



**Омский  
государственный  
университет**  
им. Ф.М. Достоевского

**Изучение влияния подстилающей поверхности с заданными диэлектрическими характеристиками на диаграмму направленности горизонтального полуволнового вибратора.**

Никифорова Алёна Олеговна,  
Студентка гр. ФРБ-201-О-01  
Подаксенова Юлия Васильевна



На направленные свойства антенн, располагающихся вблизи поверхности земли, в ДКМВ диапазоне оказывает влияние подстилающая поверхность. В частности и на их диаграммы направленности (ДН). Это влияние определяется электрофизическими характеристиками подстилающей поверхности, такими как комплексная диэлектрическая проницаемость (КДП). А значение КДП зависит от свойств подстилающей поверхности, например от влажности.



Цель работы: Изучение влияния подстилающей поверхности с заданными диэлектрическими характеристиками на диаграмму направленности горизонтального полуволнового вибратора.

Задачи:

Ознакомиться с методами измерения КДП

Измерить КДП предложенных образцов

Осуществить выбор программы для моделирования диаграмм направленности

Построить диаграммы направленности для горизонтального вибратора с заданными характеристиками подстилающей поверхности

Проанализировать влияние характеристик подстилающей поверхности на направленные характеристики горизонтального вибратора

# Метод измерения в широкой полосе частот

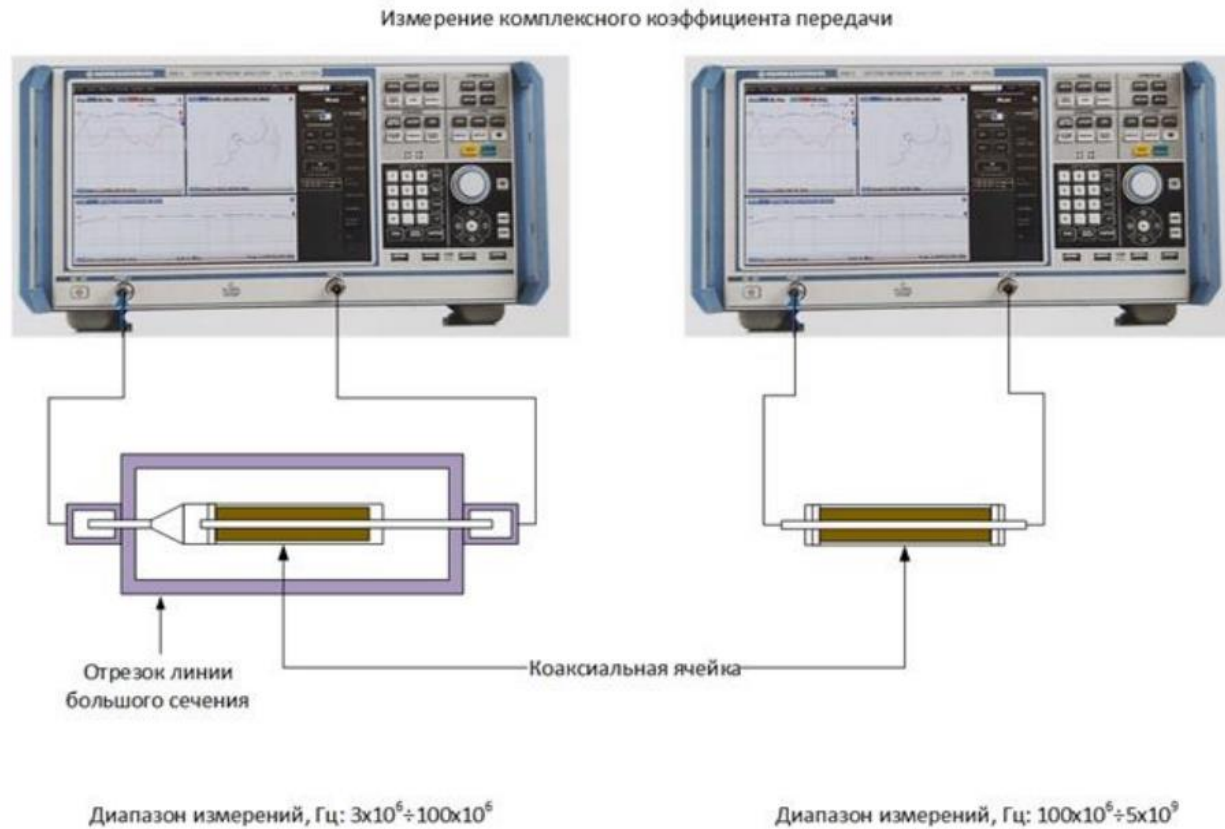


Рис.1. Схематическое изображение экспериментальной установки для определения частотной зависимости КДП образца.

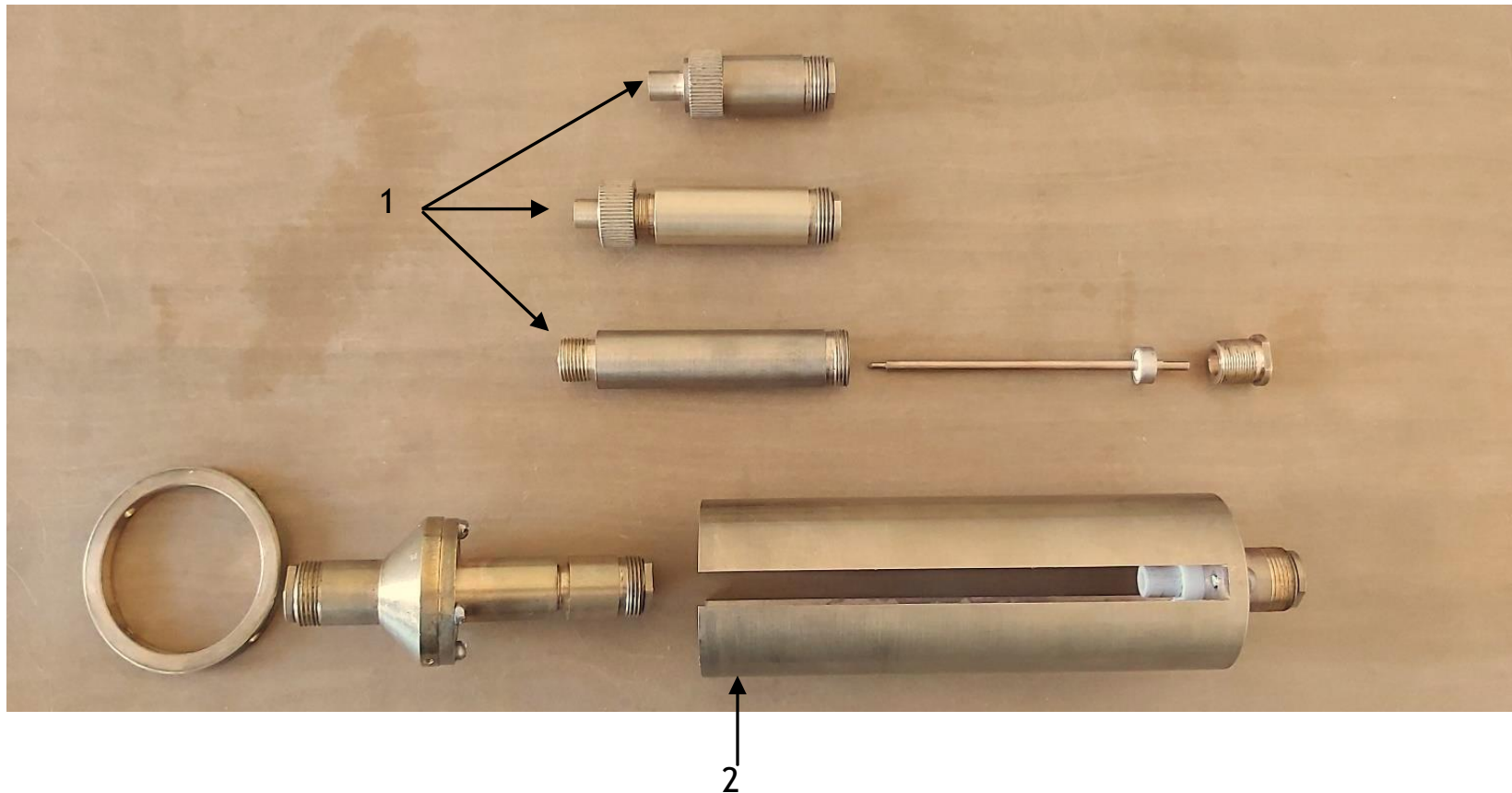


Рис.2. Внешний вид ячеек, которые были использованы в процессе измерений:  
1 – Коаксиальные ячейки сечением 7/3 мм с разъемами;  
2 – Линия большого сечения (коаксиальная ячейка присоединена к центральному проводнику).

# Результаты измерений КДП



Супесь					
Влажность,%			Влажность,%		
31			8,59		
МГц	$\epsilon'$	$\epsilon''$	МГц	$\epsilon'$	$\epsilon''$
3	29,77	177,36	3	13,25	41,32
12	24,59	47,47	12	9,04	12,69
21	23,16	28,79	21	7,92	8,10
30	22,17	21,49	30	7,35	6,20

# Зависимость КДП от частоты

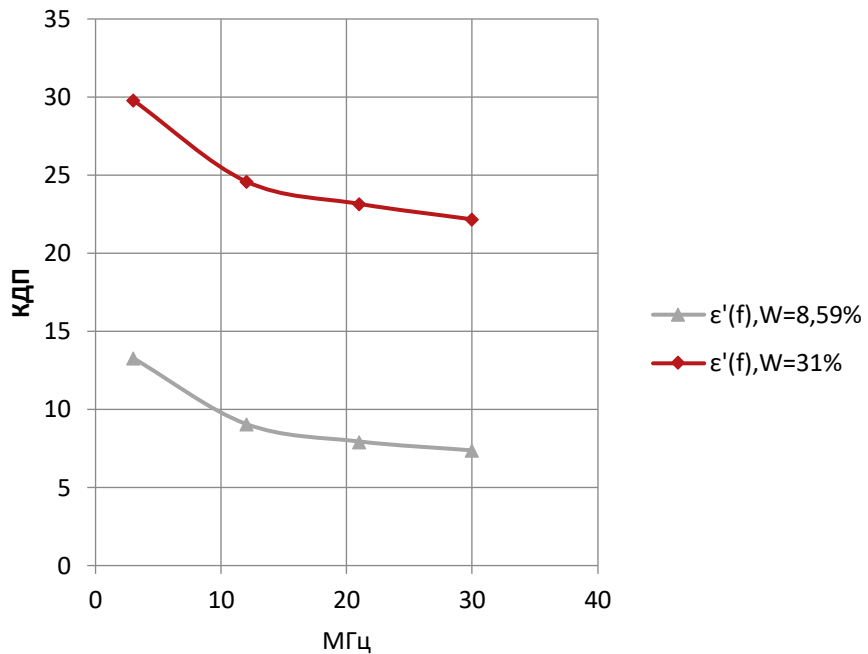


График 1. зависимость действительной части КДП от частоты

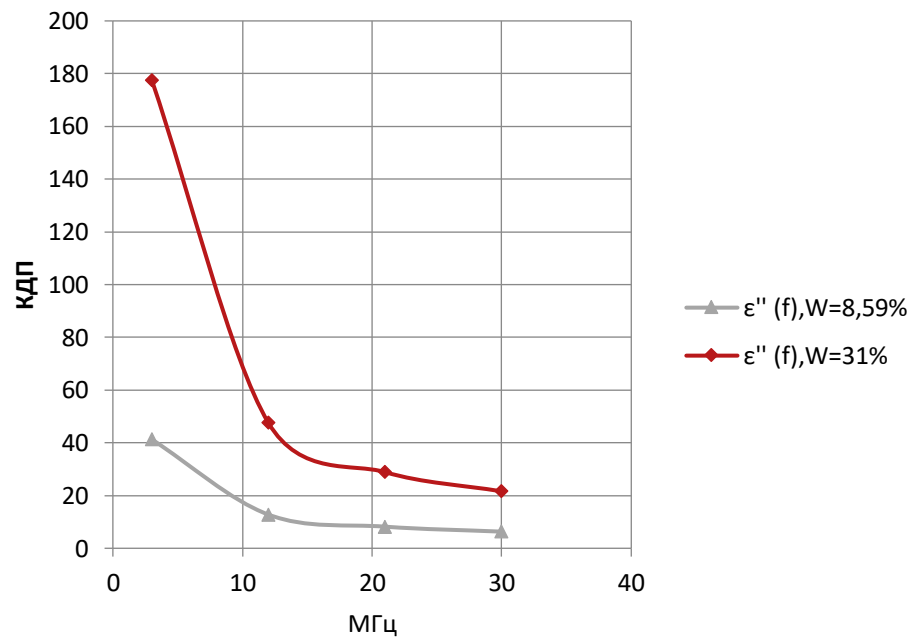


График 2. зависимость мнимой части КДП от частоты

# Моделирование ДН

- Размеры полуволнового вибратора 10 м.
- Моделирование проводилось с помощью программного обеспечения MMANAGAL\_Basic. Подстилающая поверхность задавалась графой «Реальная земля» и рассматривалась как однородная слоистая структура бесконечных размеров с заданными диэлектрическими характеристиками (действительной частью диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  и проводимости  $\sigma$ , определяемой мнимой частью  $\epsilon$ ).
- Высота подвеса антенны над землёй 5 м.

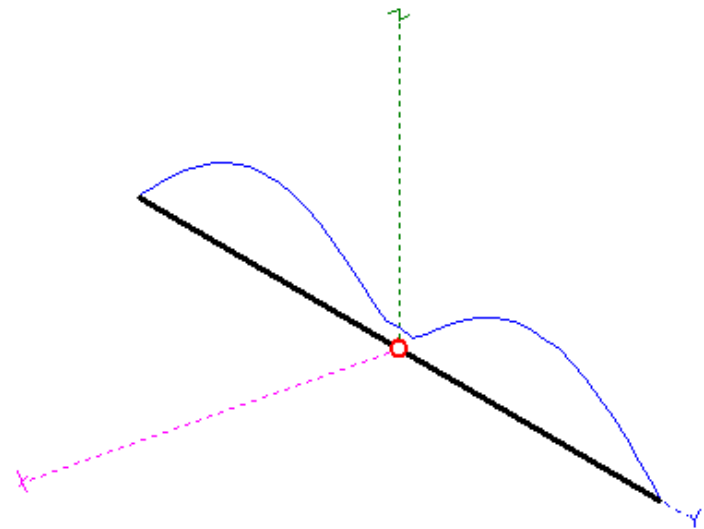


Рис. 3.

# Анализ результатов



Песчаная почва			Незасоленная суглинистая почва			
МГц	Макс. излучение и его направление					
	Влажность, % 7,72*	Влажность, % 30,29** [2]	Без учета Изменени я КДП	Влажность , % 7,99*	Влажность, % 30,69** [3]	Без учета Изменения КДП
3	10,83dBi (90 °)	9,9 dBi (90 °)	10, 46 dBi (90 °)	10,17dBi (90 °)	9,17 dBi (90 °)	10, 26 dBi (90 °)
12	5,65 dBi (85 °)	6,5 dBi (90 °)	5,84 dBi (90 °)	6,16 dBi (90 °)	7,66 dBi (90 °)	6,27 dBi (90 °)
21	5,27dBi (38,2 °)	6,14dBi (41,8 °)	5,64 dBi (40,6 °)	5,72 dBi (39,2 °)	6,92 dBi (43 °)	5,88 dBi (40,8 °)
30	8,85dBi (26,8 °)	9,61dBi (28,4 °)	9,23 dBi (27,9 °)	9,21 dBi (27,1 °)	10,15 dBi (28,8 °)	9,4 dBi (28 °)

# Анализ результатов



Песчаная почва						
Влажность, %				Влажность, %		
7,72				30,29		
МГц	$\epsilon'$	$\epsilon''$	Макс. излучение и его направление	$\epsilon'$	$\epsilon''$	Макс. излучение и его направление
3	7,14	12,78	10,83dBi (90 °)	21,46	33,36	9,9 dBi (90 °)
12	5,73	3,93	5,65 dBi (85 °)	20,95	8,75	6,5 dBi (90 °)
21	5,38	2,46	5,27dBi (38,2 °)	20,72	5,21	6,14dBi (41,8 °)
30	5,24	1,79	8,85dBi (26,8 °)	20,57	3,74	9,61dBi (28,4 °)

# Анализ результатов



Незасоленная суглинистая почва						
Влажность, %				Влажность, %		
7,99				30,69		
МГц	$\epsilon'$	$\epsilon''$	Макс. излучение и его направление	$\epsilon'$	$\epsilon''$	Макс. излучение и его направление
3	14,19	18,17	10,17dBi (90 °)	55,9	738,53	9,17 dBi (90 °)
12	9,35	7,26	6,16 dBi (90 °)	35,27	194,31	7,66 dBi (90 °)
21	8,01	5,26	5,72 dBi (39,2 °)	30,77	115,38	6,92 dBi (43 °)
30	7,29	4,38	9,21 dBi (27,1 °)	28,28	83,62	10,15 dBi (28,8 °)

# Анализ результатов



Песчаная почва				
Частота, МГц	3	12	21	30
Изменение dBi	0,93	-0,85	-0,87	-0,76
Изменение направления	0	-5	-3,6	-1,6
Незасоленная суглинистая почва				
Частота, МГц	3	12	21	30
Изменение dBi	1	-1,5	-1,2	-0,94
Изменение направления	0	0	-3,8	-1,7

# Наибольшее влияние на величину максимального излучения горизонтального вибратора

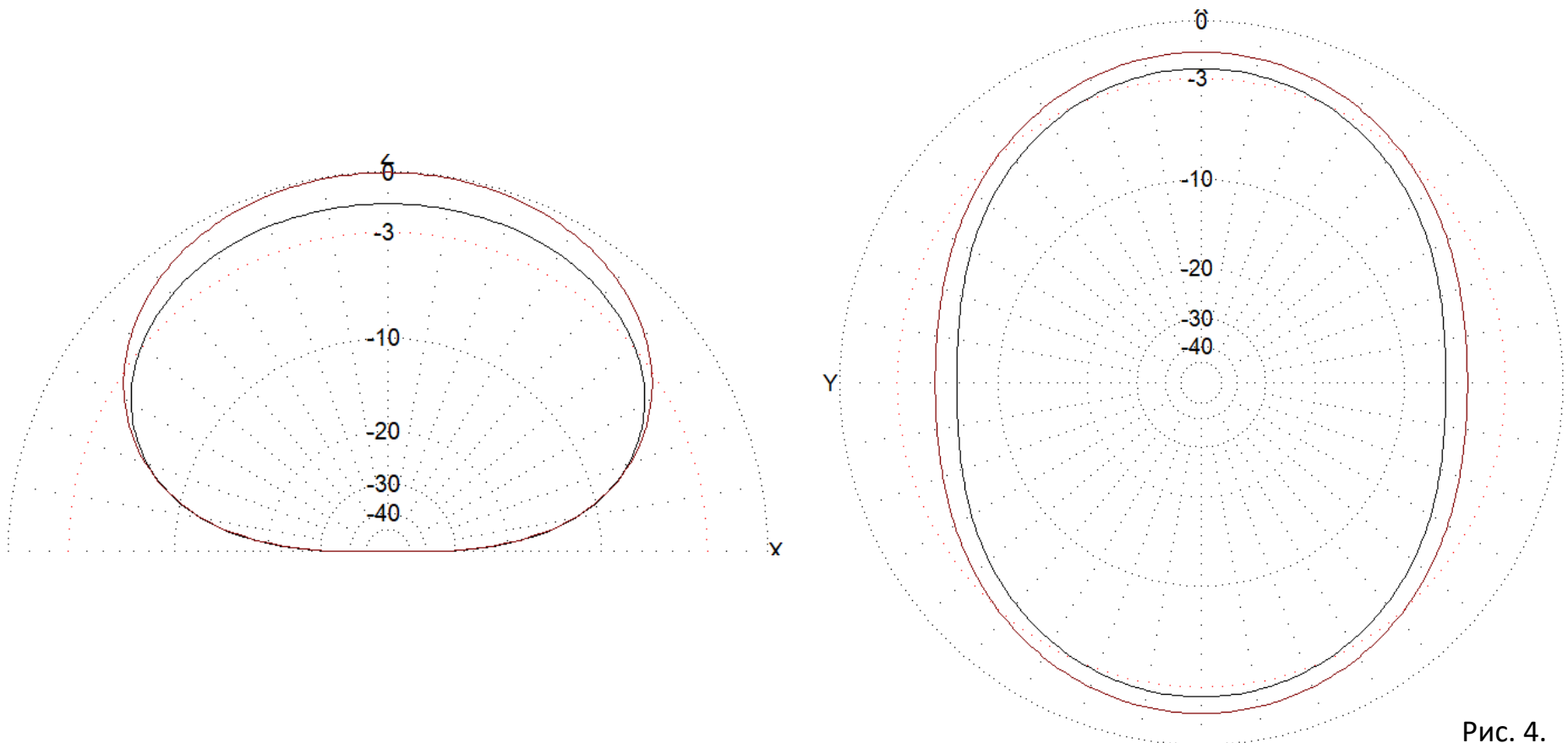


Рис. 4.

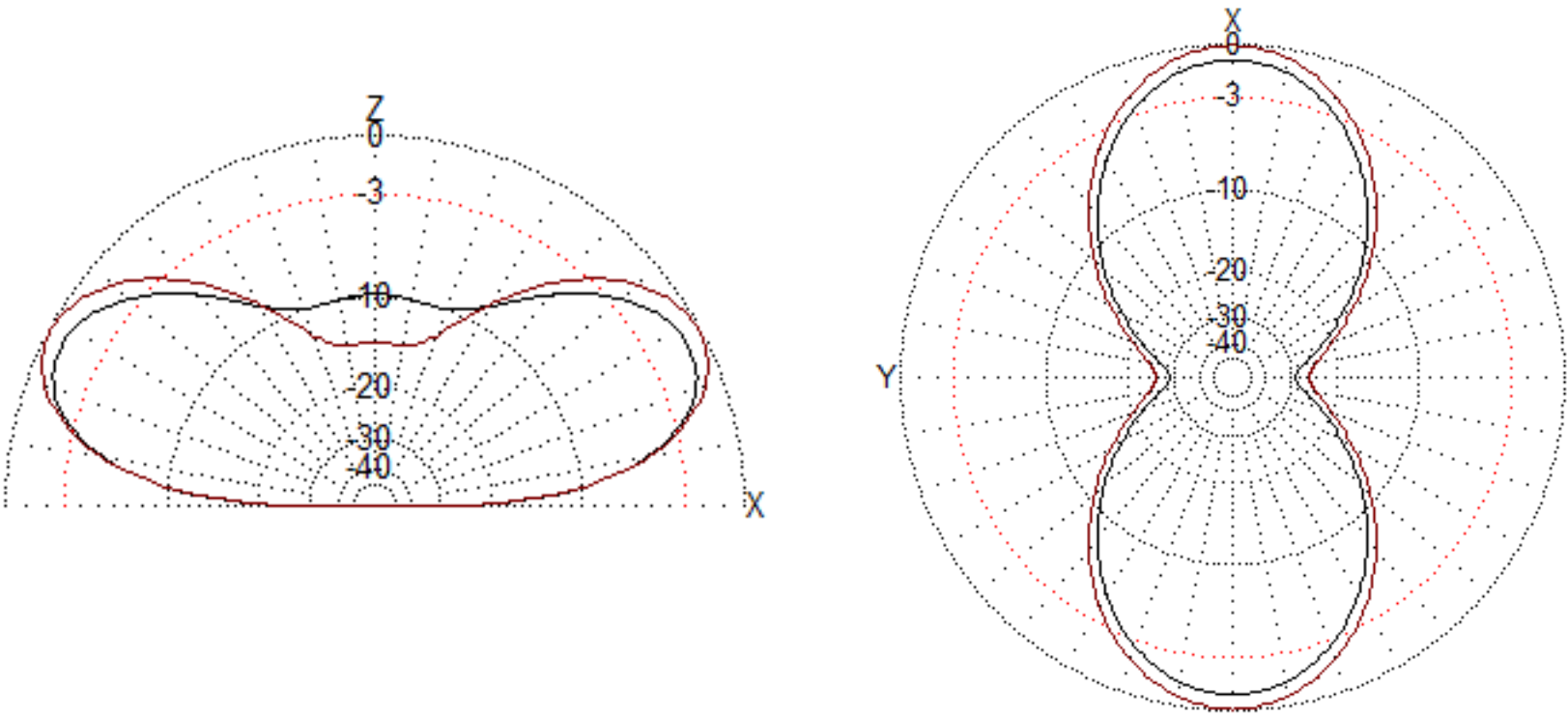
частота 12 МГц  
 Незасоленная суглинистая почва  
 Увеличение на 1,5 дБи

Влажность, %	$\epsilon'$	$\epsilon''$
<b>7,99**</b>	9,35	7,26
<b>30,69* [3]</b>	35,27	194,31

# Наименьшее влияние на величину максимального излучения горизонтального вибратора



Рис. 5.



частота 30 МГц  
 Песчаная почва  
 Увеличение на 0,76 дБи

Влажность, %	$\epsilon'$	$\epsilon''$
7,72**	5,24	1,79
30,29* [2]	20,57	3,74

# Заключение



Таким образом, в ходе работы были изучены методы измерения КДП. Проведены измерения диэлектрической проницаемости некоторых образцов почв при разных значениях влажности. В качестве программы для моделирования выбрана MMANAGAL\_Basic. Получены диаграммы направленности горизонтального полуволнового вибратора с учётом влияния подстилающей поверхности. Проведён анализ результатов с выявлением влияния диэлектрических характеристик почв на излучение полуволнового вибратора. Наибольшее влияние оказывается на частоте 12 МГц, что соответствует изменению в значениях КДП на 25,92 (примерно + 277,21%) для действительной и на 187,05 (примерно +2576,45%) для мнимой части. Изменение величины максимального излучения при этом составляет 1,5 dBi. Наименьшее - на частоте 30 МГц в песчаной почве и соответствует увеличению на 0,76 dBi изменение КДП – на 15,33 (292,56%) и на 1,95 (108,94%) .

# Список литературы



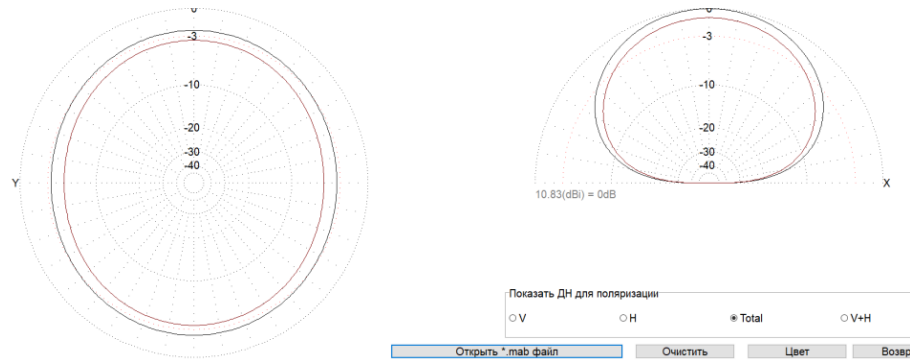
- 1) Брандт, А. А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах / А. А. Брандт. - Москва : Физматлит, 1963. - 404 с.
- 2) Родионова, О. В. Метод измерения комплексной диэлектрической проницаемости почвогрунтов в широкой полосе частот : диссертация ... кандидата физико-математических наук : 01.04.03 / Родионова Ольга Васильевна ; [Место защиты: ФГБОУ ВО "Омский государственный педагогический университет"]. – Омск, 2016. – [Без указания количества страниц]. – На правах рукописи.
- 3) P. P. Bobrov, A. V. Repin, O. V. Rodionova Wideband frequency domain method of soil dielectric property measurements // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2015. – Vol. 53, No. 5. – P. 2366-2372.
- 4) Варнаков С.А., Суслов К.Н., Яценко А.С. Особенности определения диэлектрической проницаемости почвы методом оптимизации функции // Радиотехника, электроника и связь: тез. докл. VI Междунар. науч.-техн. конф. (РЭИС-2021), Омск, 06–08 окт. 2021 г. / Омский науч.-исслед. ин-т приборостроения. – Омск, 2021. – С. 137–139.
- 5) Банков С.Е., Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств и антенн с Ansoft HFSS. – самиздат, 2009. – 736 с.
- 6) Altair Feko | Проектирование антенн и ВЧ устройств [Электронный ресурс]. — URL: [elm-c.ru](http://elm-c.ru) (дата обращения: 12.01.2026)
- 7) Amosov A. G. Special software application for antenna modelling in mechanical engineering //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1889. – №. 4. – С. 042031.
- 8) Гончаренко И. В. Компьютерное моделирование антенн. Все о программе MMANA. — М.: ИП РадиоСофт, Журнал «Радио». 2002 — 80 с.

**Спасибо за внимание !!!**

# Горизонтальный полуволновый вибратор

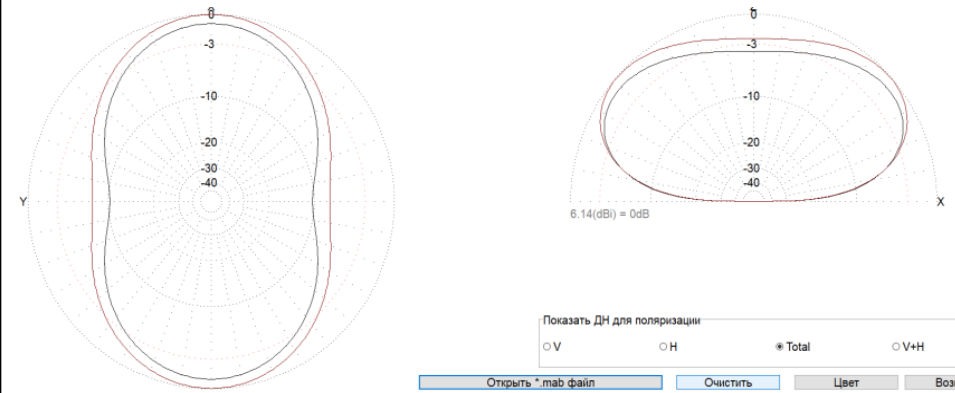


3 МГц



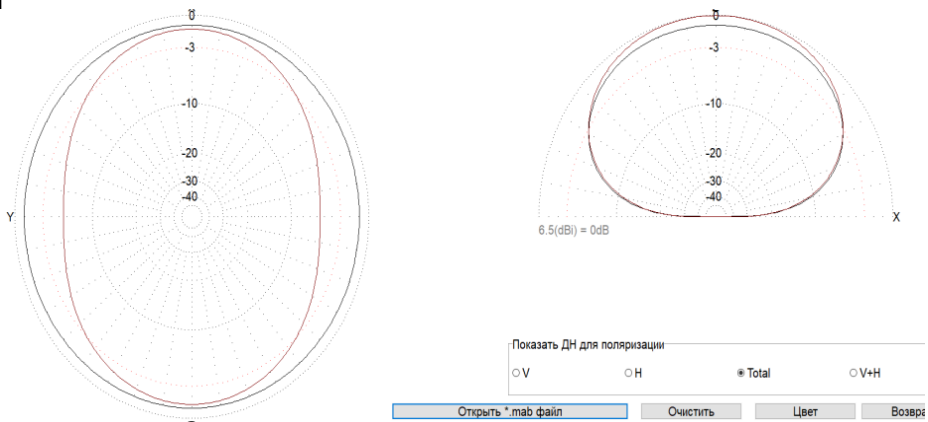
п.1.

21 МГц



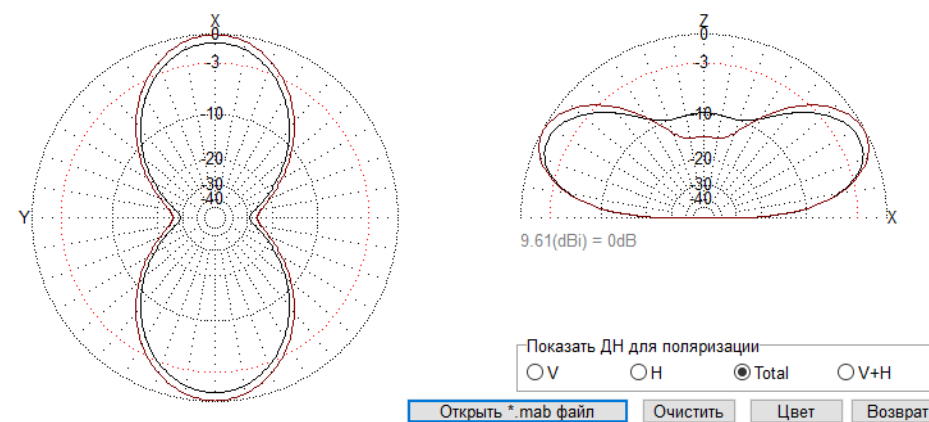
п.2.

12 МГц



п.3.

30 МГц

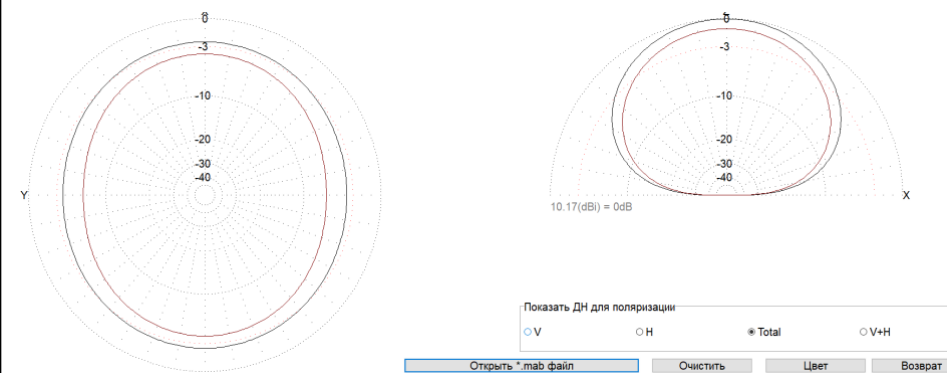


п.4.

# Горизонтальный полуволновый вибратор

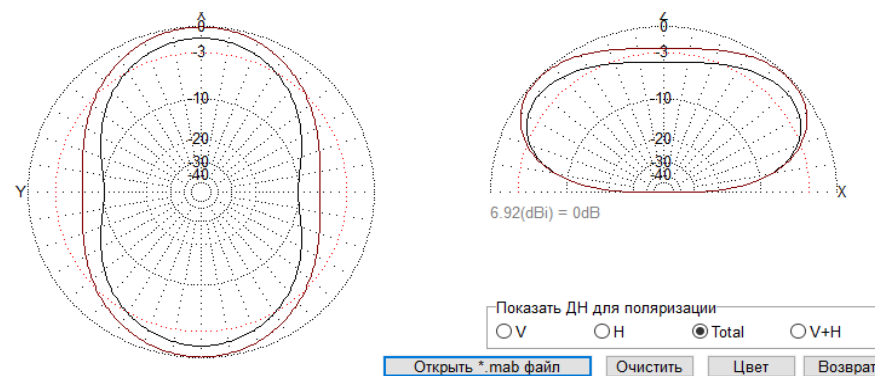


3 МГц



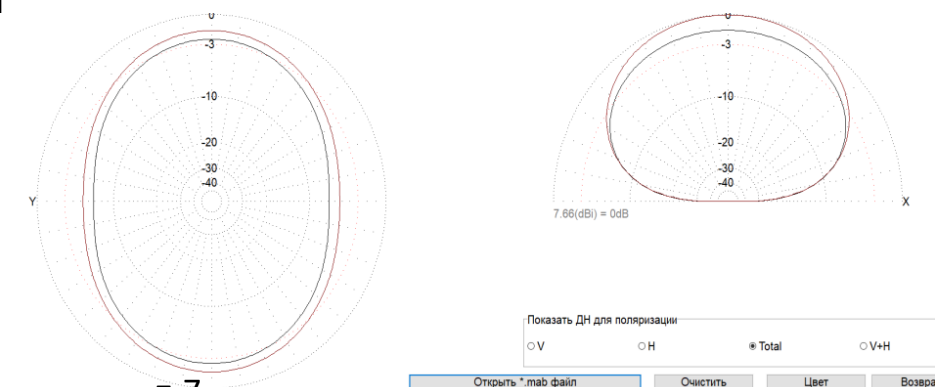
п.5.

21 МГц



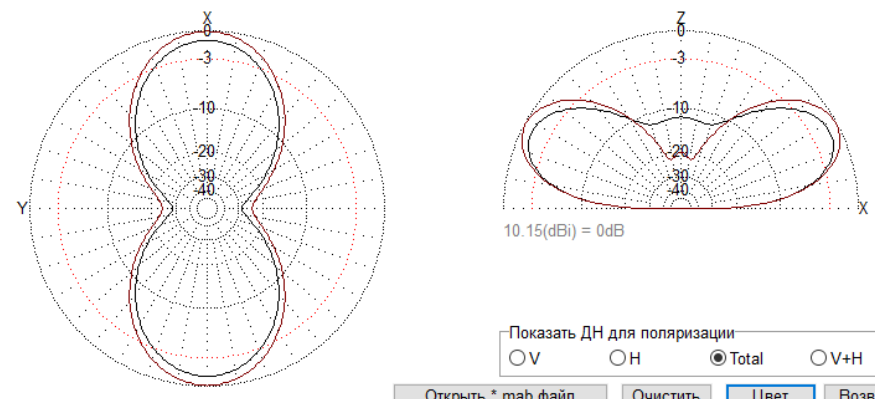
п.6.

12 МГц



п.7.

30 МГц



п.8.