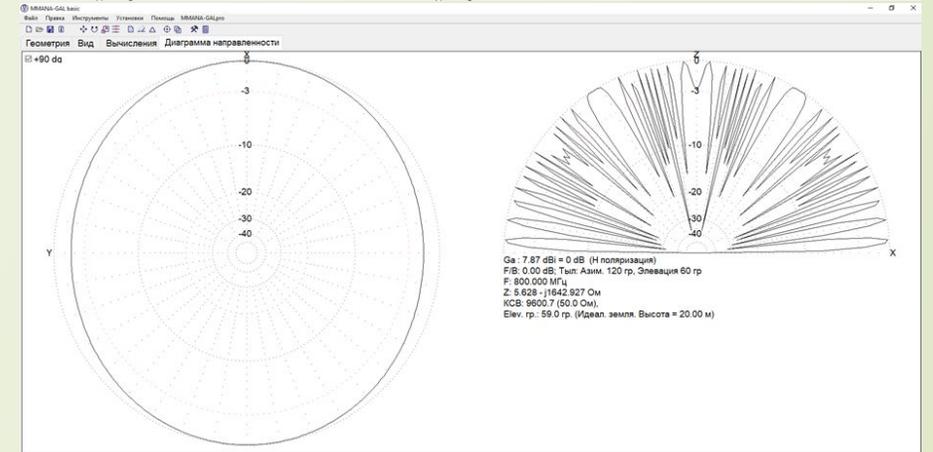
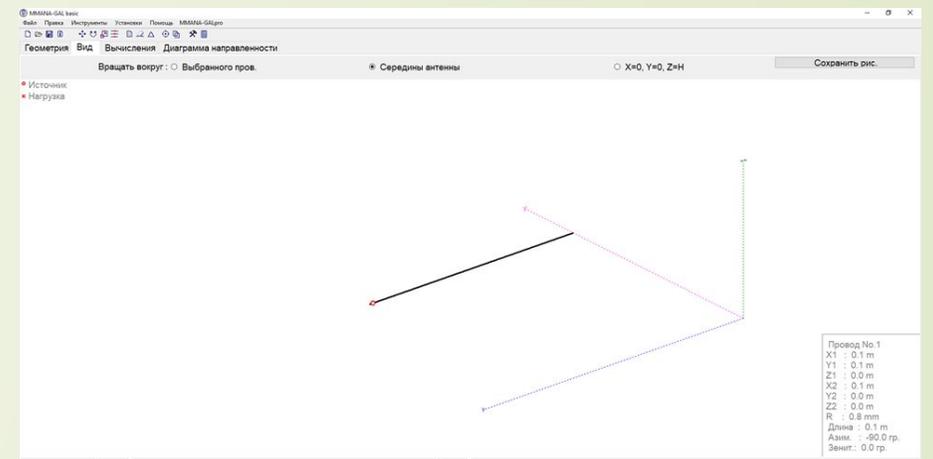
Земля: Свободное пространство Идеальная Реальная

Высота: 20.00 м

Материал: медь

ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.375 (m)
 ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 23
 НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
 ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
 РАСЧЕТ МАТРИЦ...
 ТОЧКА U (В) I (mA) Z (Ом) KCB
 w1b 5.00+0.00 0.01+3.04 5.63-j1642.93 9600.74
 РАСЧЕТ ТОКОВ...
 РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ...
 РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
 0.05 sec

| No. | F (МГц) | R (Ом) | jX (Ом) | KCB 50 | Gh (dBd) | Ga (dBi) | F/B (dB) | Elev (gr) | Земля | Высота | Поляр. |
|-----|---------|--------|---------|--------|----------|----------|----------|-----------|--------|--------|--------|
| 1 | 800.0 | 5.628 | -1642 | 9600 | --- | 7.87 | -0.0 | 59.0 | Идеал. | 20.0 | гориз. |



Антенна №5.2

MMANA-G4 basic C:\Users\7000\Desktop\Практика\паченко\Идеал\Антенна стандартная для сравнения.maa

Файл Правка Инструменты Установки Платформа MMANA-G4.pro

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Частота 28000 МГц

Земля

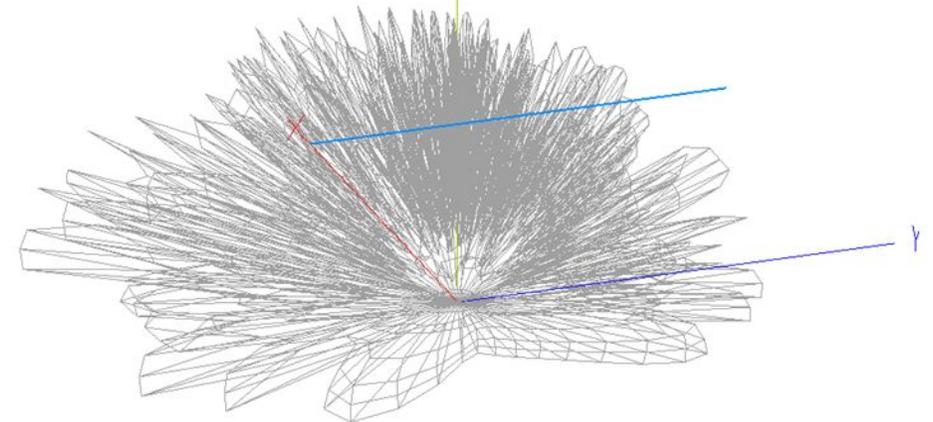
- Свободное пространство
- Идеальная
- Реальная

Высота 20.00 м

Материал медь

ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.011 (m)
ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 55
НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
РАСЧЕТ МАТРИЦ...
ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) KCB
1 5.00+0.00 96.46+70.55 33.77-j24.70 2.02
РАСЧЕТ ТОКОВ...
РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ...
РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
0.08 sec

| No. | F (МГц) | R (Ом) | X (Ом) | KCB 50 | Gh (dBd) | Ga (dBi) | F/B (dB) | Elev(гр) | Земля | Высота | Поляр. |
|-----|---------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | 28000.0 | 33.77 | -24.7 | 2.02 | --- | 12.5 | -14.89 | 22.0 | Идеал. | 20.0 | верт. |



Сравнение антенн

| Антенны | №1.1 | №1.2 | №2.1 | №2.2 | №3.1 | №3.2 | №4.1 | №4.2 | №5.1 | №5.2 |
|----------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Длина волны(м) | 0.375 | 0.011 | 0.375 | 0.011 | 0.375 | 0.011 | 0.375 | 0.011 | 0.375 | 0.011 |
| R(Ом) | 79.21 | 45.17 | 544.9 | 45.16 | 221.4 | 45.13 | 177.1 | 42.21 | 5.628 | 33.77 |
| jX(Ом) | -328.7 | -66.81 | 26.24 | -57.48 | -363.8 | -66.85 | -121.5 | -64.66 | -1642.0 | -24.7 |
| KCB | 29.5 | 3.72 | 10.9 | 3.16 | 16.5 | 3.72 | 5.3 | 3.8 | 9600.0 | 2.02 |
| Ga(dBi) | 8.87 | 10.78 | 8.96 | 11.19 | 9.34 | 8.32 | 11.1 | 10.74 | 7.87 | 12.5 |
| F/B (dB) | -0.04 | -0.89 | 0.76 | -3.61 | -1.74 | -7.16 | 0.77 | -1.14 | 0.00 | -14.89 |
| Elen(гр) | 86.2 | 18.0 | 66.0 | 9.7 | 72.0 | 53.9 | 56.0 | 17.1 | 59.0 | 22.0 |
| Поляризация | Гориз | Верт. | Верт | Гориз | Верт. | Верт | Гориз | Гориз | Гориз | Верт |

Заключение

- Достигнута цель дипломной работы – рассчитаны фрактальные антенны и изучены их характеристики. Для достижения данной цели были решены следующие задачи
- 1. Изучены методы расчета фрактальных антенн.
- 2. Расписаны и изучены свойства кривой Гильберта.
- 3. Рассчитаны в «MMANA» фрактальные антенны, записаны их свойства. Проанализированы их преимущества и недостатки по сравнению со стандартной антенной.
- 4. Рассмотрена возможность их применения в промышленности и на практике.



Спасибо за внимание!