

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ  
ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА  
НАПРАВЛЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
АНТЕННЫ КВ ДИАПАЗОНА  
МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Докладчик:  
Хмельницкий К.Е.

# Цель:

Провести оценку влияния подстилающей поверхности на направленные характеристики антенны КВ диапазона

# Задачи:

- Построить модель широкополосного вертикального излучателя с помощью пакета программ, использующую метод конечных элементов;
- Рассчитать диаграммы направленности и определить коэффициент усиления антенны с учетом подстилающей поверхности в виде суглинка разной влажности.

# Метод конечных элементов

- Метод конечных элементов основывается на разбиении пространства на множество простейших элементов, форма которых представляет собой тетраэдр (рис. 1). Размеры тетраэдра малы настолько, что в его пределах электромагнитное поле можно описать с помощью простой функции или системы из нескольких функций с неизвестными коэффициентами.
- Нахождение неизвестных коэффициентов осуществляется из уравнений Максвелла с учетом граничных условий.
- В конечном итоге исходная задача электродинамики сводится к решению обычной системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), которая подходит для решения поставленных задач.

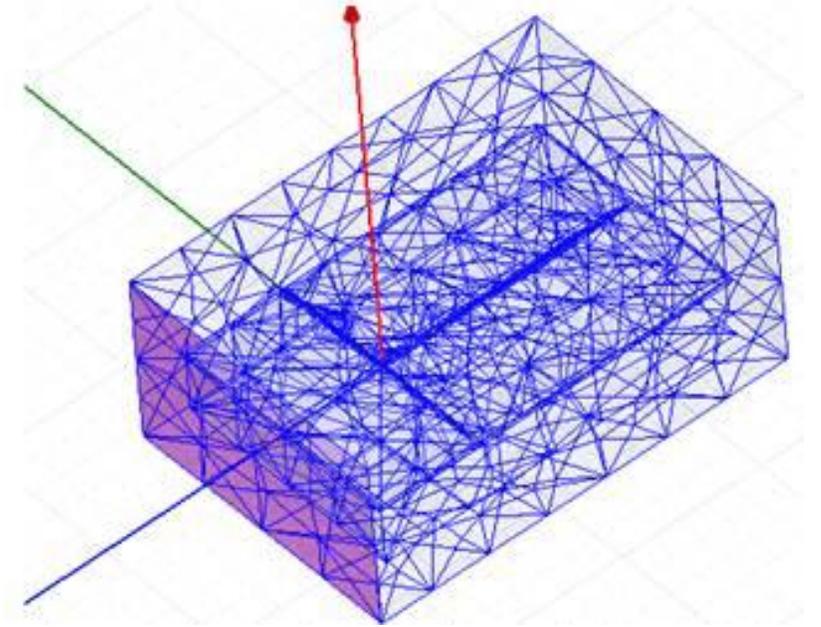


Рис. 1. Разбиение пространства на элементы

# Моделирование

- В процессе выполнения работ оценивалась характеристика направленности широкополосного вертикального излучателя (ШВИ) при различных значениях комплексной диэлектрической проницаемости суглинка.
- Выбор такой антенны обусловлен необходимостью оценки общего характера влияния подстилающей поверхности на вертикально поляризованные волны.

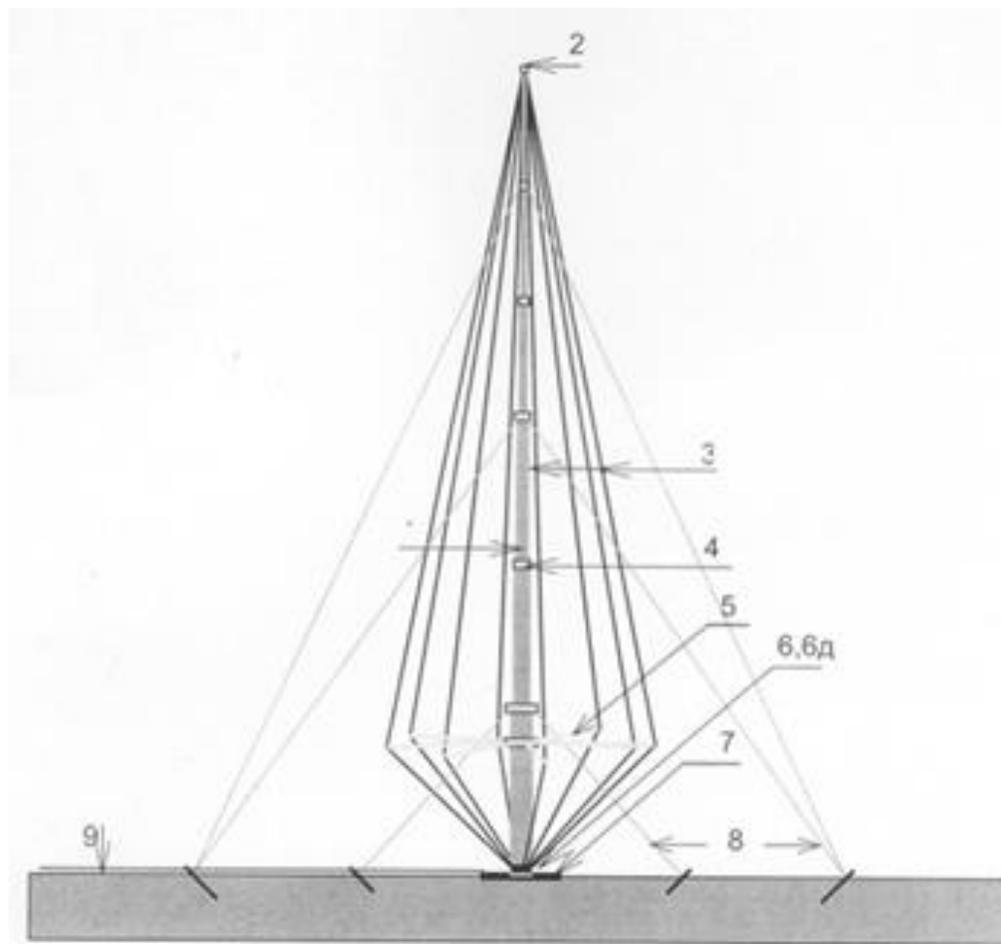


Рис. 2. Схематический вид антенны ШВИ

1 - мачта; 2 – верхнее собирающее кольцо; 3 – излучатели; 4 – фиксирующий замок;  
5 – диэлектрические распорки; 6 – нижнее собирающее кольцо; бд –  
дополнительное собирающее кольцо; 7 – основание антенны; 8 – оттяжки;  
9 – радиальные противовесы.

# Электродинамическое моделирование

Модель антенны ШВИ  
Габариты: 10x10x10 м

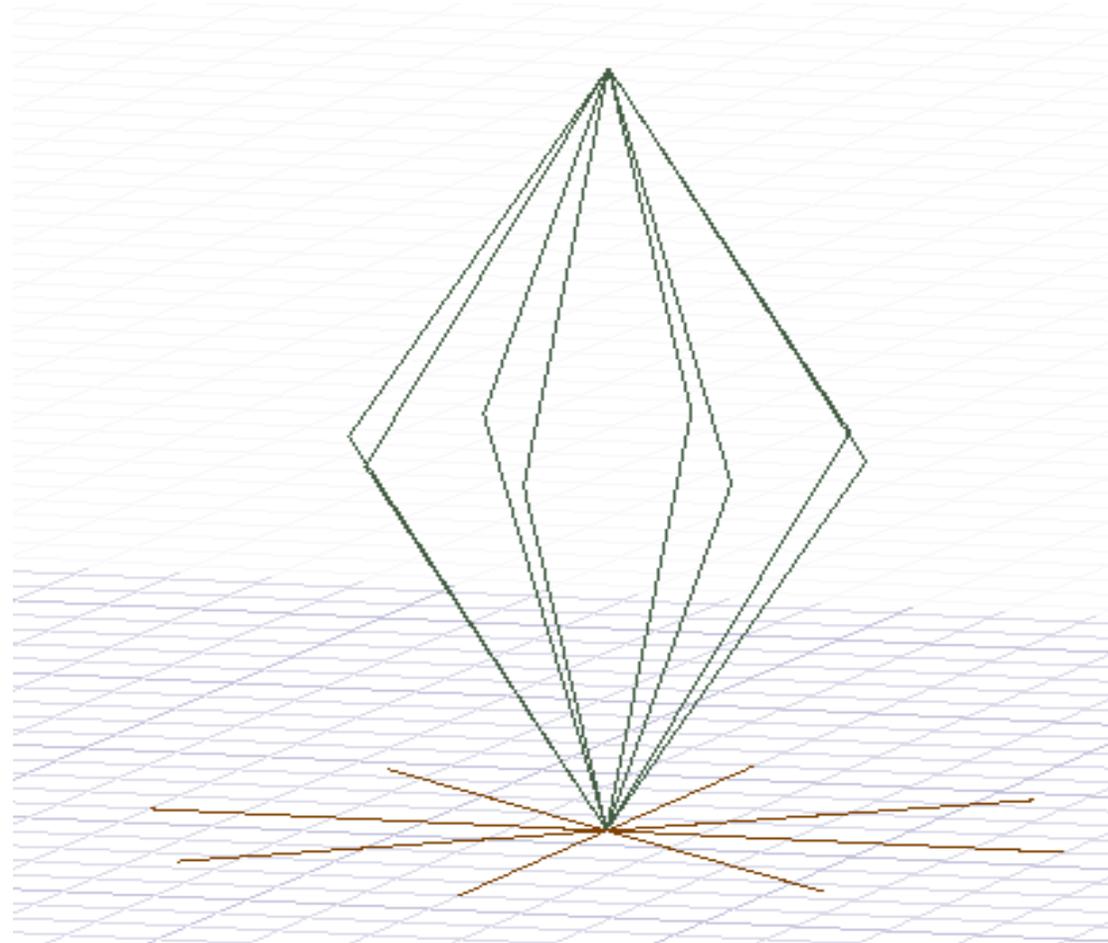


Рисунок 3. Модель антенны ШВИ

# Электродинамическое моделирование

Антенна размещалась на границе раздела двух сред (верхняя граница - воздух, нижняя граница - почва, со значениями КДП суглинка)

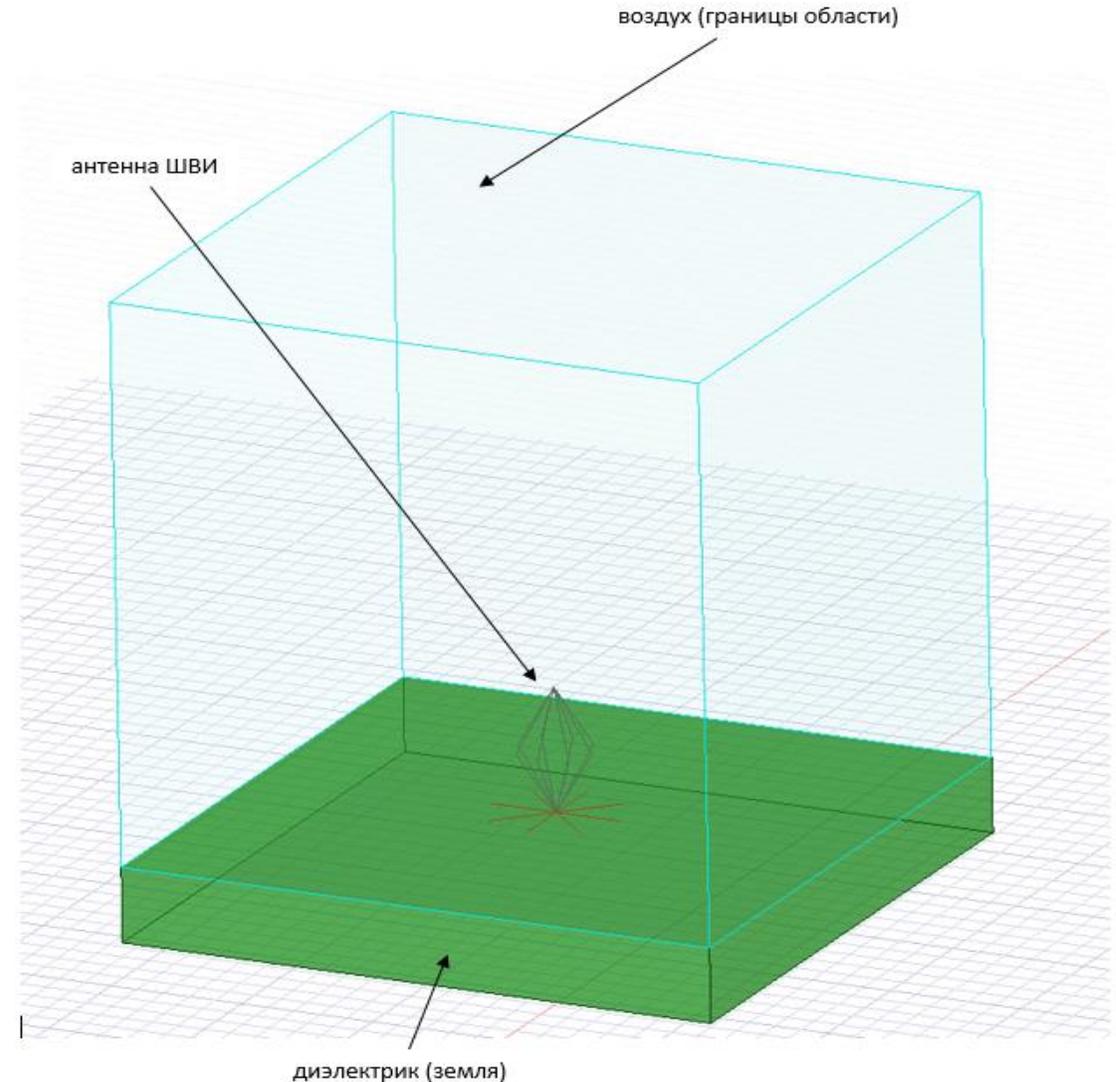


Рис. 4. Антенна ШВИ на разделе двух сред

# Значение КДП

Моделирование антенны проводилось для двух типов подстилающей поверхности – суглинок и суглинок илистый. Значения комплексной диэлектрической проницаемости (КДП) приведены в таблице 1 [1]

Таблица 1

| Тип почвы        | Частота, МГц | Действительная часть КДП |      |      | Проводимость, мСм/м |      |      |
|------------------|--------------|--------------------------|------|------|---------------------|------|------|
|                  |              | Влажность                |      |      | Влажность           |      |      |
|                  |              | 10%                      | 26%  | 33%  | 10%                 | 26%  | 33%  |
| Илистый суглинок | 5            | 4,8                      | 12,4 | 16,7 | 12,7                | 25,9 | 30,9 |
|                  | 20           |                          |      |      | 12,8                |      |      |
| Суглинок         | 5            | 21,5                     | 29,6 | 41,0 | 32                  | 113  | 171  |
|                  | 20           | 14,5                     | 23,9 | 33,2 | 39                  | 119  | 178  |

[1] Кривальцевич Сергей Викторович, Яценко Александр Сергеевич, Майненгер Ксения Алексеевна, Кудрин Олег Иванович, Зубков Михаил Павлович Влияние подстилающей поверхности на направленные характеристики антенн ДКМВ диапазона, АПР 2019 Физика радиоволн: излучение, прием и использование

# Диаграмма направленности модели ШВИ

- При моделировании изменялись параметры нижнего полупространства и фиксировались на частотах 5 и 20 МГц значения коэффициентов усиление.
- В качестве примера на рисунке 5 приведен вид диаграммы направленности антенны на частоте 5 МГц.

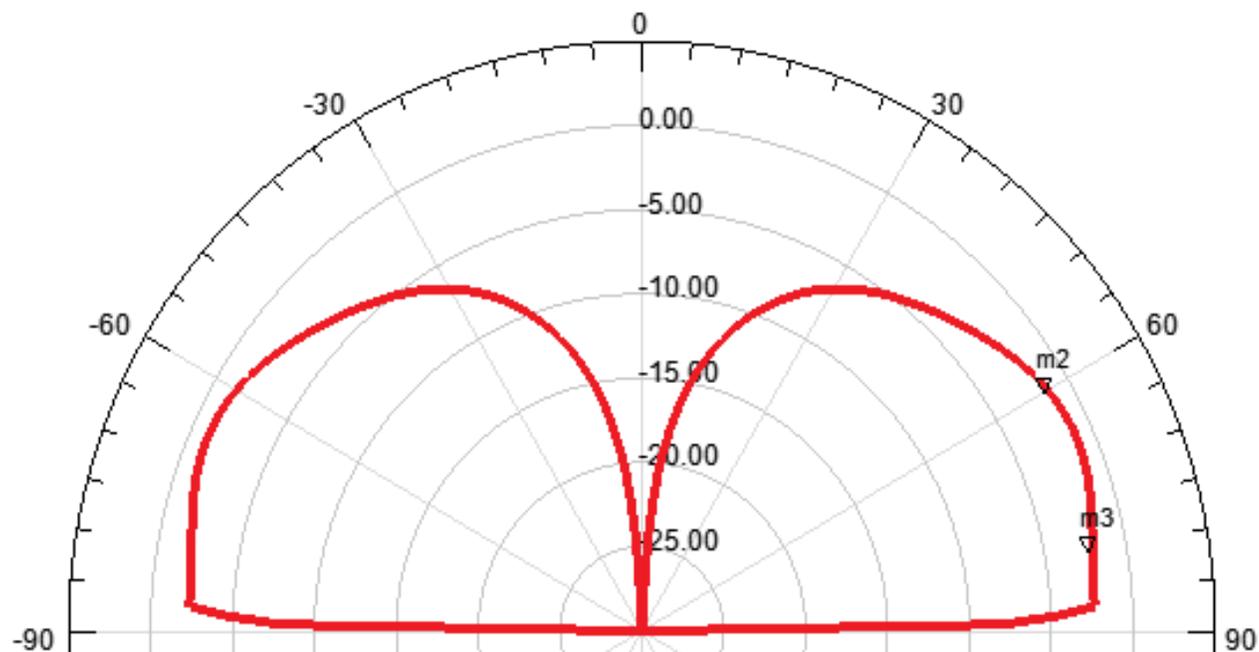


Рис. 5. Диаграмма направленности на частоте 5 МГц

# Значение коэффициентов усиления для разных значений КДП модели антенны

Далее для остальных значений илистого суглинка и суглинка был произведен расчет диаграмм направленности (по которым определялось усиление) для трех типов влажностей. Полученные результаты были сведены в таблицу 2.

Таблица 2

| Тип почвы        | Зенитный угол, град | Частота, МГц | G, дБ     |      |      |
|------------------|---------------------|--------------|-----------|------|------|
|                  |                     |              | Влажность |      |      |
|                  |                     |              | 10%       | 26%  | 33%  |
| Илистый суглинок | 60                  | 5            | -2,9      | -2,3 | -1,4 |
| Суглинок         |                     |              | -2,2      | -1,6 | -1,3 |
| Илистый суглинок |                     | 20           | 1,8       | 0,9  | 1,6  |
| Суглинок         |                     |              | 1,4       | 1,6  | 1,6  |
| Илистый суглинок | 80                  | 5            | -7,7      | -6,0 | -2,7 |
| Суглинок         |                     |              | -5,5      | -3,3 | -2,0 |
| Илистый суглинок |                     | 20           | -4,8      | -5,1 | -4,0 |
| Суглинок         |                     |              | -2,9      | -4,2 | -3,8 |

# Заключение

- В результате проведенной работы создана электродинамическая модель антенны;
- Проведена оценка влияния подстилающей поверхности на направленные характеристики антенны КВ диапазона;
- Выявлено, что с ростом проводимости, то есть с увеличением влажности, происходит увеличение коэффициента усиления;
- Рассмотренные в предыдущем семестре методы моделирования, не позволяют использовать программу для точной оценки неоднородных сред сложной или объемной формы.

# Список литературы

1. *Кривальцевич Сергей Викторович, Яценко Александр Сергеевич, Майненгер Ксения Алексеевна, Кудрин Олег Иванович, Зубков Михаил Павлович Влияние подстилающей поверхности на направленные характеристики антенн ДКМВ диапазона, АПР 2019 Физика радиоволн: излучение, прием и использование*
2. *Маренко В.Ф. широкополосных вертикальный излучатель : пат. на изобр. 2289180 Рос. Федерация. Заявл. 31.01.2005, опубл. 10.12.2006. Бюл. №34*
3. *ANSYS : офиц. сайт. URL: <https://www.ansys.com> [дата обращения 24.05.2023]*
4. *Банков С.Е., Курушин А.А. Электродинамика и техника СВЧ для пользователей САПР, - М.: Солон-Пресс, 2008 – 276с.*
5. *Метод конечных элементов в технике – М.:Мир, 1975.*

Спасибо за внимание