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:

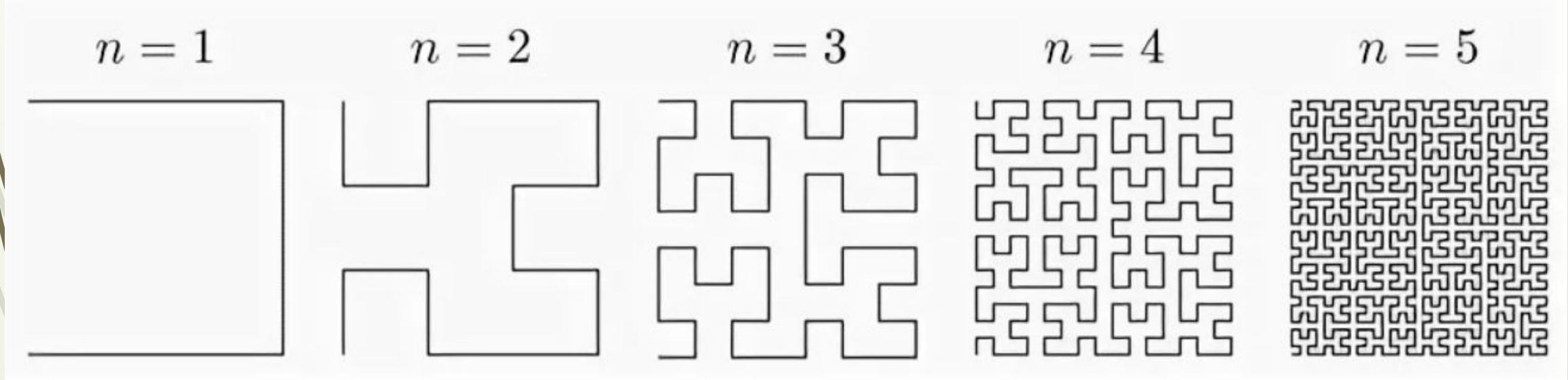
- Рассчитать фрактальную антенну и исследовать ее свойства
- Рассмотреть и сравнить полученные результаты с антеннами использующими в производстве
- Указать области применения рассчитанных фрактальных антенн

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 FR1и 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, длинной равной стороне нового уменьшенного квадрата.



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

Геометрия | Вид | Вычисления | Диаграмма направленности

Имя

Частота 800 МГц ☐ в лямбдах

Проводов 3 Автосегментация: 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.						

Геометрия | Вид | Вычисления | Диаграмма направленности

Частота 800 МГц

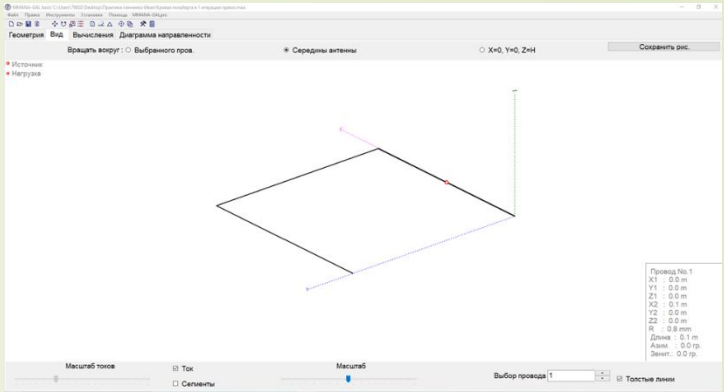
Земля
- ○ Свободное пространство
- ◉ Идеальная
- ○ Реальная

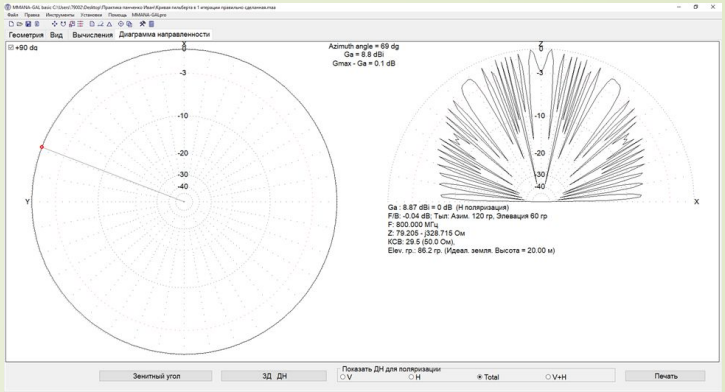
Высота 20.00 м

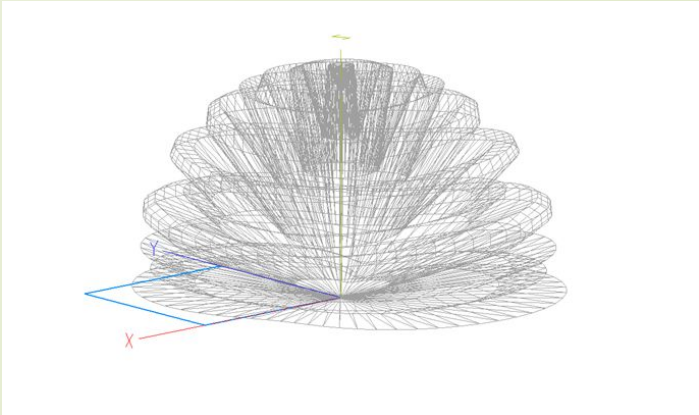
Материал медь

```
ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.375 (m)
ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 71
НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
РАСЧЕТ МАТРИЦ...
ТОЧКА     U (B)          I (мА)          Z (Ом)          КСВ
w1c       5.00+j0.00     3.46+j14.38     79.21-j328.72   29.47
РАСЧЕТ ТОКОВ...
РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ...
РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
0.11 sec
```

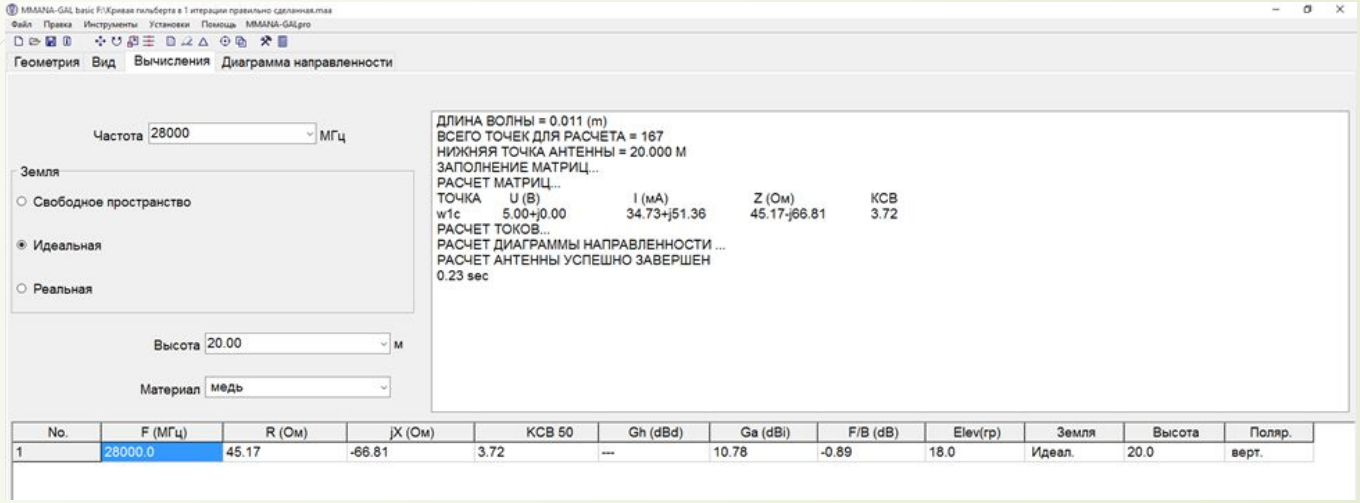
No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	КСВ 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)	Земля	Высота	Поляр.
1	800.0	79.21	-328.7	29.5	---	8.87	-0.04	86.2	Идеал.	20.0	гориз.

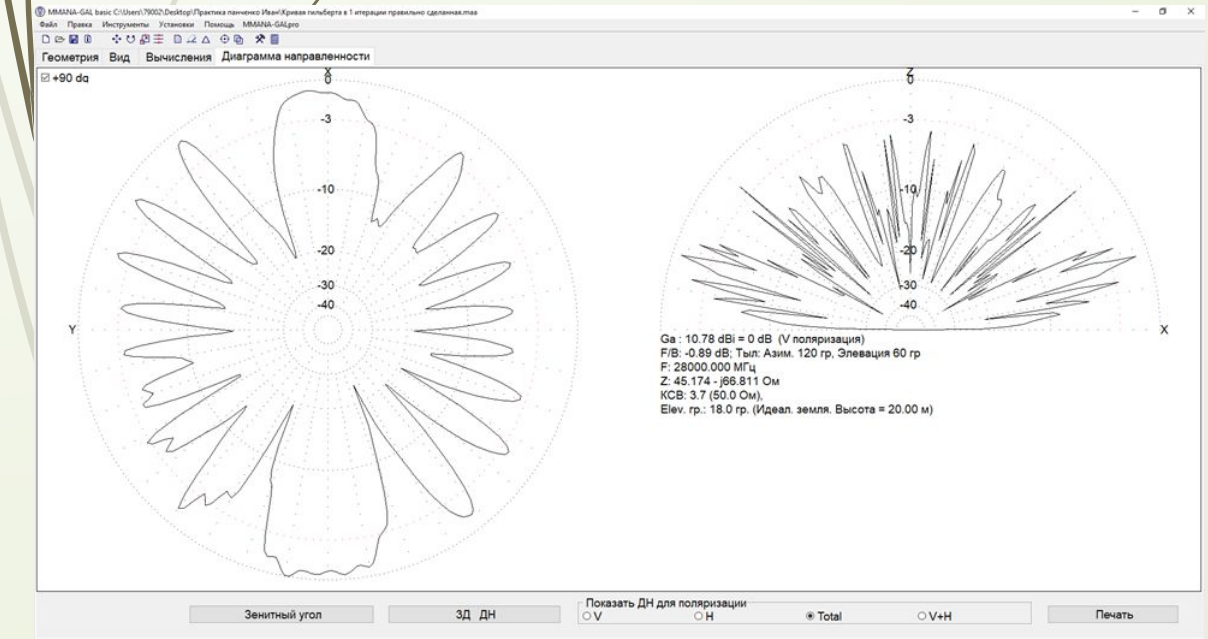


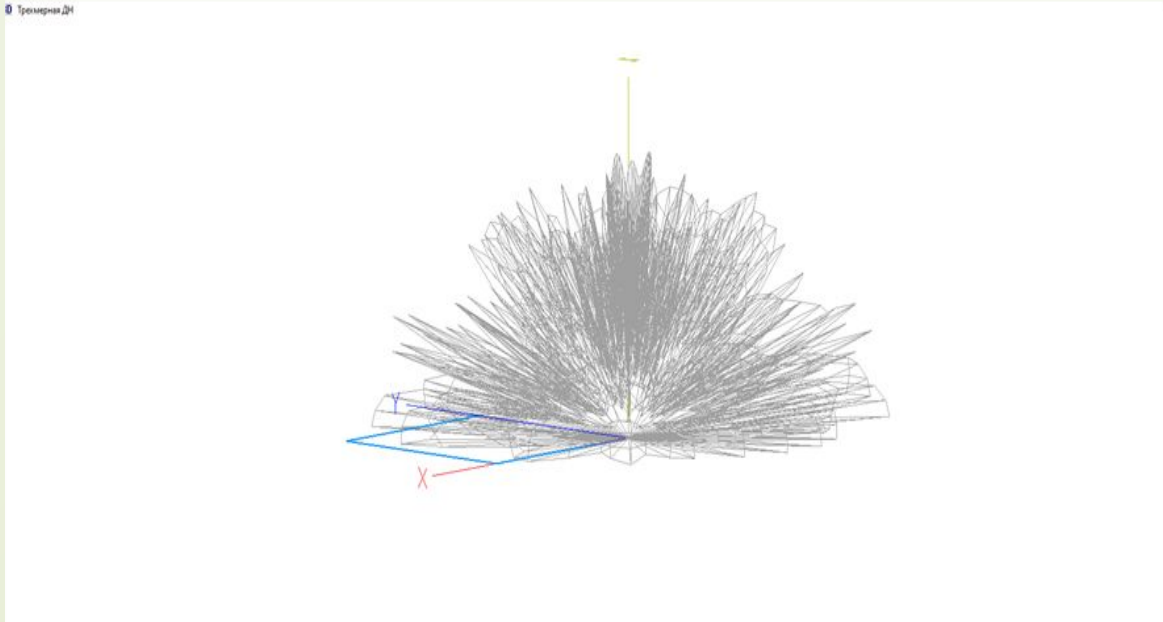




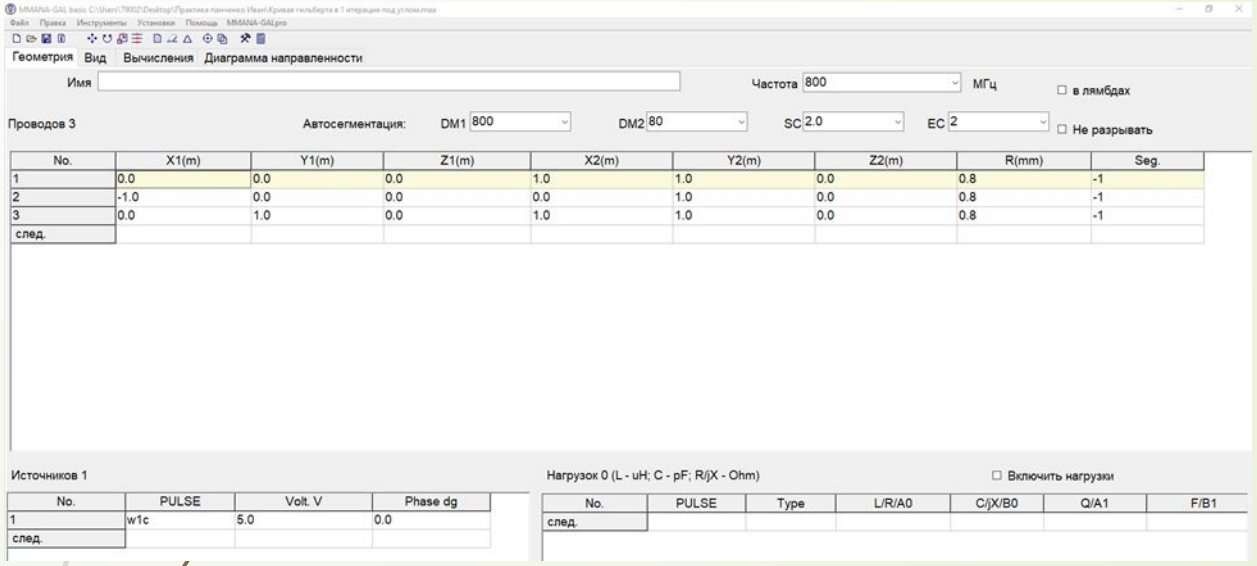
Антенна №1.2

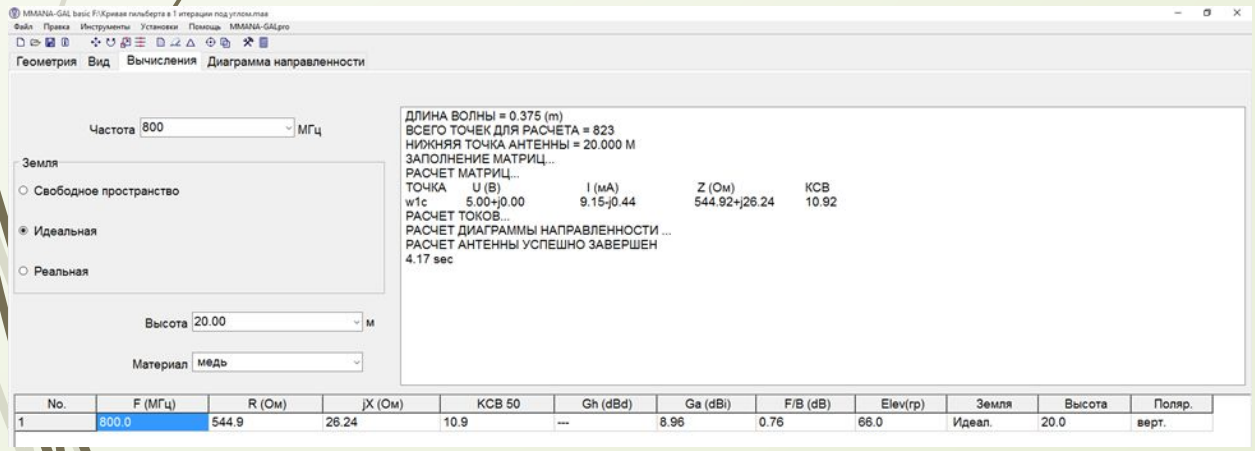

MMANA-GAL basic F:\Кривая гильберта в 1 итерации правильно сделанная.maa
Файл Правка Инструменты Установки Помощь MMANA-GAL.pro
Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
Частота 28000 МГц
Земля
Свободное пространство
Идеальная
Реальная
Высота 20.00 м
Материал медь
ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.011 (m)
ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 167
НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
РАСЧЕТ МАТРИЦ...
ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) КСВ
w1c 5.00+j0.00 34.73+j51.36 45.17-j66.81 3.72
РАСЧЕТ ТОКОВ...
РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ...
РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
0.23 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 45.17 -66.81 3.72 --- 10.78 -0.89 18.0 Идеал. 20.0 верт.

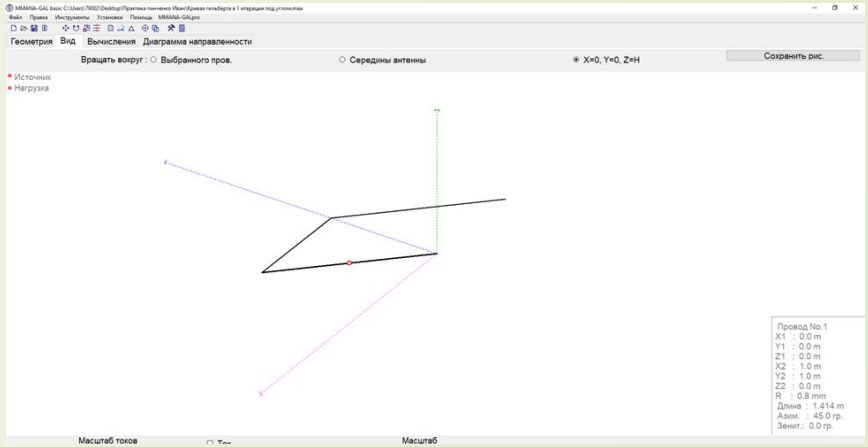

MMANA-GAL basic C:\Users\79002\Desktop\Практика панченко Иван\Кривая гильберта в 1 итерации правильно сделанная.maa
Файл Правка Инструменты Установки Помощь MMANA-GAL.pro
Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
+90 dg
Ga : 10.78 dBi = 0 dB (V поляризация)
F/B: -0.89 dB; Тыл: Азим. 120 гр, Элевация 60 гр
F: 28000.000 МГц
Z: 45.174 - j66.811 Ом
КСВ: 3.7 (50.0 Ом),
Elev. гр.: 18.0 гр. (Идеал. земля. Высота = 20.00 м)
Зенитный угол
3Д ДН
Показать ДН для поляризации
V
H
Total
V+H
Печать

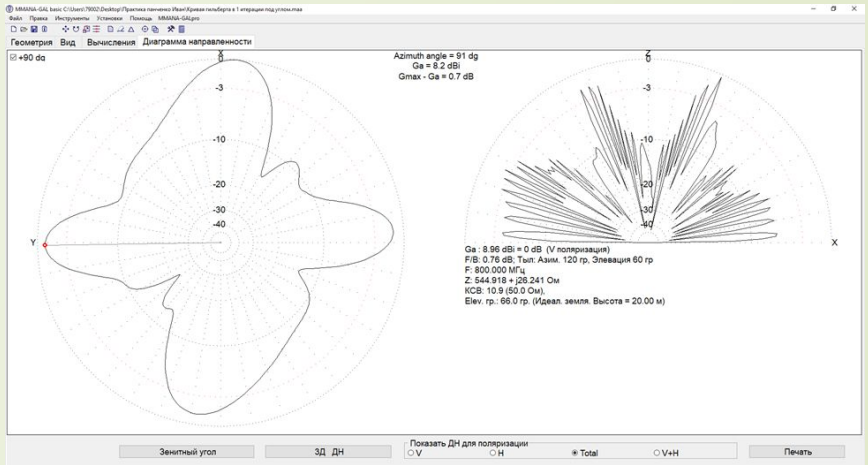

Трехмерная ДН
X

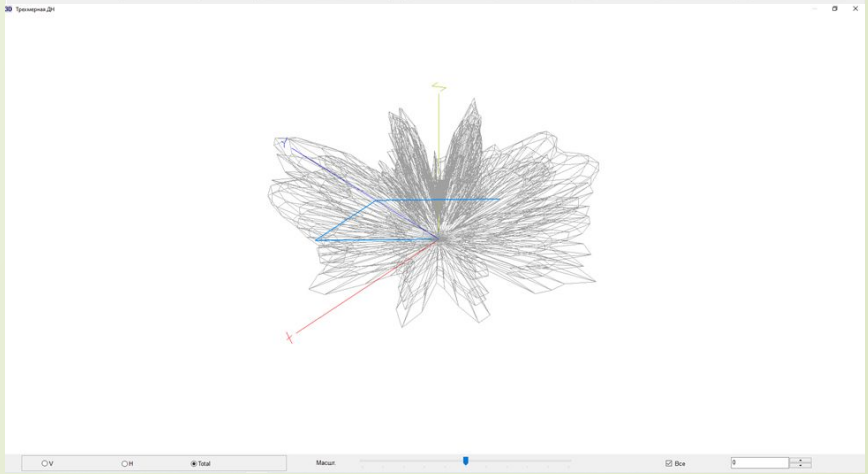
Антенна №2.1


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.

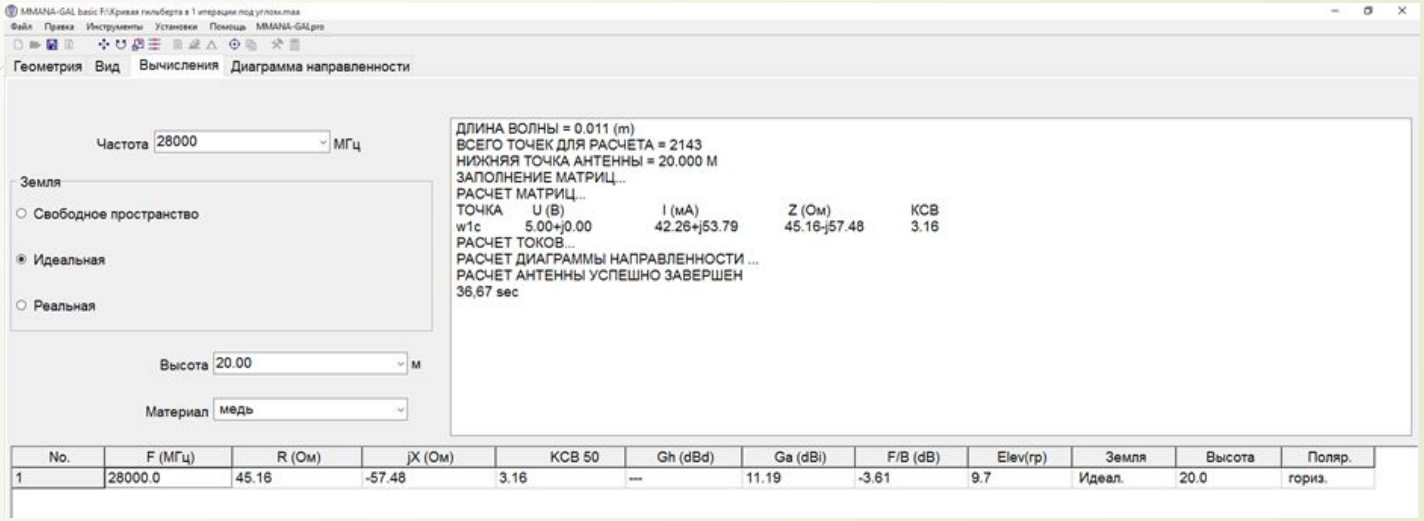

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
Частота 800 МГц
Земля
Свободное пространство
Идеальная
Реальная
Высота 20.00 м
Материал медь
ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.375 (m)
ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 823
НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
РАСЧЕТ МАТРИЦ...
ТОЧКА U (B) I (мА) Z (Ом) КСВ
w1c 5.00+j0.00 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) jX (Ом) КСВ 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.

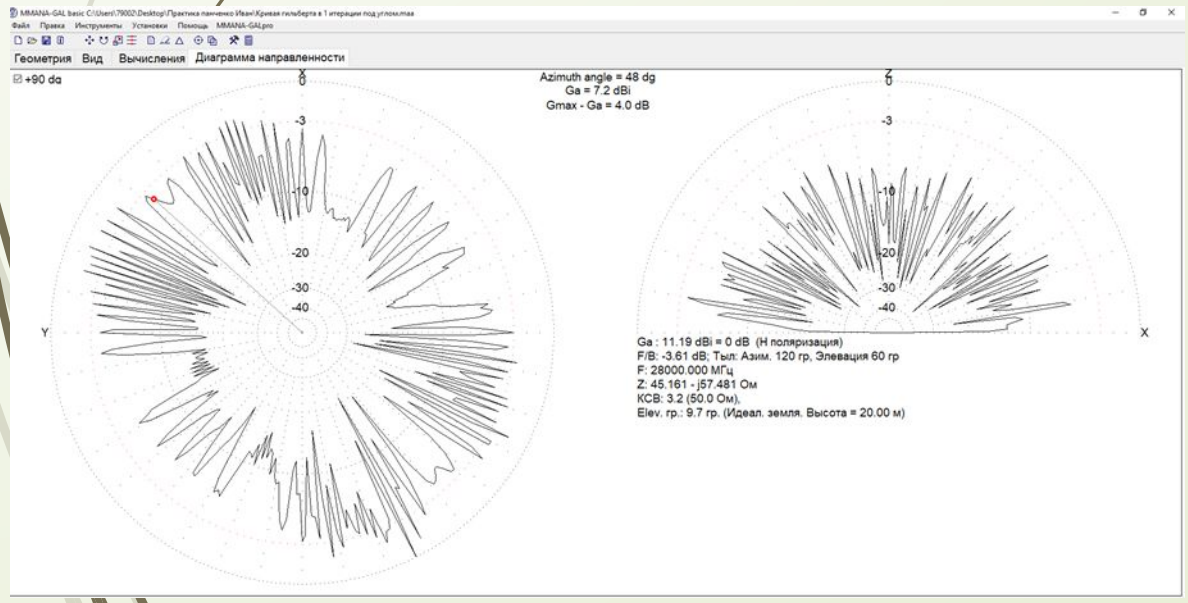

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
Вращать вокруг : Выбранного пров. Середины антенны X=0, Y=0, Z=H
Сохранить рис.
Источник
Нагрузка
Масштаб токов
Масштаб

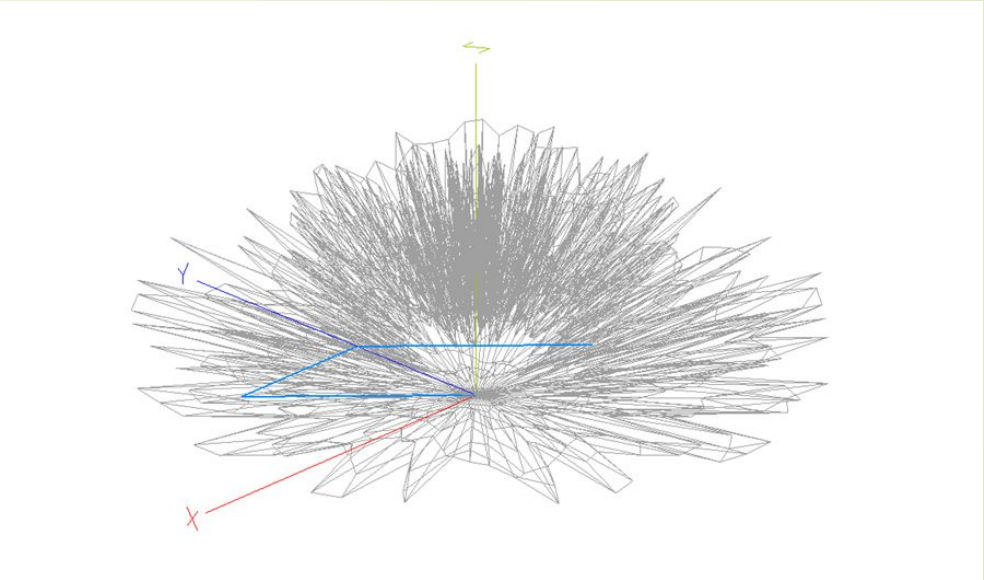

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
+90 dg
Azimuth angle = 91 dg
Ga = 8.2 dBi
Gmax - Ga = 0.7 dB
Ga : 8.96 dBi = 0 dB (V поляризация)
F/B: 0.76 dB; Тип: Азим. 120 гр, Элевация 60 гр
F: 800.000 МГц
Z: 544.918 + j26.241 Ом
КСВ: 10.9 (50.0 Ом),
Elev. гр.: 66.0 гр. (Идеал. земля. Высота = 20.00 м)
Зенитный угол
3Д ДН
Показать ДН для поляризации
V H Total V+H
Печать


Трехмерная ДН

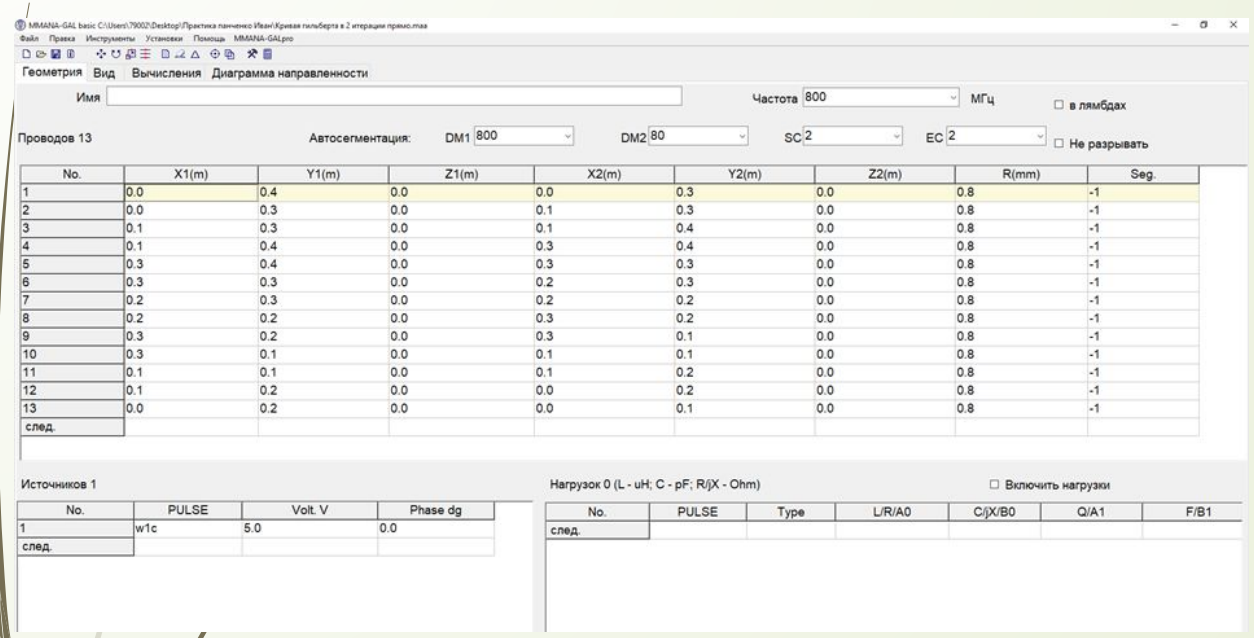
Антенна №2.2


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.


Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
+90 dg
Azimuth angle = 48 dg
Ga = 7.2 dBi
Gmax - Ga = 4.0 dB
Ga : 11.19 dBi = 0 dB (H поляризация)
F/B: -3.61 dB; Тыл: Азим. 120 гр, Элевация 60 гр
F: 28000.000 МГц
Z: 45.161 - j57.481 Ом
КСВ: 3.2 (50.0 Ом).
Elev. гр.: 9.7 гр. (Идеал. земля. Высота = 20.00 м)


Y
X

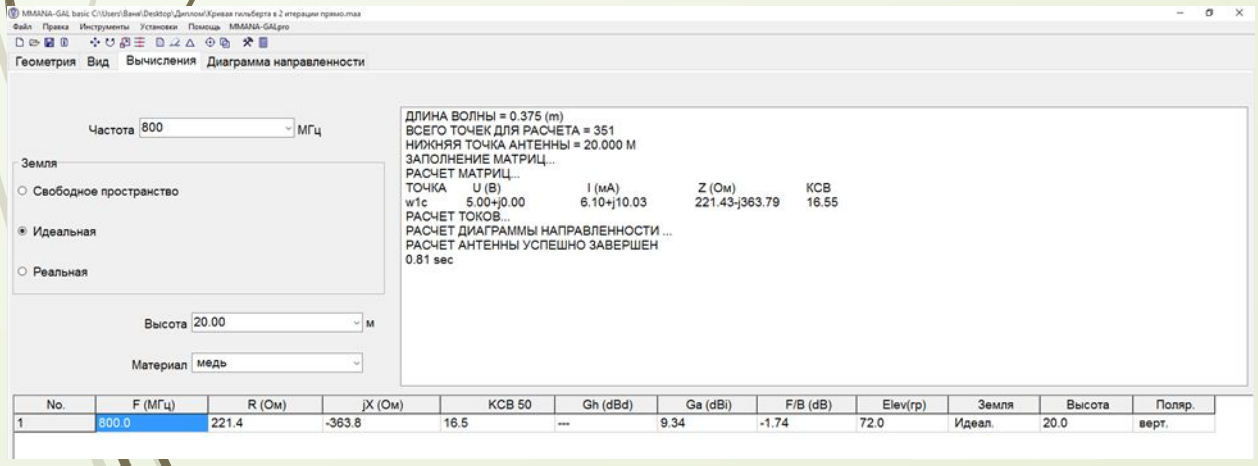
Антенна №3.1



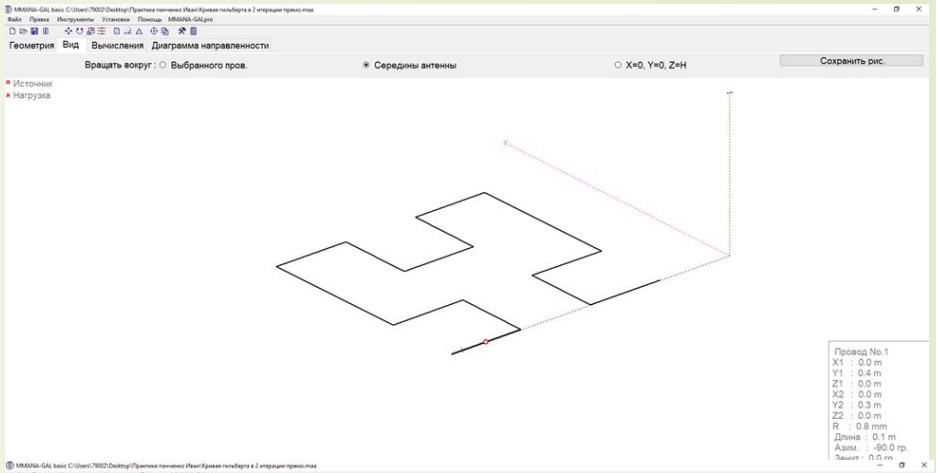
No.	X1(m)	Y1(m)	Z1(m)	X2(m)	Y2(m)	Z2(m)	R(mm)	Seg.
1	0.0	0.4	0.0	0.0	0.3	0.0	0.8	-1
2	0.0	0.3	0.0	0.1	0.3	0.0	0.8	-1
3	0.1	0.3	0.0	0.1	0.4	0.0	0.8	-1
4	0.1	0.4	0.0	0.3	0.4	0.0	0.8	-1
5	0.3	0.4	0.0	0.3	0.3	0.0	0.8	-1
6	0.3	0.3	0.0	0.2	0.3	0.0	0.8	-1
7	0.2	0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.8	-1
8	0.2	0.2	0.0	0.3	0.2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

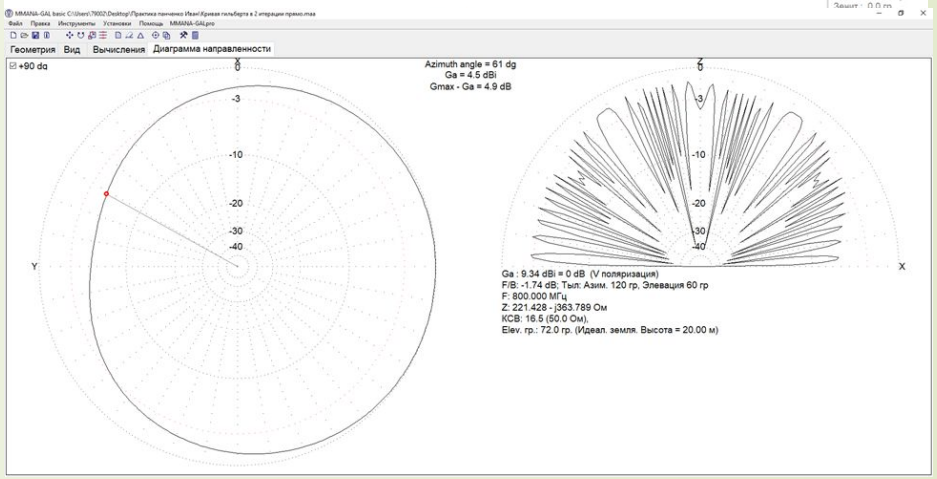
No.	PULSE	Volt. V	Phase dg
1	w1c	5.0	0.0
след.			

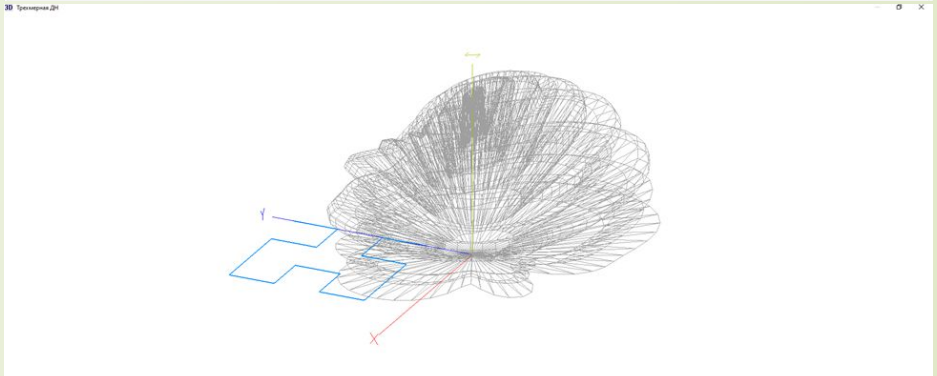
No.	PULSE	Type	L/R/A0	C/jX/B0	Q/A1	F/B1
след.						



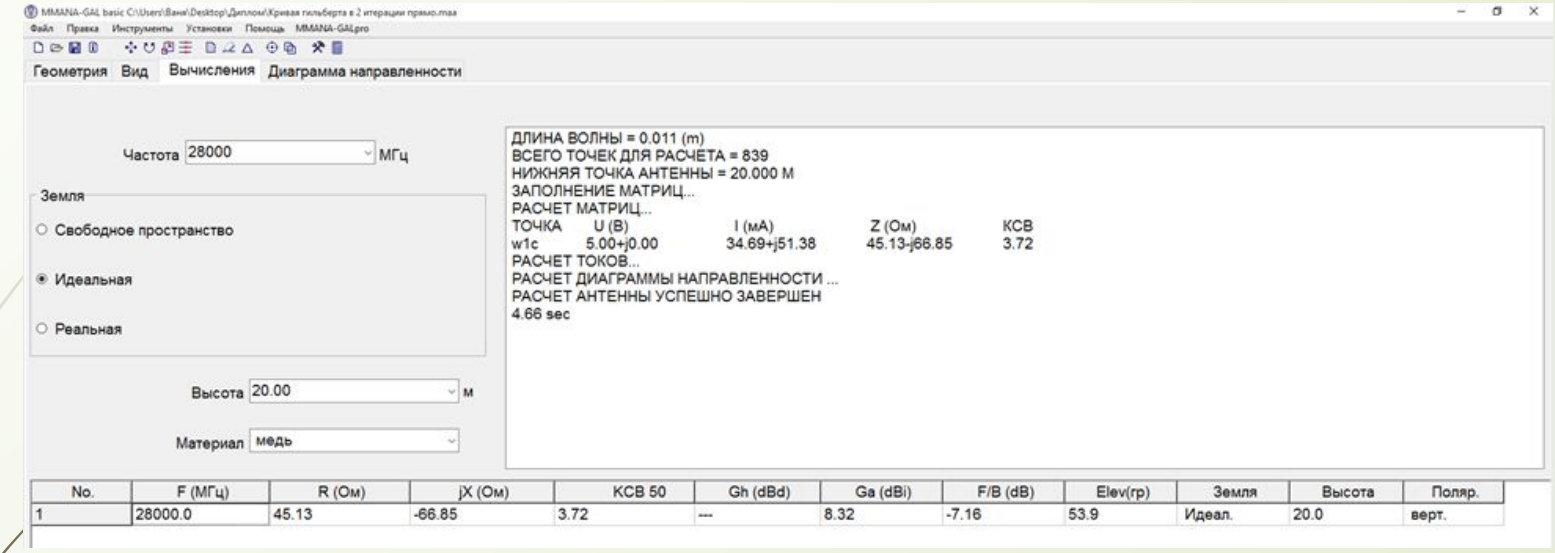
No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	КСВ 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)	Земля	Высота	Поляр.
1	800.0	221.4	-363.8	16.5	---	9.34	-1.74	72.0	Идеал.	20.0	верт.

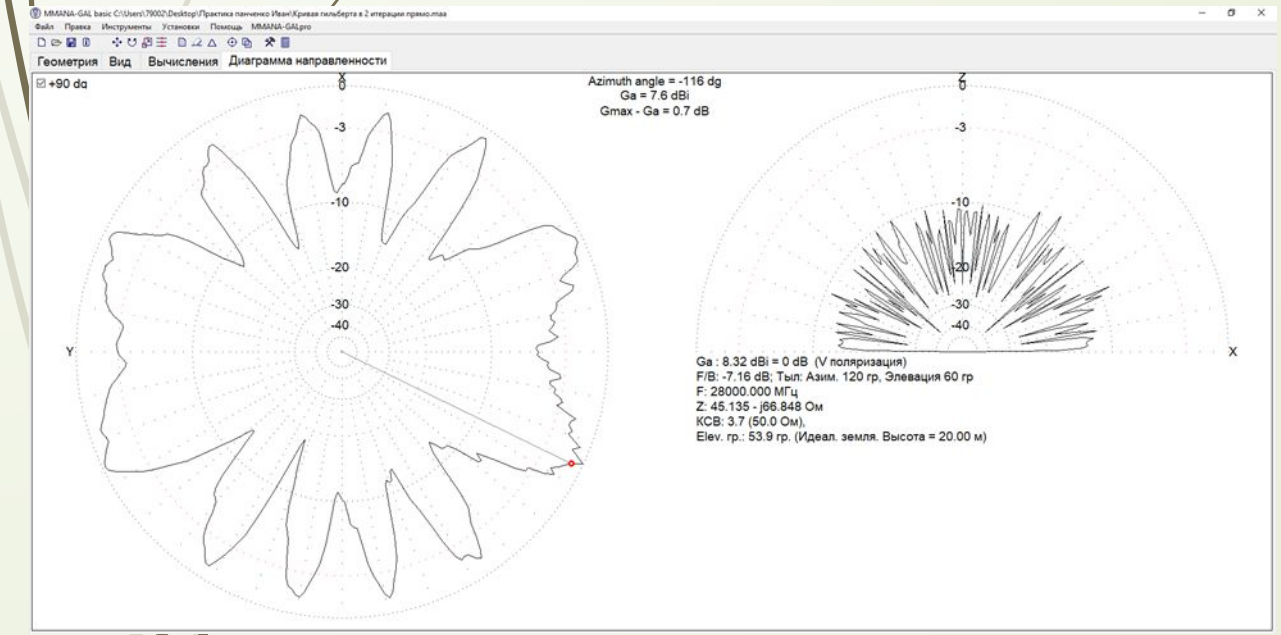


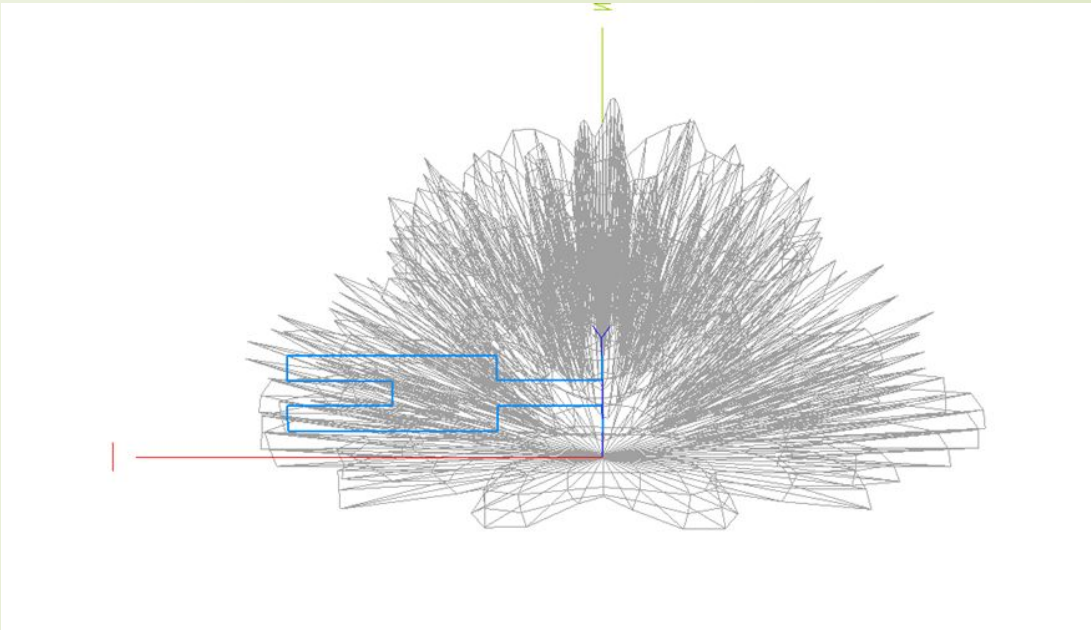




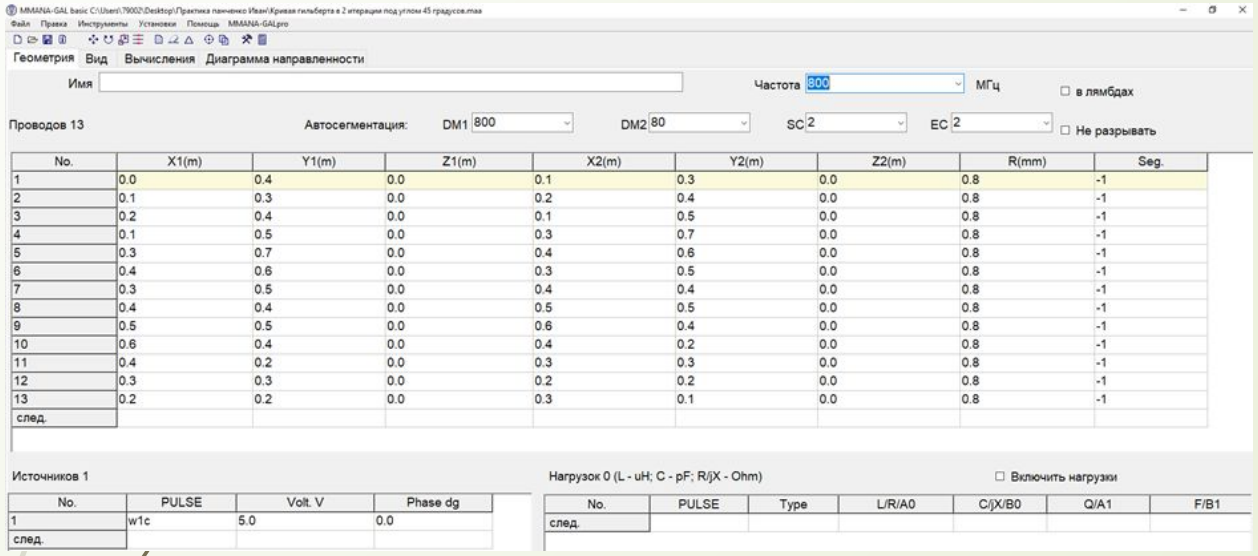
Антенна №3.2


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.


Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
+90 dg
Azimuth angle = -116 dg
Ga = 7.6 dBi
Gmax - Ga = 0.7 dB
Ga : 8.32 dBi = 0 dB (V поляризация)
F/B: -7.16 dB; Тыл: Азим. 120 гр, Элевация 60 гр
F: 28000.000 МГц
Z: 45.135 - j66.848 Ом
КСВ: 3.7 (50.0 Ом),
Elev. гр.: 53.9 гр. (Идеал. земля. Высота = 20.00 м)



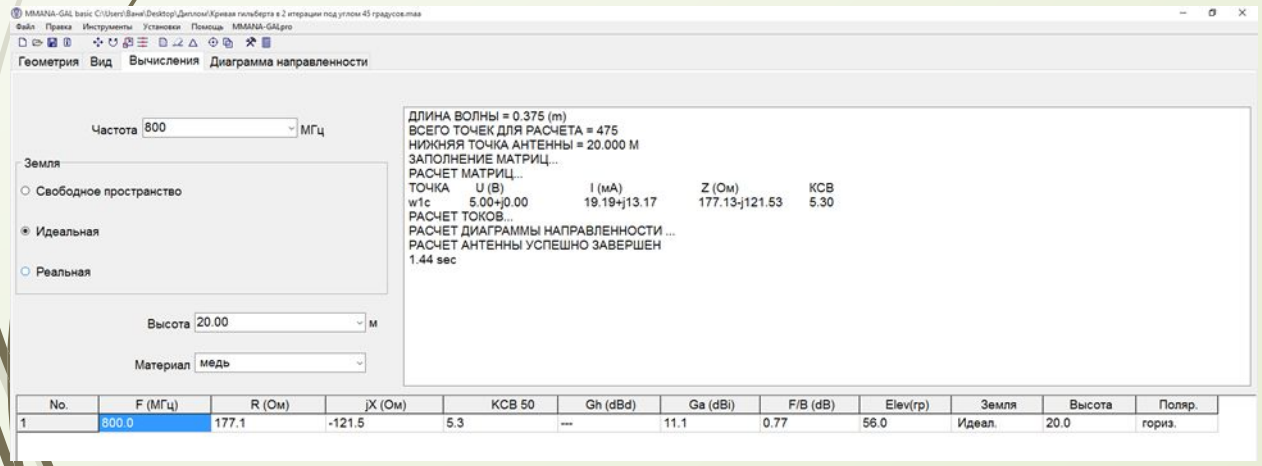
Антенна №4.1



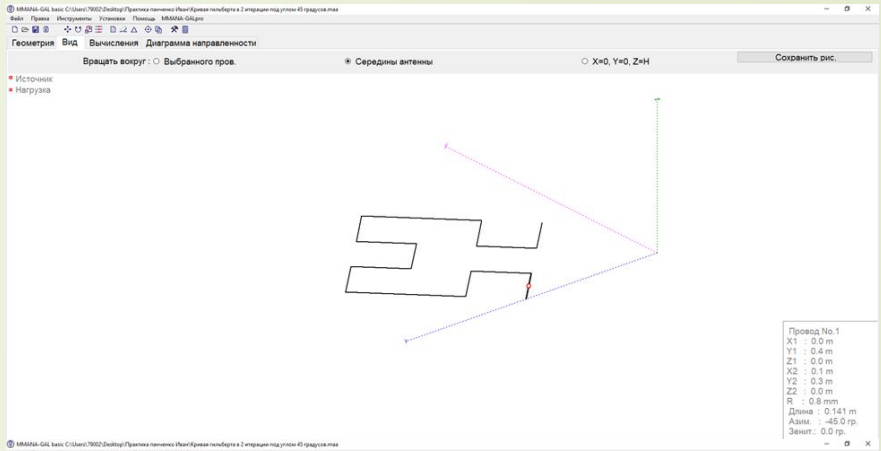
No.	X1(m)	Y1(m)	Z1(m)	X2(m)	Y2(m)	Z2(m)	R(mm)	Seg.
1	0.0	0.4	0.0	0.1	0.3	0.0	0.8	-1
2	0.1	0.3	0.0	0.2	0.4	0.0	0.8	-1
3	0.2	0.4	0.0	0.1	0.5	0.0	0.8	-1
4	0.1	0.5	0.0	0.3	0.7	0.0	0.8	-1
5	0.3	0.7	0.0	0.4	0.6	0.0	0.8	-1
6	0.4	0.6	0.0	0.3	0.5	0.0	0.8	-1
7	0.3	0.5	0.0	0.4	0.4	0.0	0.8	-1
8	0.4	0.4	0.0	0.5	0.5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

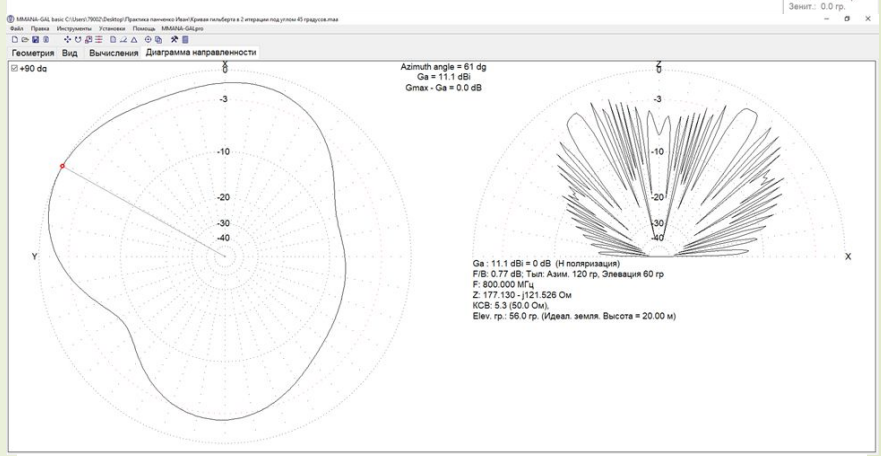
No.	PULSE	Volt. V	Phase dg
1	w1c	5.0	0.0
след.			

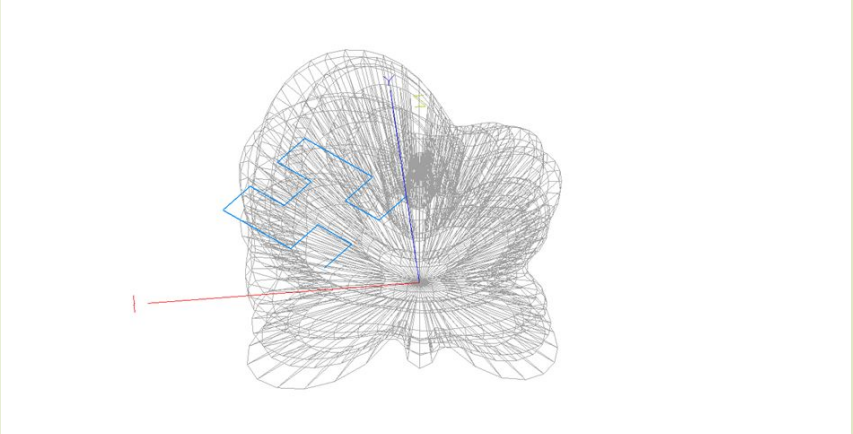
No.	PULSE	Type	L/R/A0	C/jX/B0	Q/A1	F/B1
след.						



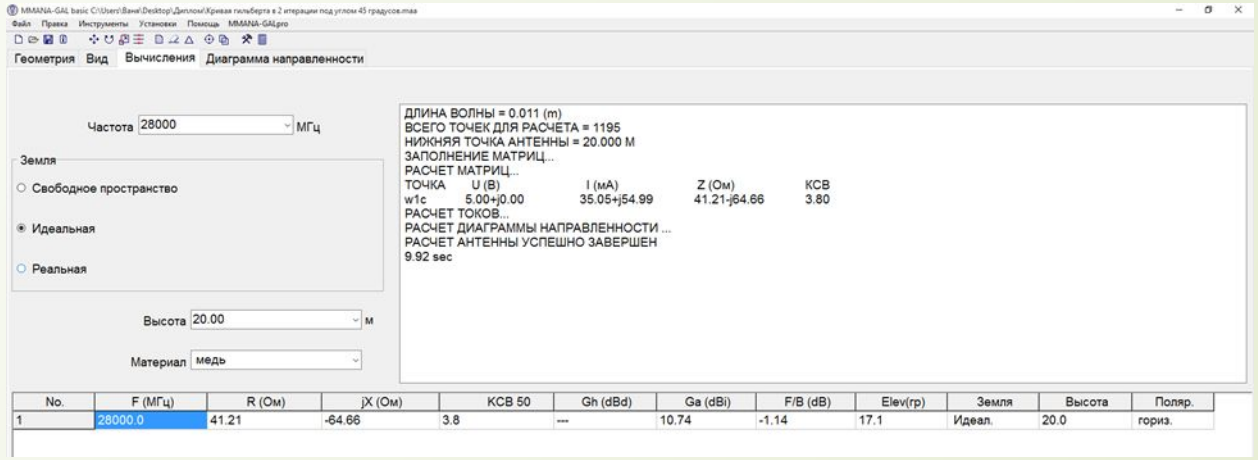
No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	КСВ 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)	Земля	Высота	Поляр.
1	800.0	177.1	-121.5	5.3	---	11.1	0.77	56.0	Идеал.	20.0	гориз.

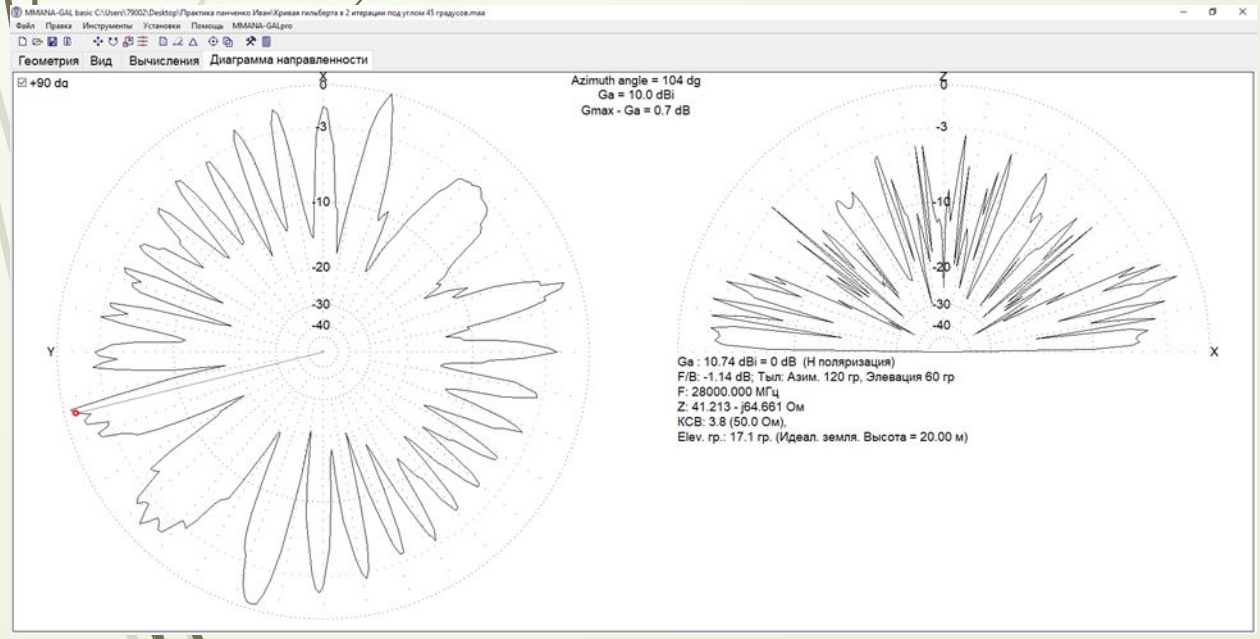


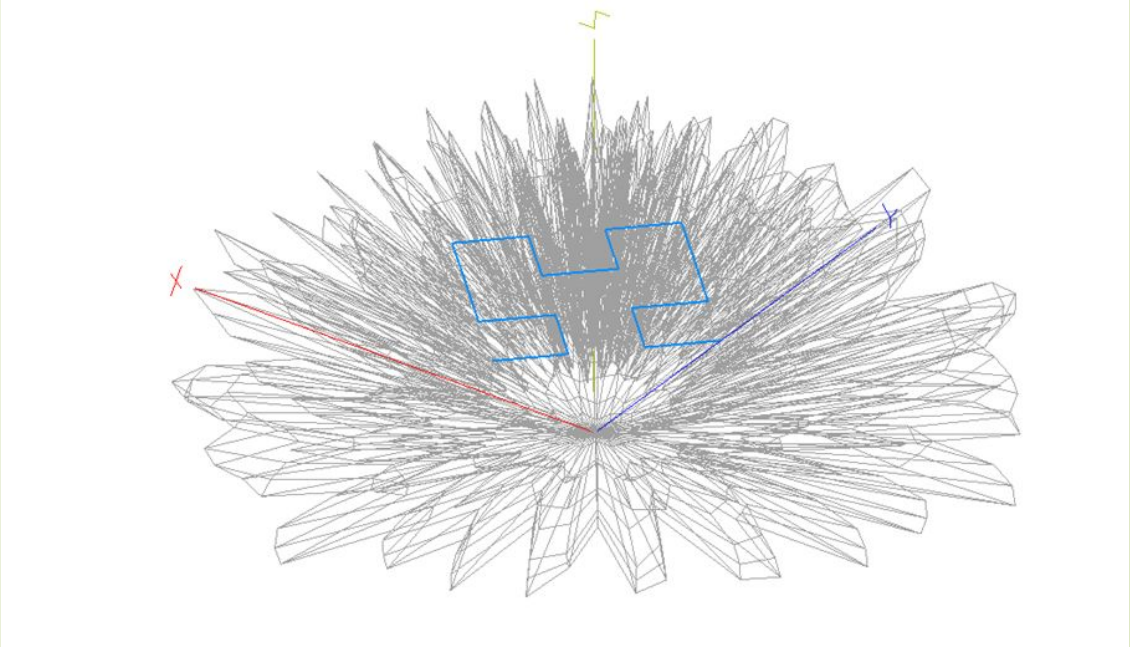




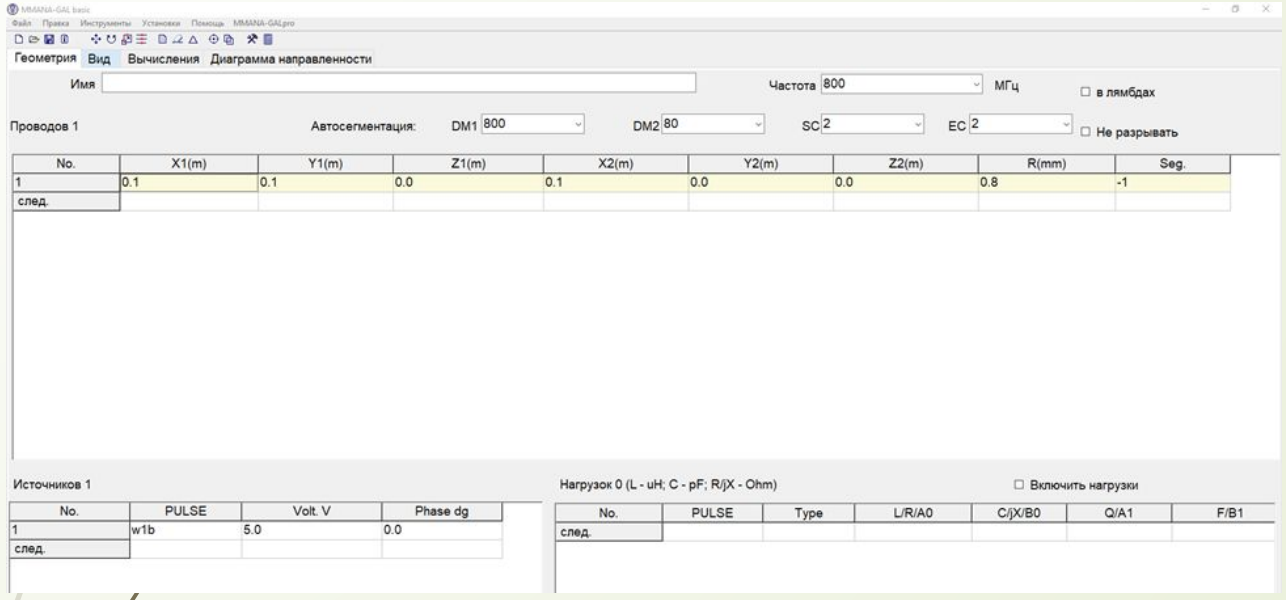
Антенна №4.2

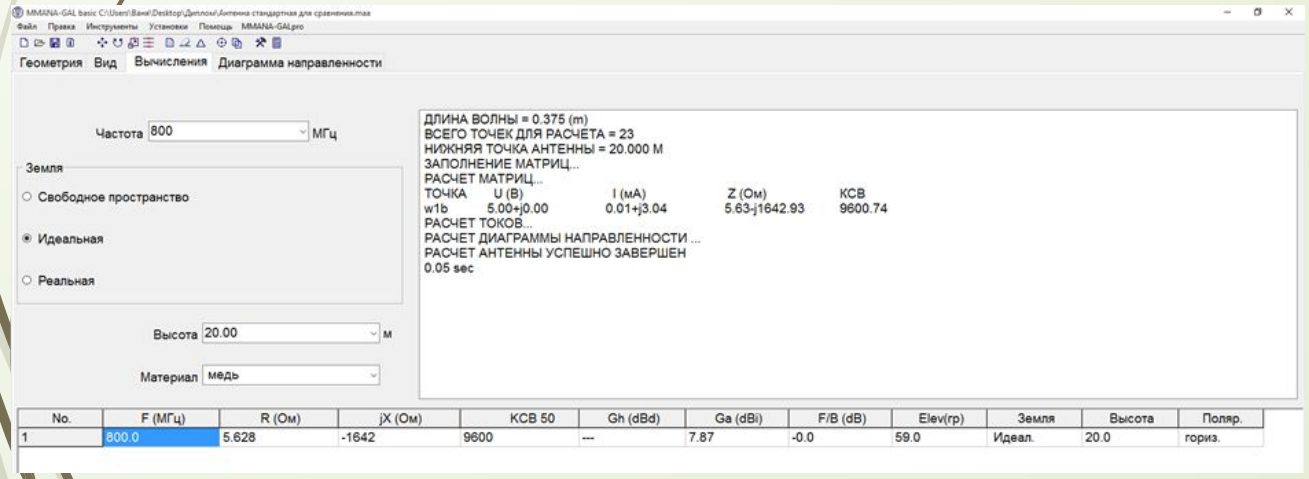

Геометрия
Вид
Вычисления
Диаграмма направленности
Частота 28000 МГц
Земля
Свободное пространство
Идеальная
Реальная
Высота 20.00 м
Материал медь
ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.011 (m)
ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 1195
НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
РАСЧЕТ МАТРИЦ...
ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) КСВ
w1c 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) jX (Ом) КСВ 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.

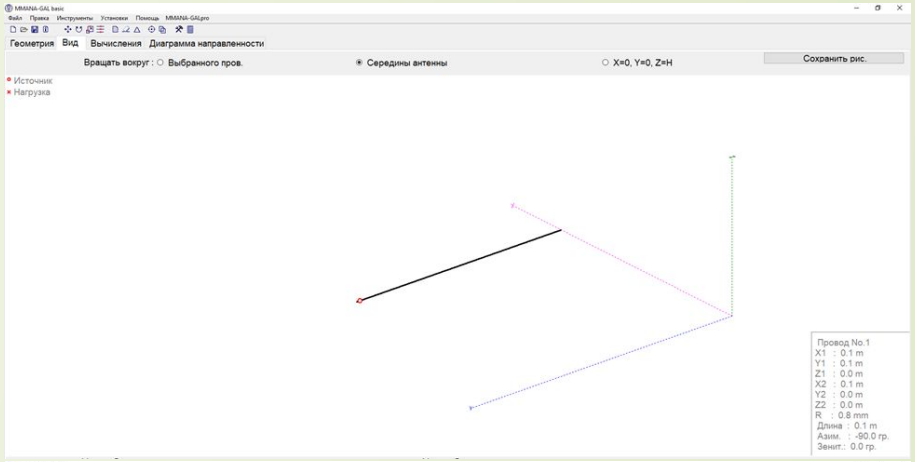

Геометрия
Вид
Вычисления
Диаграмма направленности
+90 dg
Azimuth angle = 104 dg
Ga = 10.0 dBi
Gmax - Ga = 0.7 dB
Ga : 10.74 dBi = 0 dB (H поляризация)
F/B: -1.14 dB; Тыл: Азим. 120 гр, Элевация 60 гр
F: 28000.000 МГц
Z: 41.213 - j64.661 Ом
КСВ: 3.8 (50.0 Ом).
Elev. гр.: 17.1 гр. (Идеал. земля. Высота = 20.00 м)

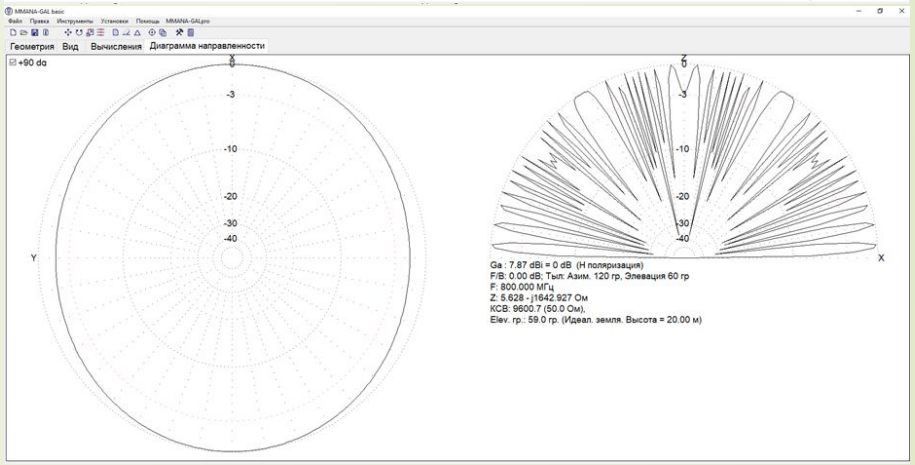


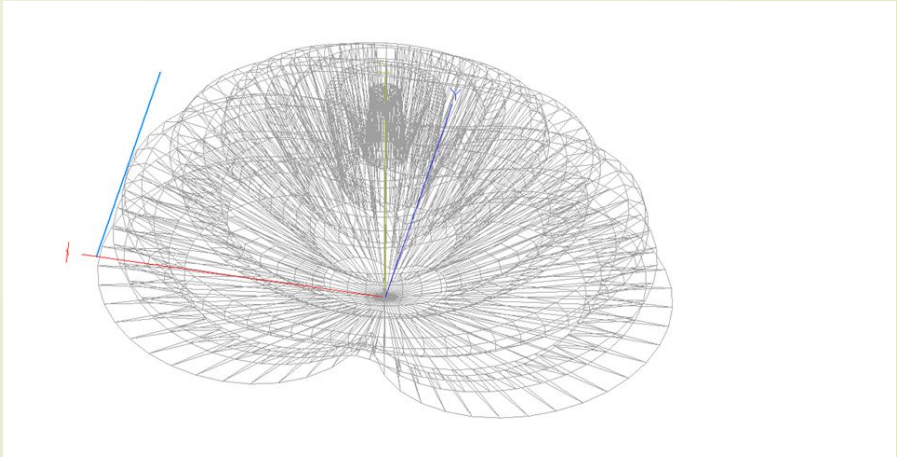
Антенна №5.1


MMANA-GAL basic
Файл Правка Инструменты Установки Помощь MMANA-GALpro
Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
Имя
Частота 800 МГц
в лямбдах
Проводов 1
Автосегментация: 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.

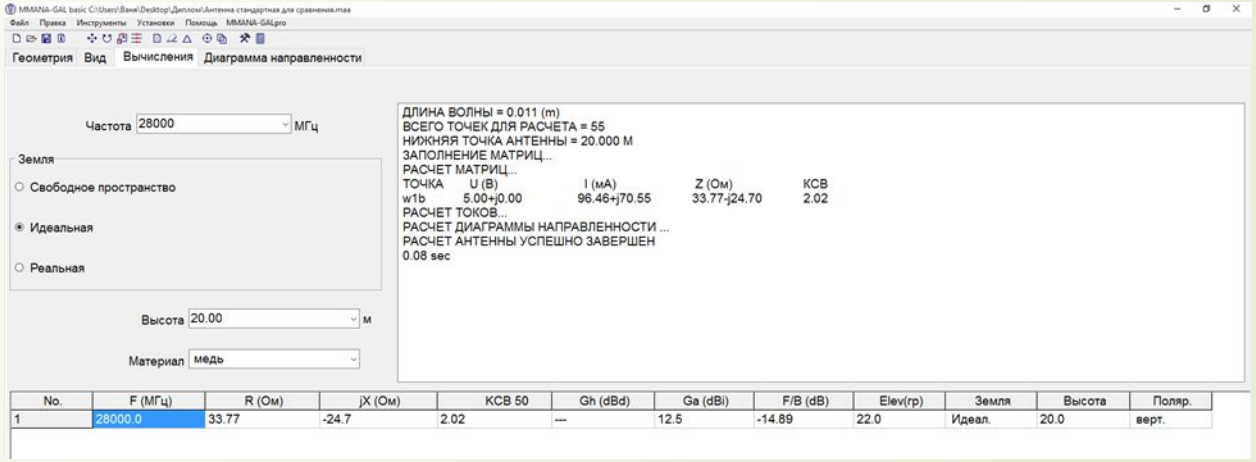

MMANA-GAL basic
Файл Правка Инструменты Установки Помощь MMANA-GALpro
Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
Частота 800 МГц
Земля
Свободное пространство
Идеальная
Реальная
Высота 20.00 м
Материал медь
ДЛИНА ВОЛНЫ = 0.375 (m)
ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 23
НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 20.000 M
ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
РАСЧЕТ МАТРИЦ...
ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) КСВ
w1b 5.00+j0.00 0.01+j3.04 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) КСВ 50 Gh (dBd) Ga (dBi) F/B (dB) Elev(гр) Земля Высота Поляр.
1 800.0 5.628 -1642 9600 --- 7.87 -0.0 59.0 Идеал. 20.0 гориз.

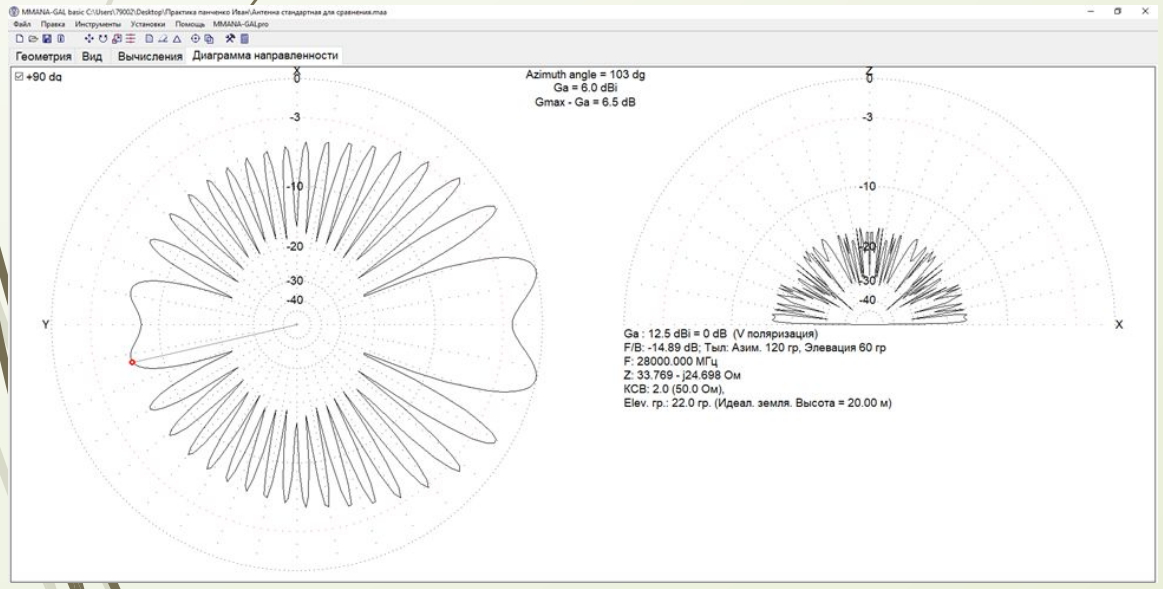

MMANA-GAL basic
Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
Вращать вокруг : Выбранного пров.
Середины антенны
X=0, Y=0, Z=H
Сохранить рис.
Источник
Нагрузка
Провод No.1
X1 : 0.1 m
Y1 : 0.1 m
Z1 : 0.0 m
X2 : 0.1 m
Y2 : 0.0 m
Z2 : 0.0 m
R : 0.8 mm
Длина : 0.1 m
Азим. : -90.0 гр.
Зенит.: 0.0 гр.

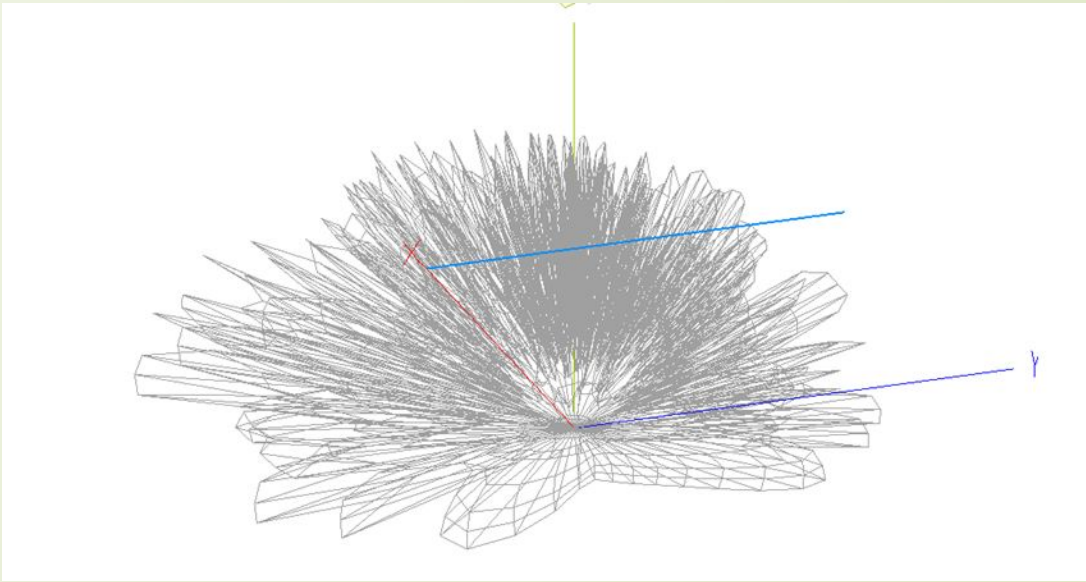

MMANA-GAL basic
Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
+90 dg
Y
X
Ga : 7.87 dBi = 0 dB (H поляризация)
F/B: 0.00 dB; Тыл: Азим. 120 гр, Элевация 60 гр
F: 800.000 МГц
Z: 5.628 - j1642.927 Ом
КСВ: 9600.7 (50.0 Ом),
Elev. гр.: 59.0 гр. (Идеал. земля. Высота = 20.00 м)



Антенна №5.2


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 М
ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
РАСЧЕТ МАТРИЦ...
ТОЧКА U (В) I (мА) Z (Ом) КСВ
w1b 5.00+j0.00 96.46+j70.55 33.77-j24.70 2.02
РАСЧЕТ ТОКОВ...
РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ...
РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
0.08 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 33.77 -24.7 2.02 --- 12.5 -14.89 22.0 Идеал. 20.0 верт.


Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности
+90 dg
Azimuth angle = 103 dg
Ga = 6.0 dBi
Gmax - Ga = 6.5 dB
Ga : 12.5 dBi = 0 dB (V поляризация)
F/B: -14.89 dB; Тыл: Азим. 120 гр, Элевация 60 гр
F: 28000.000 МГц
Z: 33.769 - j24.698 Ом
КСВ: 2.0 (50.0 Ом).
Elev. гр.: 22.0 гр. (Идеал. земля. Высота = 20.00 м)



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(m)	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
КСВ	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!