

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

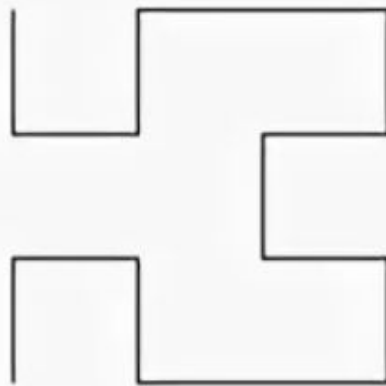
Введение

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.

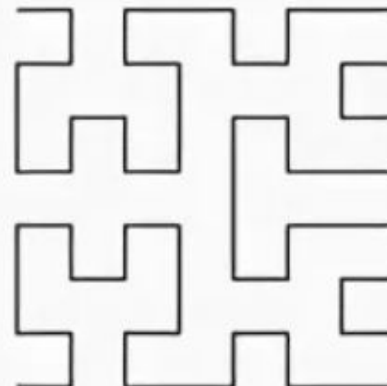
$n = 1$



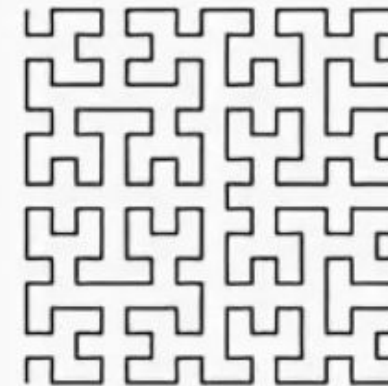
$n = 2$



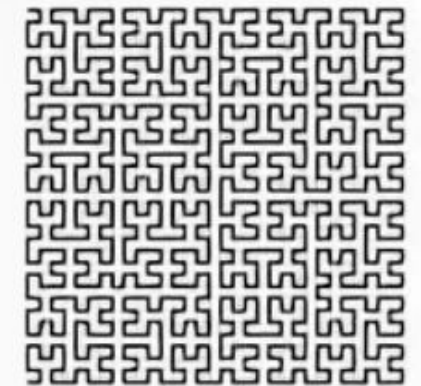
$n = 3$



$n = 4$



$n = 5$



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

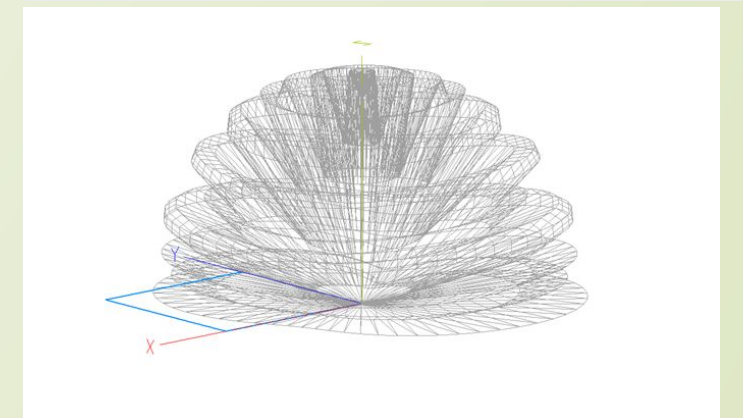
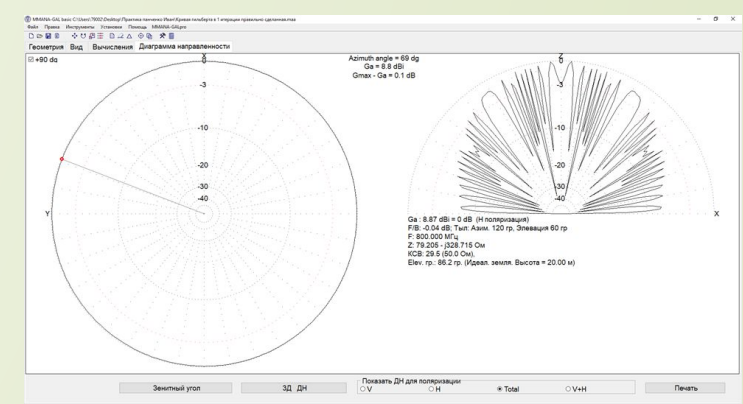
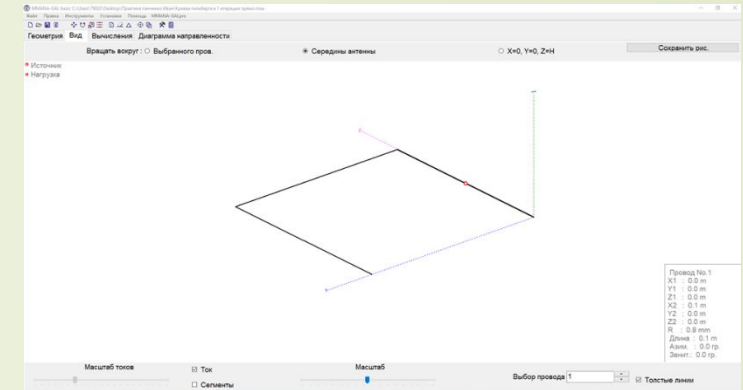
Земля: Свободное пространство Идеальная Реальная

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

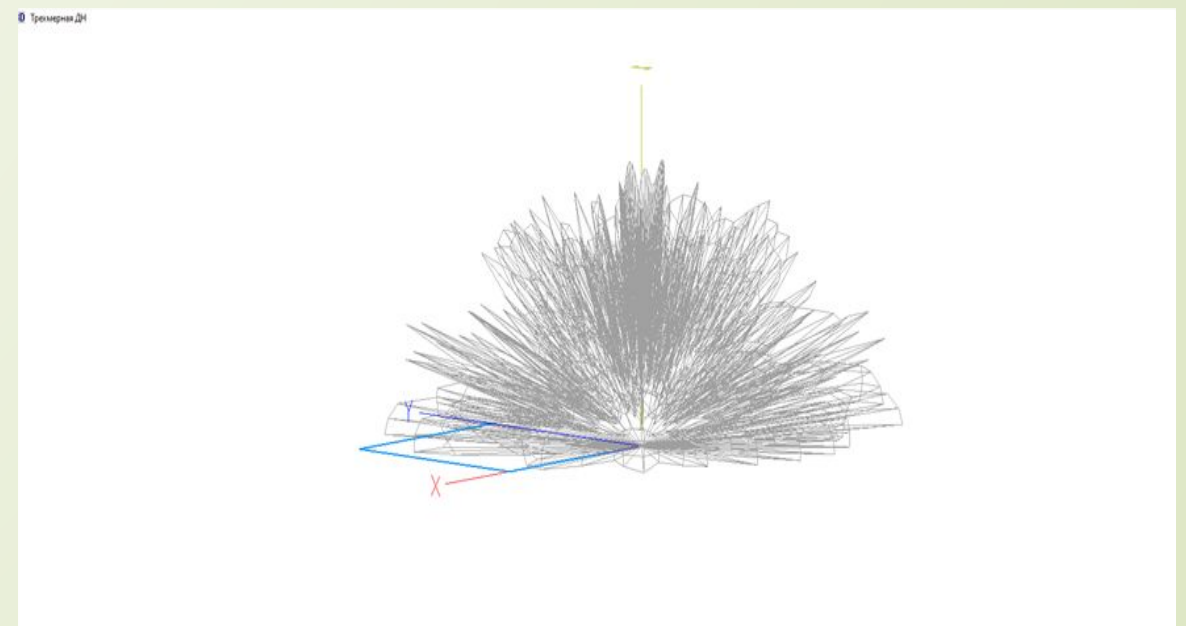
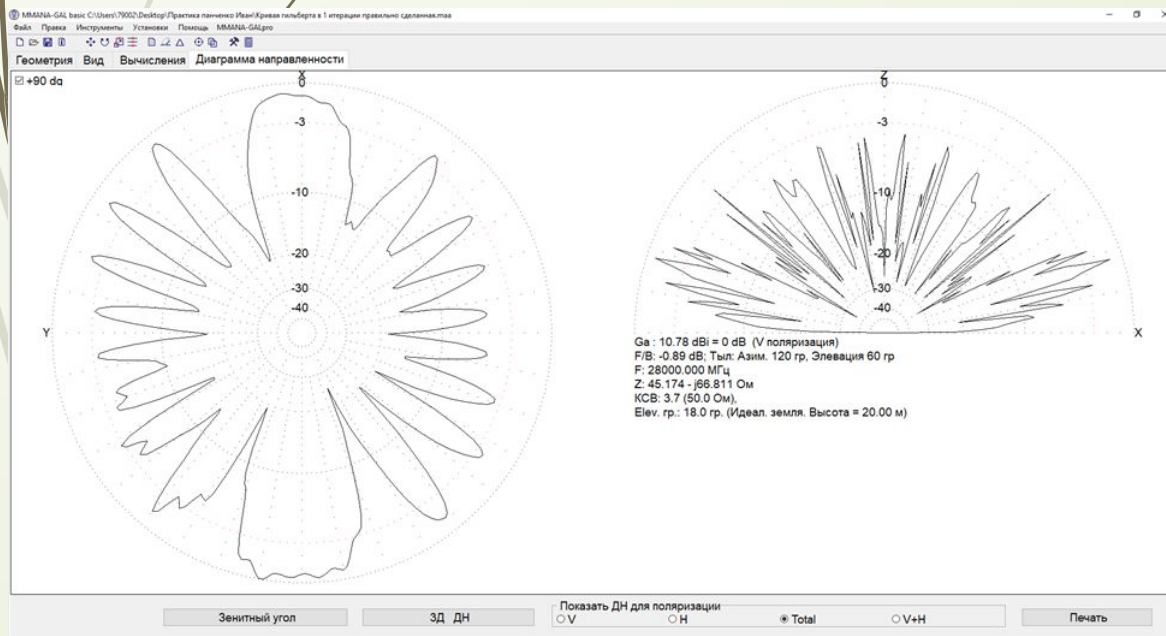
- Свободное пространство
- Идеальная
- Реальная

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

МММАН-САЕ 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.						

МММАН-САЕ basic F:\Кривая гальберга в 1 итерации под углом.exe

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Частота: 800 МГц

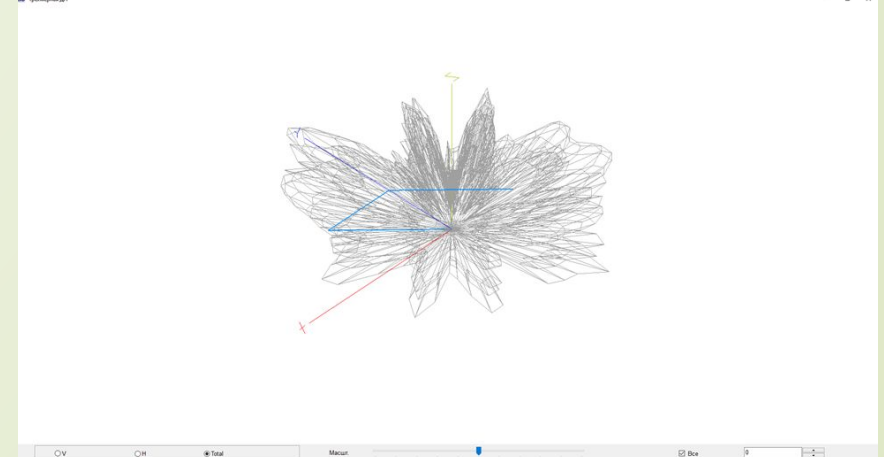
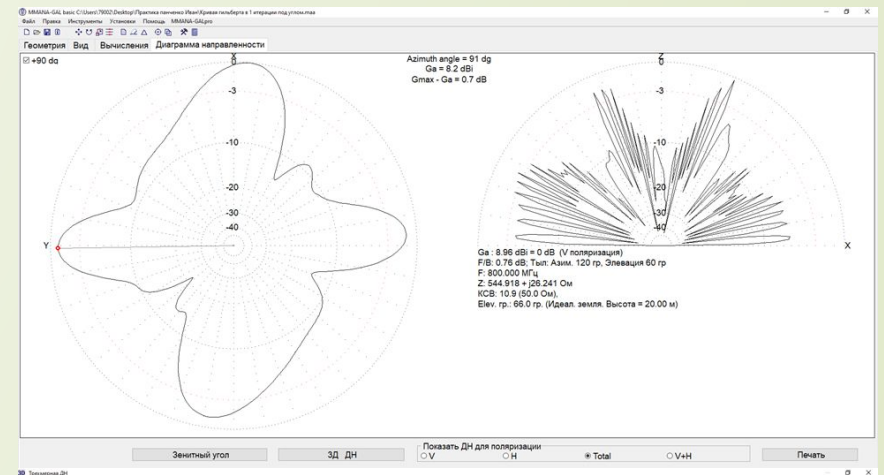
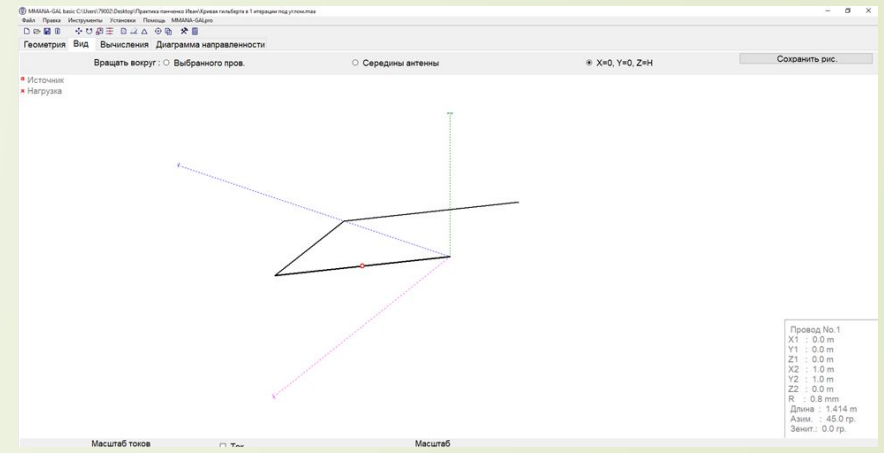
Земля: Свободное пространство Идеальная Реальная

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

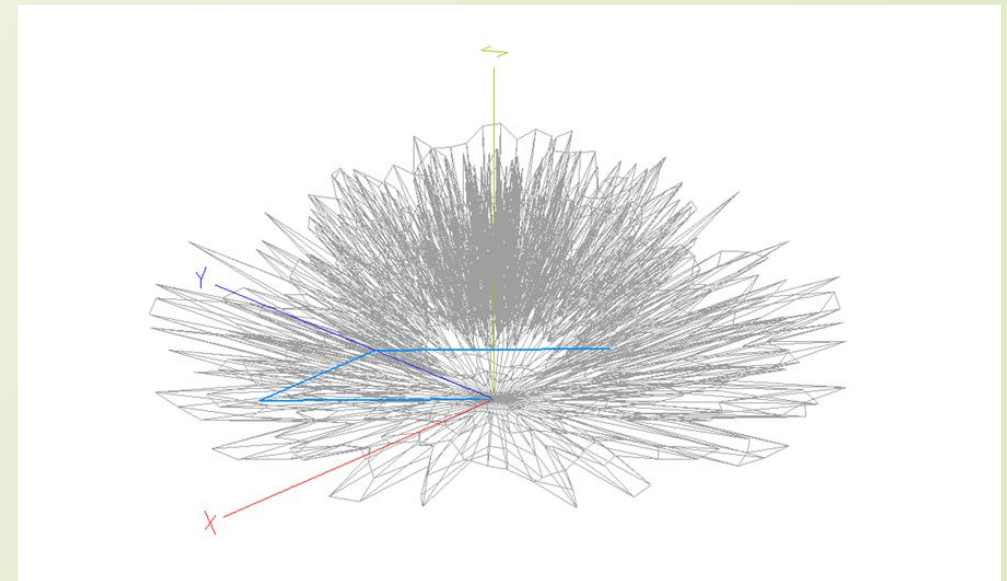
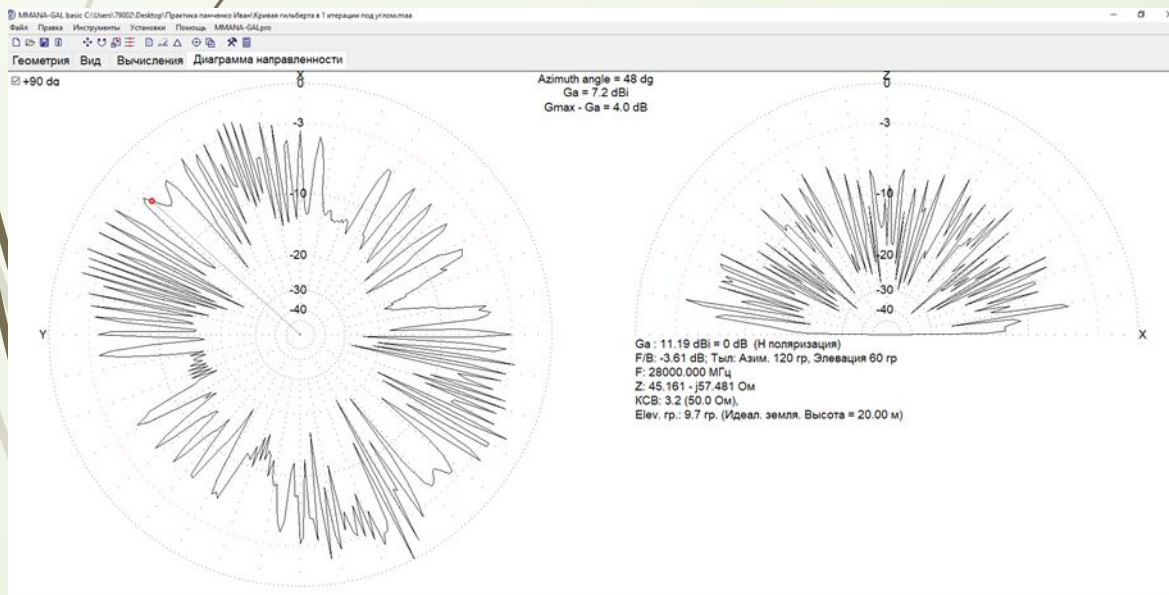
- Свободное пространство
- Идеальная
- Реальная

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

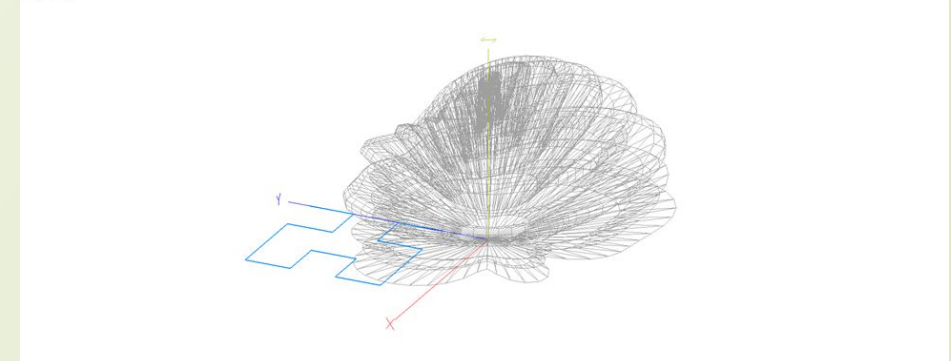
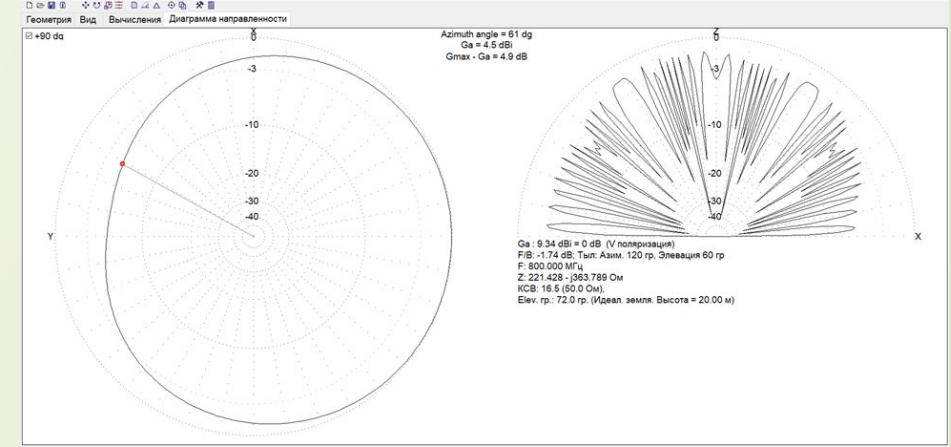
No.	F (МГц)	R (Ом)	X (Ом)	КСВ 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)	Земля	Высота	Поляр.
1	800.0	221.4	-363.8	16.5	---	9.34	-1.74	72.0	Идеал.	20.0	верт.

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

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.
 Зашит : 0 m



Антенна №3.2

MMANA-GA4 basic C:\Users\Bana\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

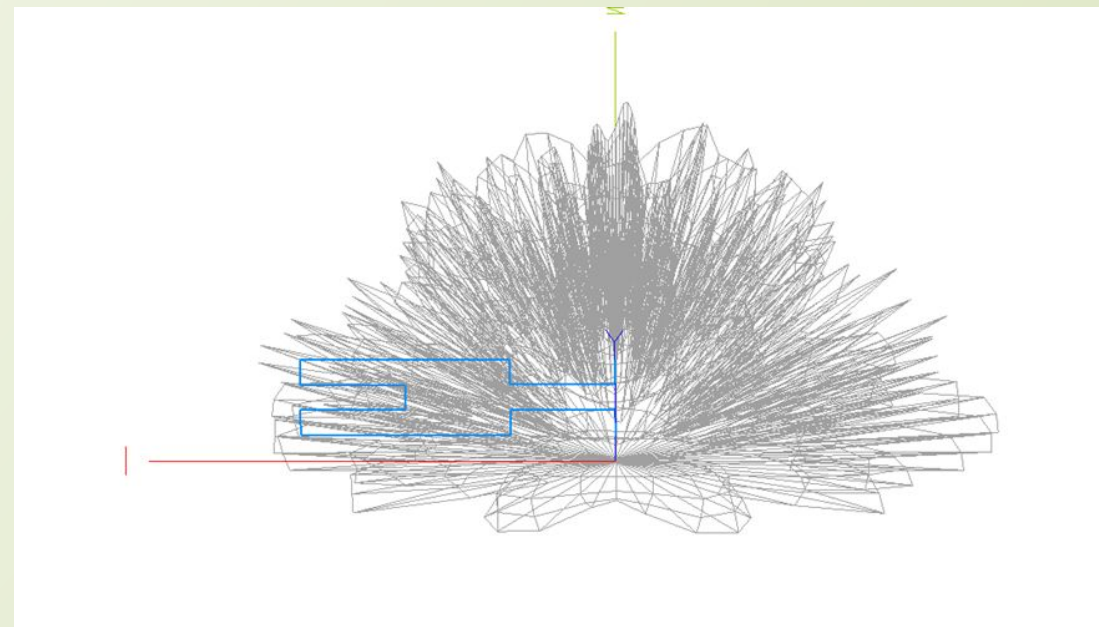
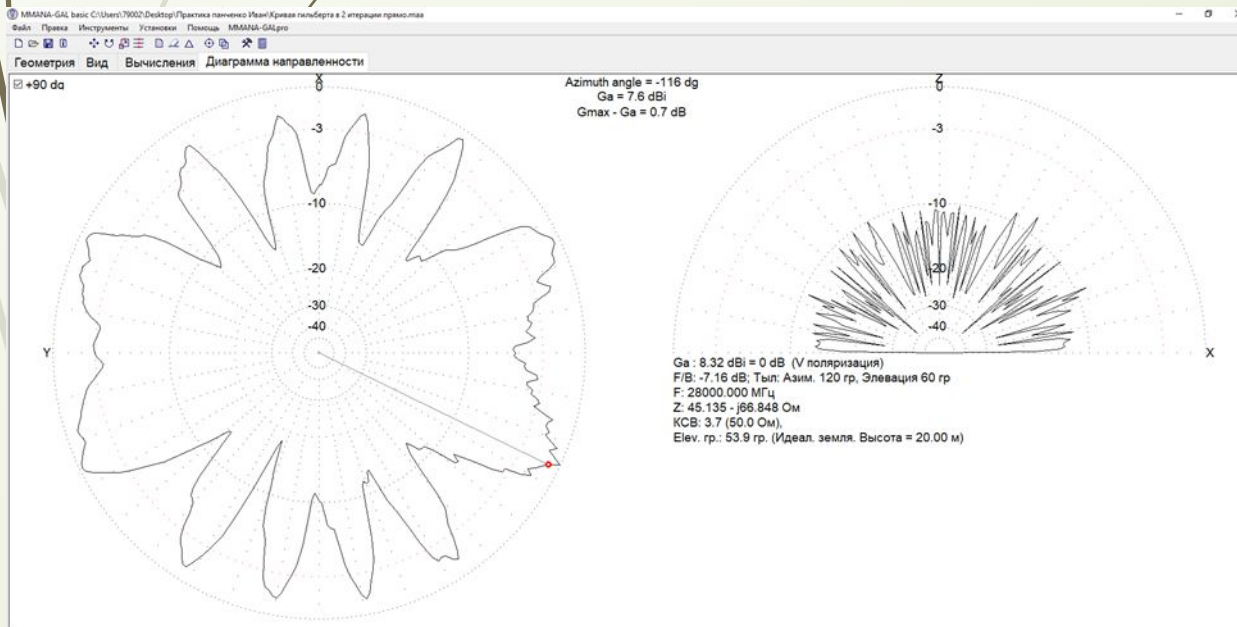
- Свободное пространство
- Идеальная
- Реальная

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\Bene\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\Bene\Desktop\Практика\панель\Иван\Кривая гильберта в 2-й итерации под углом 45 градусов.mna

Частота: 800 МГц

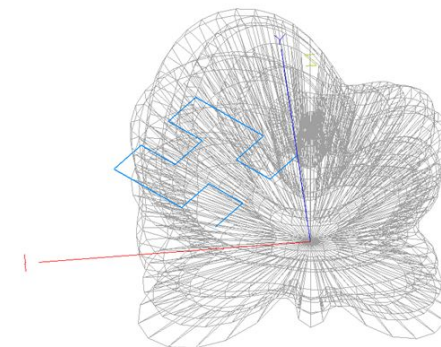
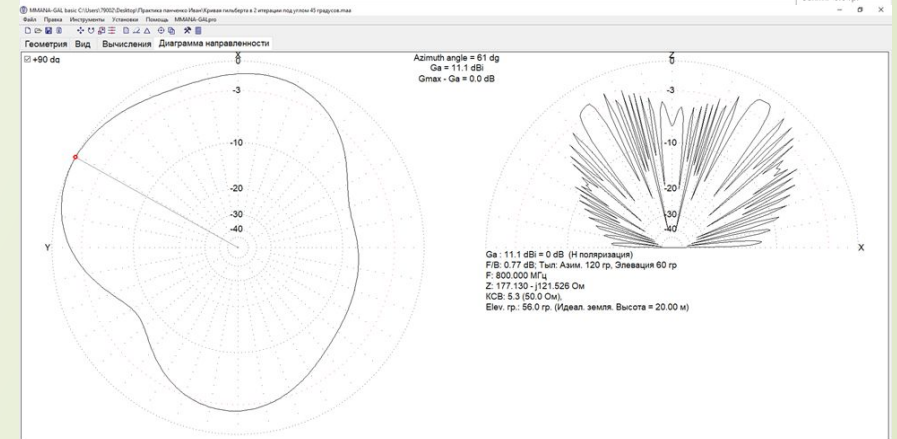
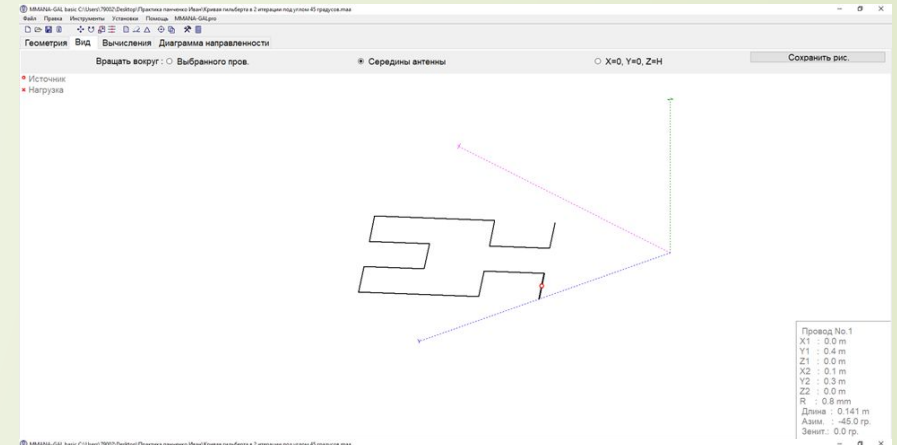
Земля: Свободное пространство Идеальная Реальная

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) KСВ
 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)	KСВ 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\2 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

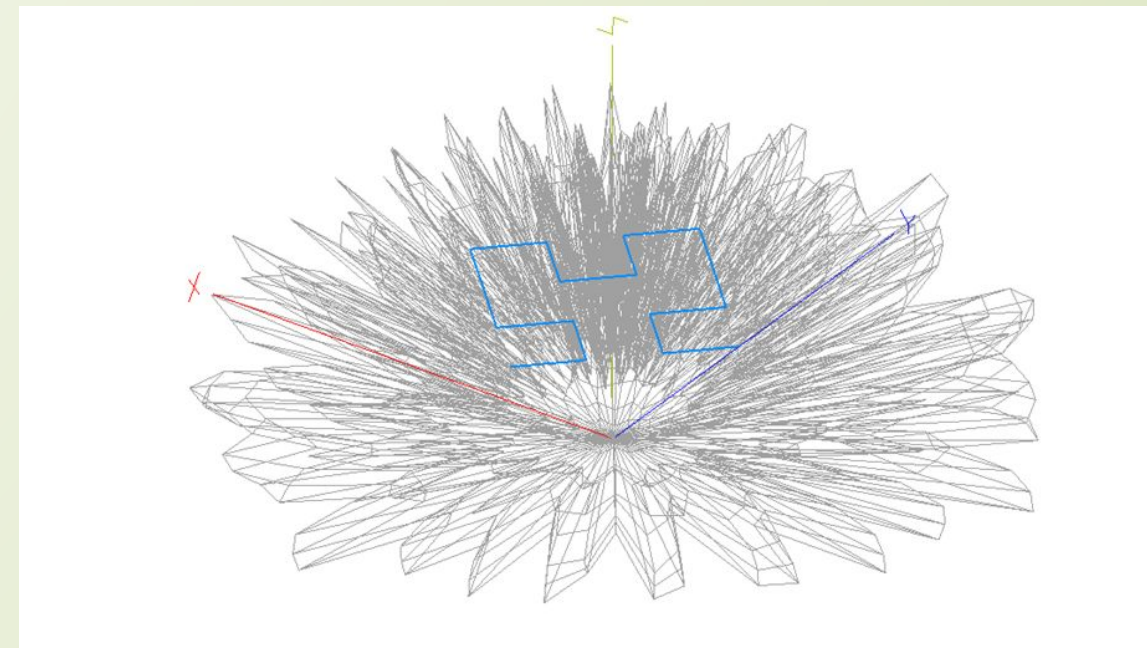
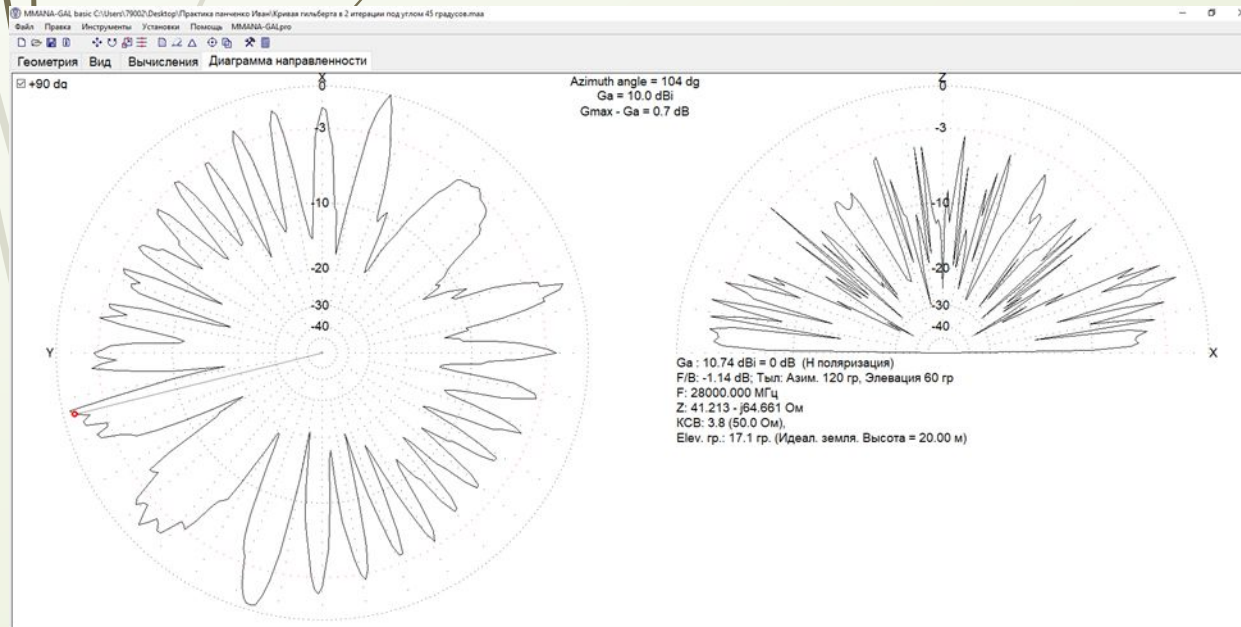
Реальная

Высота 20.00 м

Материал медь

ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.011 (m)
 ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 1195
 НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
 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

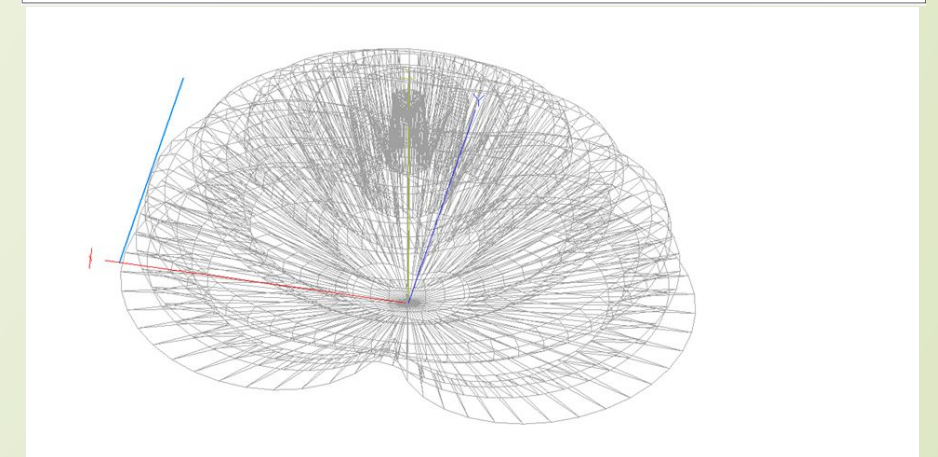
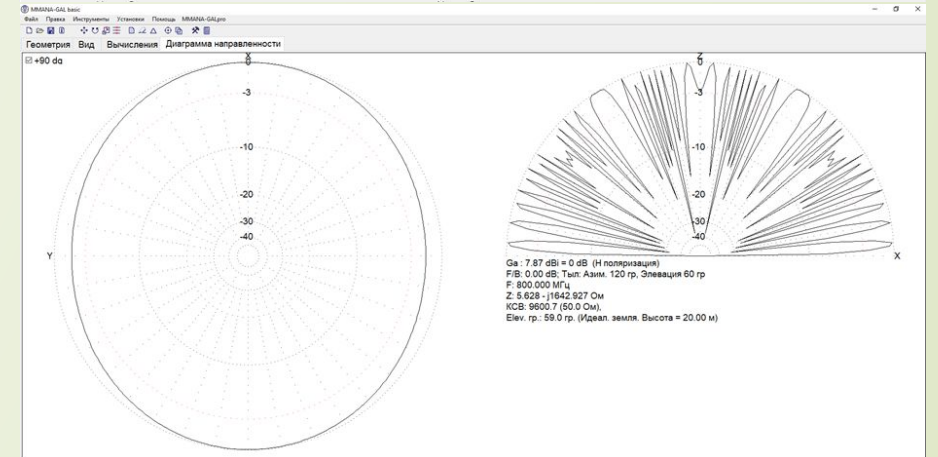
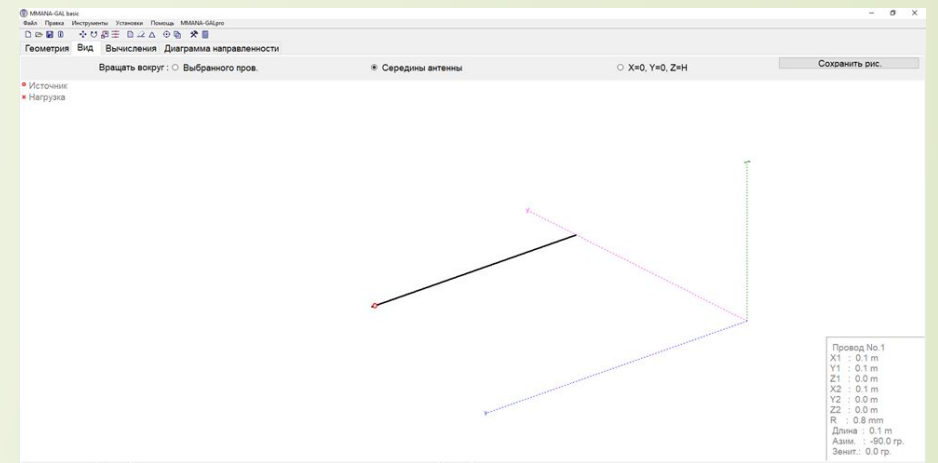
Земля: Свободное пространство Идеальная Реальная

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

ММНА-G4 basic C:\Users\7000\Desktop\Проект\пачека\Идеал\Антенна стандартная для сравнения.maa
Файл Правка Инструменты Установки Платформа ММНА-G4.pro

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Частота 28000 МГц

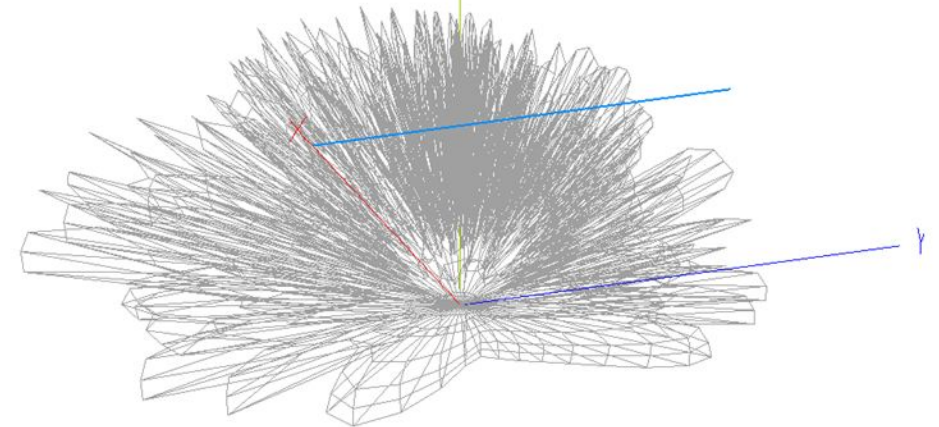
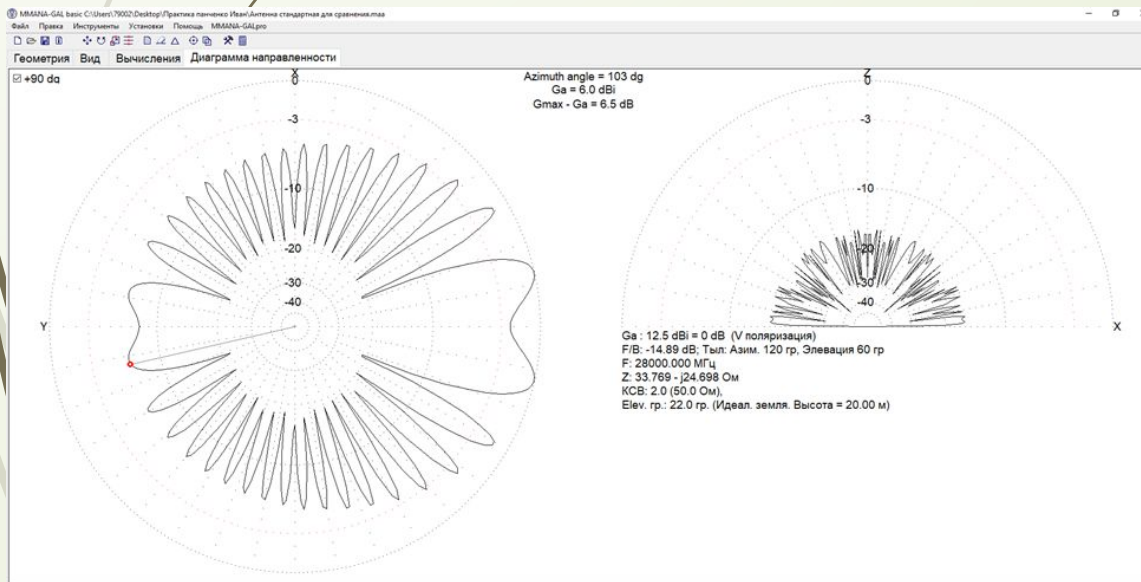
Земля
 Свободное пространство
 Идеальная
 Реальная

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) КСВ
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)	КСВ 50	Gh (dБd)	Ga (dBi)	F/B (dВ)	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 «ММАНА» 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!