

## Секции конференции

Секция 1.	Общие проблемы передачи и обработки информации. Цифровая обработка сигналов.
Секция 2.	Распознавание и обработка изображений.
Секция 3.	Системы связи и передачи данных. Мобильная связь. Спутниковые системы связи и передачи информации.
Секция 4.	Тепловые, лазерно-оптические системы наблюдения и связи.
Секция 5.	Радиолокация. Радиолокационные системы с синтезированной апертурой (РСА). Авиационно-космические радиоэлектронные системы.
Секция 6.	Навигация. Позиционирование. Морская локация и навигация. Гидроакустика. Системы наведения.
Секция 7.	Сверхширокополосные радиоэлектронные системы. Теория фракталов.
Секция 8.	Электродинамика, распространение радиоволн, антенны. Цифровые антенные решетки и технология ММО
Секция 9.	Помехи. Электромагнитная совместимость. Радио- и оптоэлектронная разведка и подавление.
Секция 10.	Радиотехнические устройства. Автоматизированные измерительные комплексы. Электроника. Техника СВЧ.
Секция 11.	Радиотехнический мониторинг Земли.
Секция 12.	Интеллектуальные системы управления и связи. Когнитивное радио.

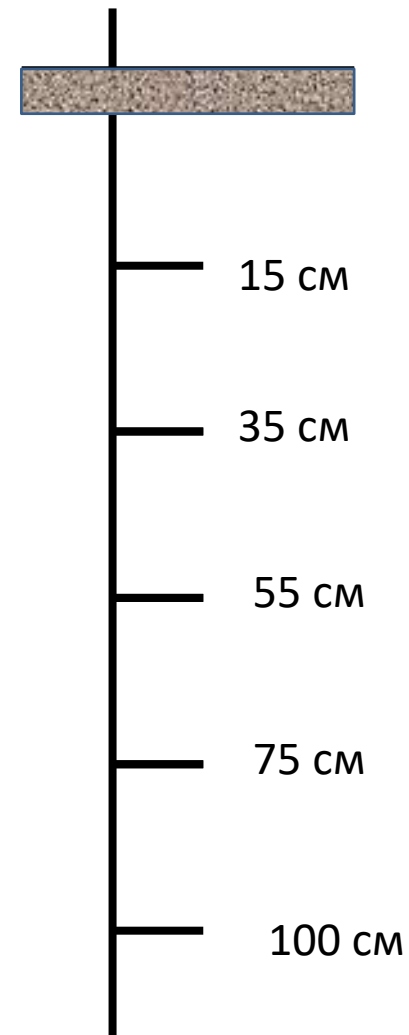


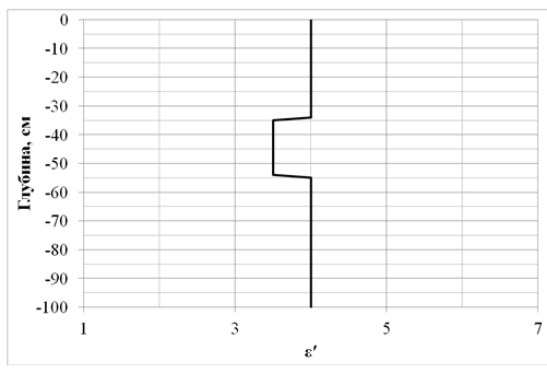
# RLNC 2024

## «Радиолокация, навигация, связь»

На 7-8 секциях были представлены  
32 доклада из 72 заявленных  
Всего докладов на конференции  
было 117 (не считая пленарных)  
Конференция проходила с 16 по 17  
апреля (секции) 18 – закрытие.

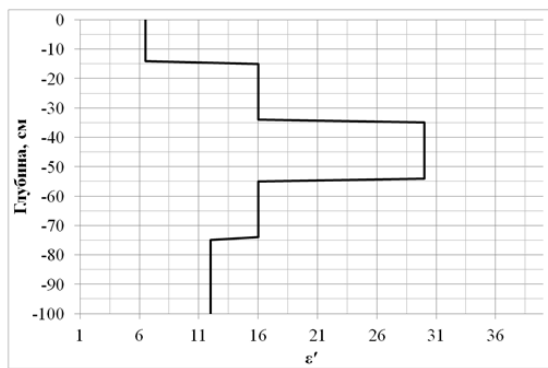
# ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ВДОЛЬ ПРОВОДНИКОВ ПРИЗЕМНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ АНТЕН ДЕКАМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН



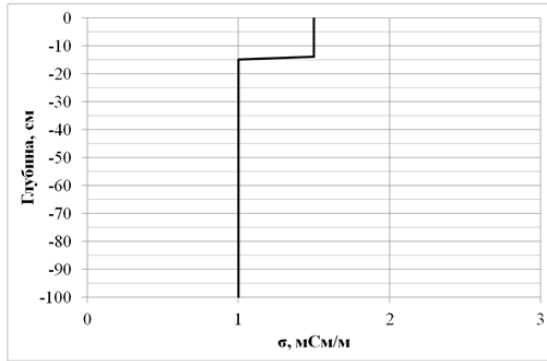


а

Относительная диэлектрическая проницаемость

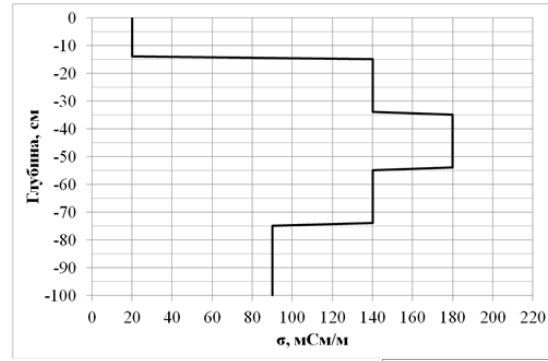


б



а

Удельная проводимость

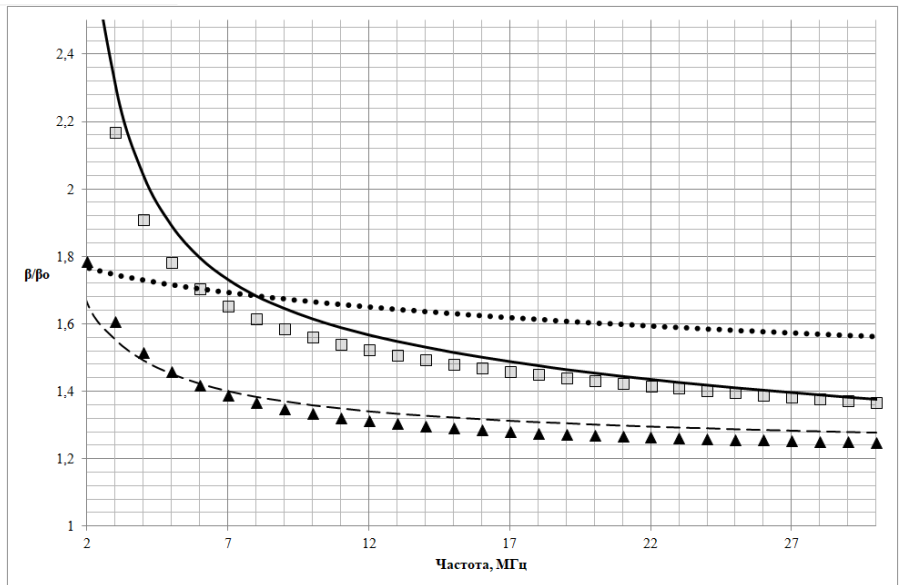
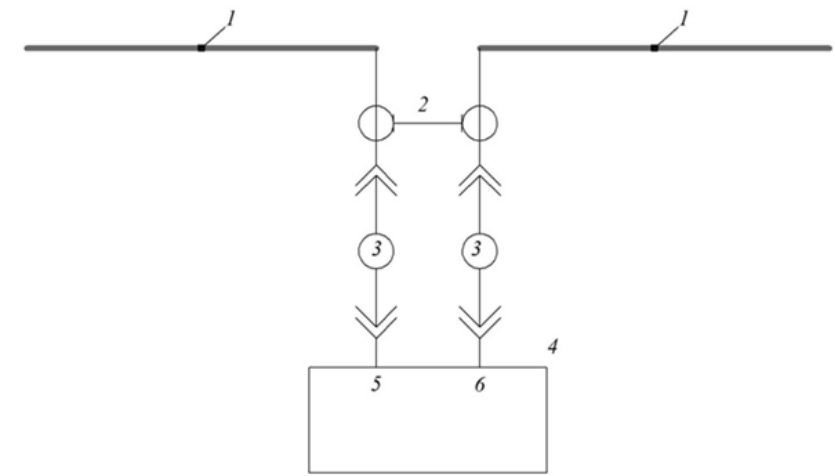


б

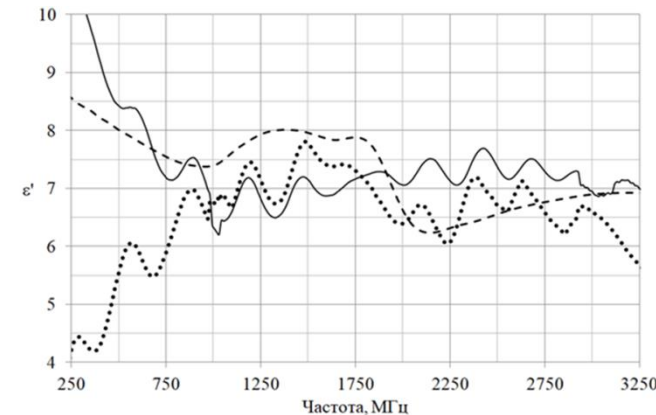
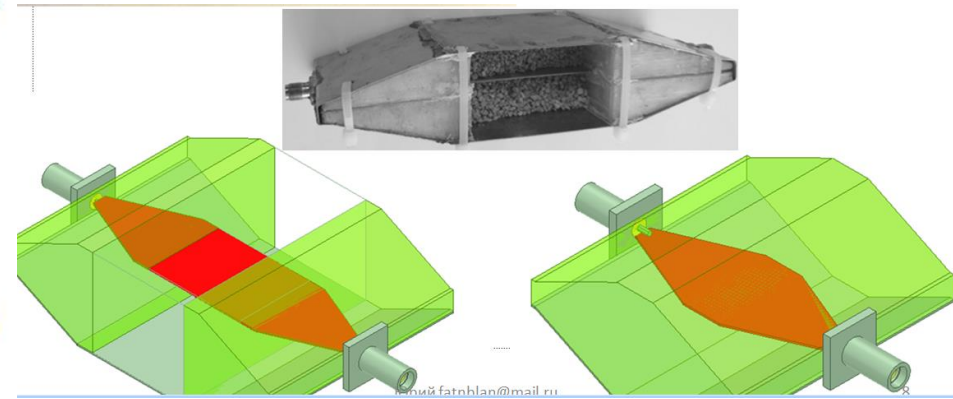
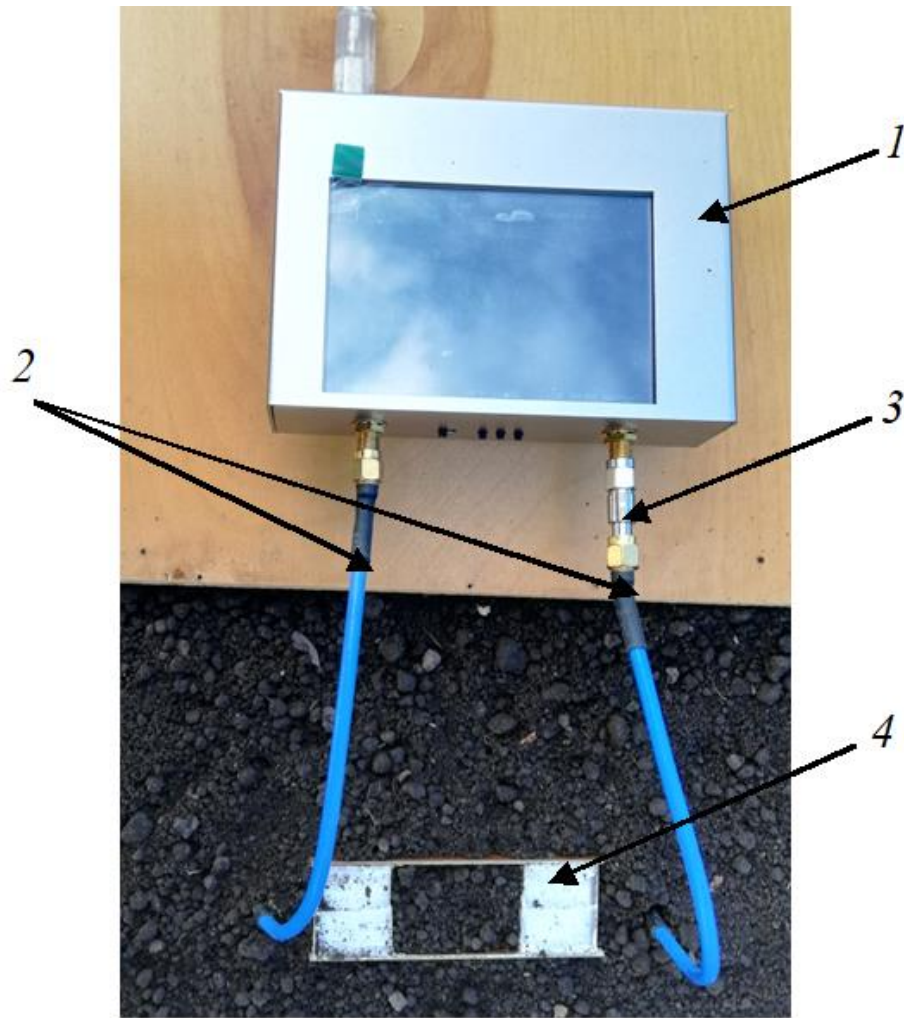
воздух,  $\epsilon=1$



ЗЕМЛЯ,  $\epsilon=\epsilon'+i\epsilon''$



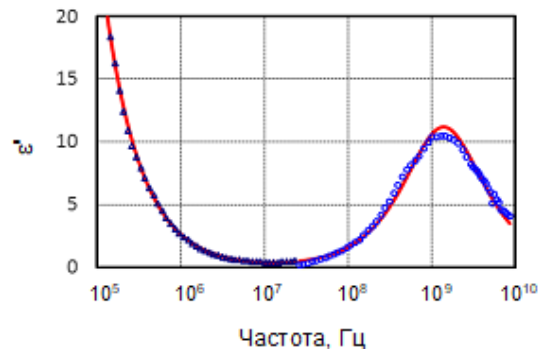
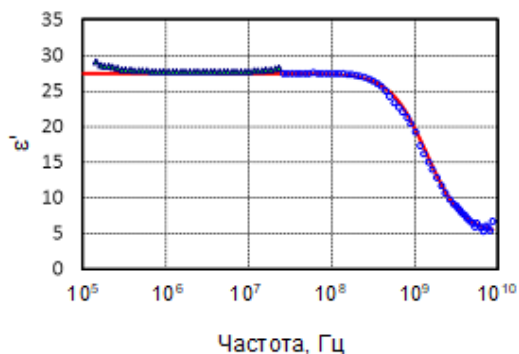
Методы восстановления спектров  
диэлектрической проницаемости  
грунта на основе измерений  
компонентов матрицы рассеяния  
отрезков линий, частично  
заполненных исследуемым  
веществом



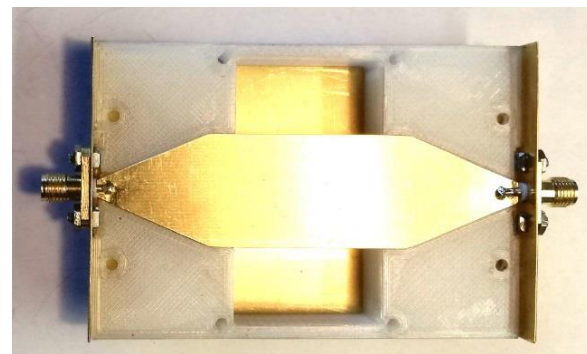
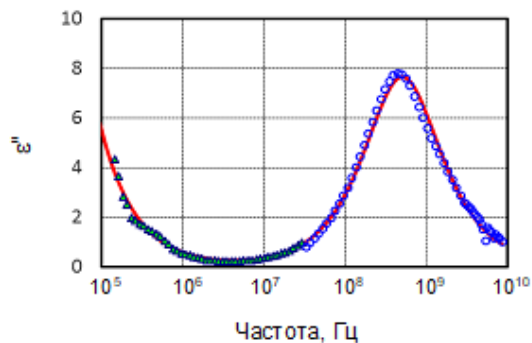
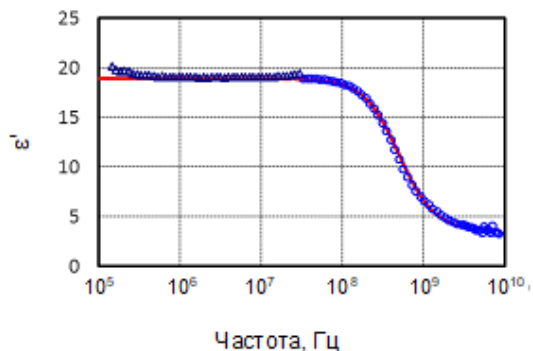
Значения действительной части КДП восстановленные методами I (сплошная линия), II (линия точек) и III (линия штрихов) по результатам натурного эксперимента

**Рис. 1. Экспериментальная установка.**

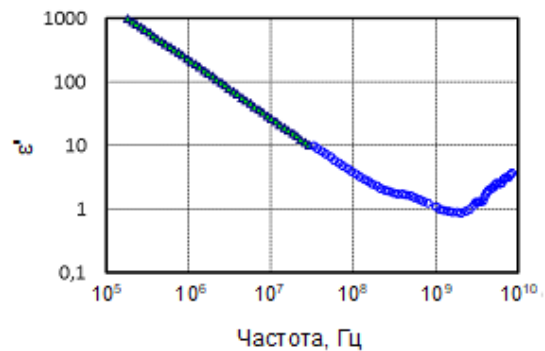
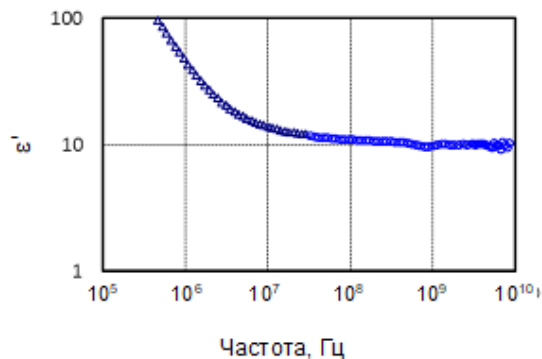
1 – компактный векторный анализатор цепей;  
2 – соединительные СВЧ кабели; 3 - аттенюатор 10  
дБ; 4 – измерительная ячейка.



Приведены результаты измерения в заявляемом устройстве действительной и мнимой частей КДП этилового спирта 95% при температуре 25° С.



Результаты измерения в заявляемом устройстве действительной и мнимой частей КДП изопропилового спирта 99,9% при температуре 25°С

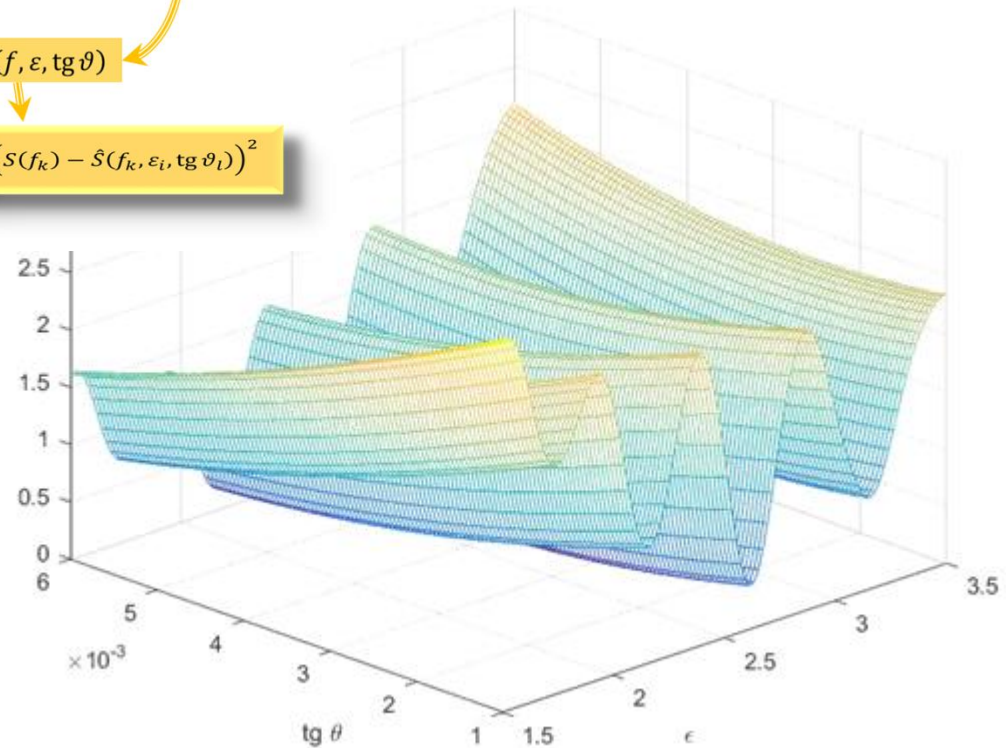
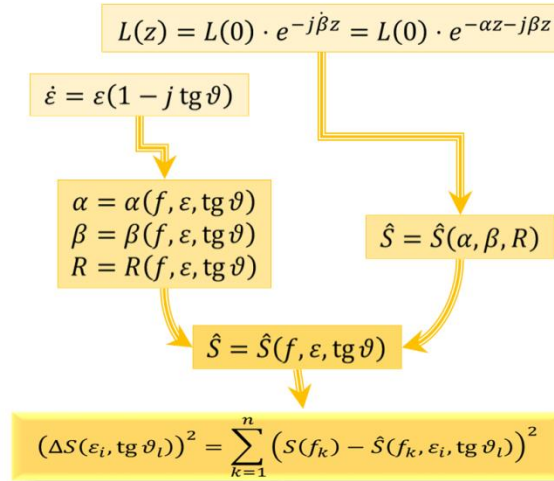


Результаты измерения в заявляемом устройстве действительной и мнимой частей КДП мелкозернистого песка, увлажненного слабым солевым раствором до влажности 18,8%.

# Одновременное определение двух основных электрофизических параметров диэлектрика методом минимизации квадрата нормы невязки

## НЕВЯЗКИ

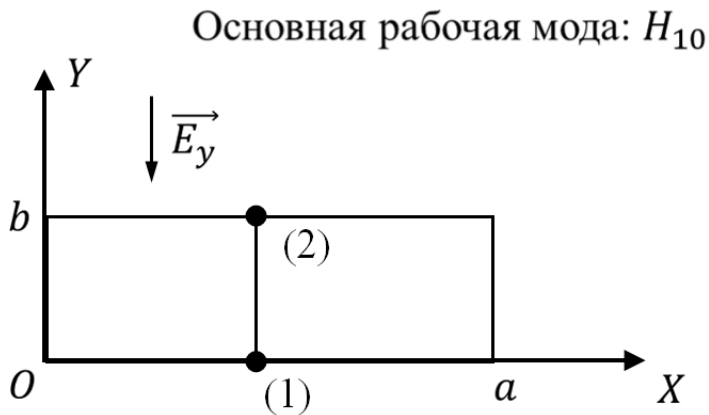
### Измерение параметров диэлектриков



А. М. Бобрешов, Г.  
К. Усков, К. В.  
Смусева, А. А.  
Кононов

Воронеж

# Энергетические соотношения



$$P = \operatorname{Re} \iint_S (\vec{S}_P \cdot \vec{dS}), \quad \vec{S}_P = \frac{1}{2} [\vec{E} \times \vec{H}^*]$$

$$P = \frac{|D|^2 \omega \beta \pi^2 b}{4 \mu \mu_0 a \cdot e^{2\alpha z}}$$

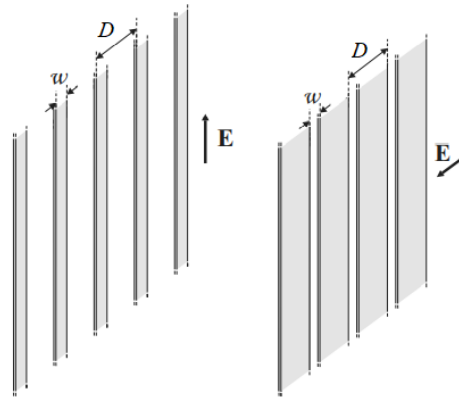
$$P = \frac{1}{2} \frac{|U|^2}{R} \Rightarrow R = \frac{|U|^2}{2P}$$

$$|U| = \max_{x \in [0; a]} \left| \int_{(1)}^{(2)} \underbrace{(\vec{E} \cdot \vec{dl})}_{E_y \cdot dy} \right| = \max_{x \in [0; a]} \left| \int_0^b \left( -D \frac{\omega \pi}{a} \right) \sin \frac{\pi x}{a} e^{j(\omega t - \beta z) - \alpha z} dy \right| = \frac{|D| \omega \pi b}{a} \cdot e^{-\alpha z}$$

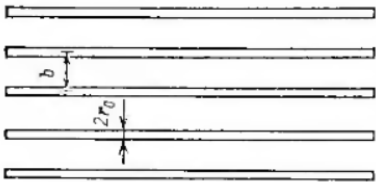
$$R = \frac{1}{2} \cdot \frac{|D|^2 \omega^2 \pi^2 b^2}{a^2} \cdot e^{-2\alpha z} \cdot \frac{4 \mu \mu_0 a \cdot e^{2\alpha z}}{|D|^2 \omega \beta \pi^2 b} = \frac{2 b \mu \mu_0 \omega}{a \beta} = \frac{4 \pi f b \mu \mu_0}{a \beta}$$



# Квазистатическое приближение для индуктивных и емкостных решеток



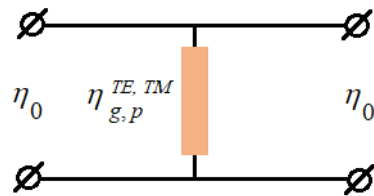
Усредненное граничное условие для решетки из тонких металлических проводов



$$E_x = j\eta_0 \frac{D}{\lambda} \ln \frac{D}{2\pi r_0} \left( 1 + \frac{1}{k_0^2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) J_x = \eta_g J_x \quad \eta_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} \quad k_0 = 2\pi/\lambda$$

$$D \ll \lambda \quad \partial^2 J_x / \partial x^2 \rightarrow 0$$

Метод эквивалентных схем



$$\eta_g^{TE, TM} = j\omega L^{TE, TM}$$

$$\eta_p^{TE, TM} = 1/j\omega C^{TE, TM}$$

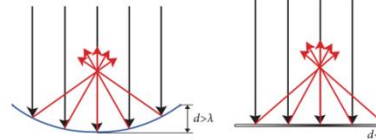
# ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ИНДУКТИВНЫХ И ЕМКОСТНЫХ РЕШЕТОК

Ахияров В.В. АО «НПО дальней радиолокации»  
Москва

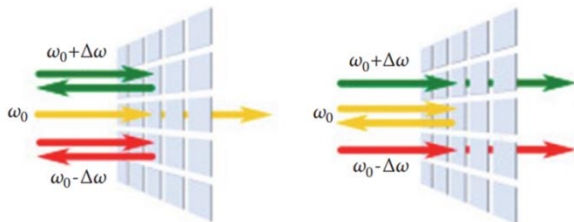
Модуль импеданса двумерных решеток ( $D = 5$  мм,  $w = 0,5$  мм)  
на экранированной подложке ( $d = 4$  мм,  $\epsilon_1 = 10,2$ )

## Управление параметрами электромагнитной волны

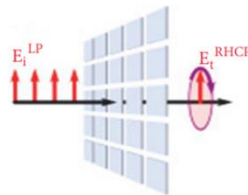
Управление фазой



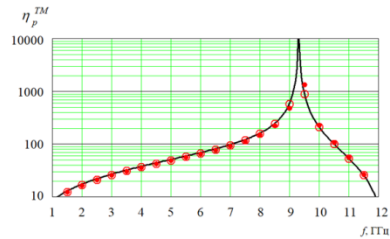
Управление амплитудой



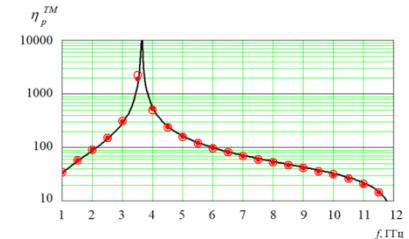
Управление поляризацией



Индуктивная решетка

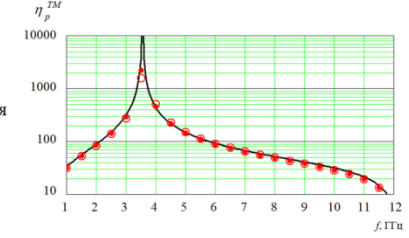
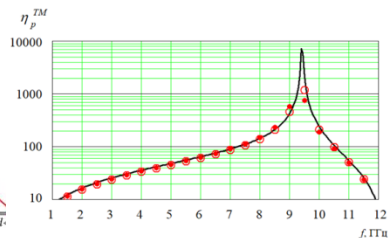


Емкостная решетка



ТЕ-поляризация

ТМ-поляризация



# Частотные характеристики спиралевидной треугольной метаповерхности и ее влияние на ослабление падающей волны

Н.А. Болдырев, М.М. Падалинский, И.Ш. Фитаев, Е.В.

Григорьев, А.С. Мазинов

Симферополь

## Исследуемые образцы метаповерхностей

Экспериментальные образцы изготавливались из одностороннего фольгированного стеклотекстолита марки FR-4, с толщиной диэлектрика  $d = 1,5$  мм. Толщина проводящего слоя составляла 16 мкм.

Подобные геометрические размеры выбраны подобраны таким образом, чтобы параметры фигуры были кратны средней длине волны выбранного частотного диапазона: 16-25 ГГц.

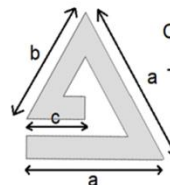
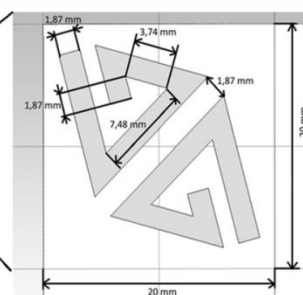
### Материал:

Односторонний фольгированный стеклотекстолит марки FR-4



Итоговый образец метаповерхности

### Параметры единичного резонатора



### Соотношения геометрических размеров к длине волны

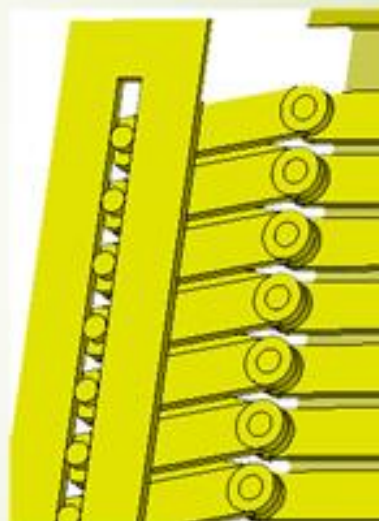
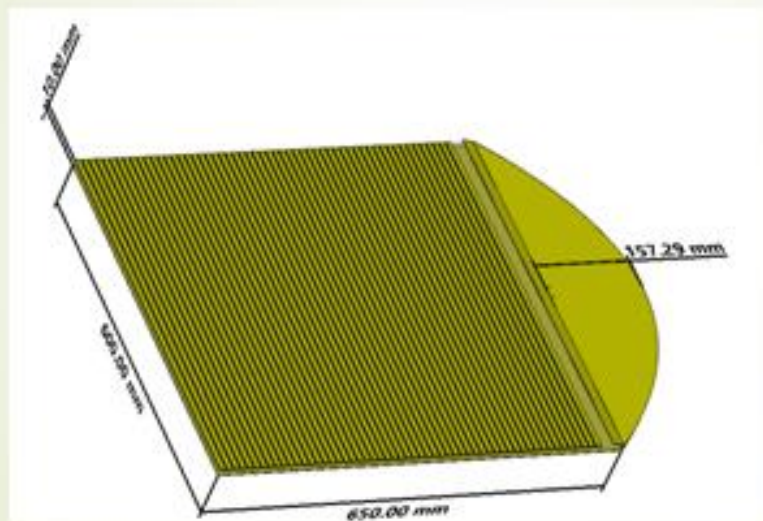
$$\lambda_{cp} = 15 \text{ мм.}$$

$$a = \frac{\lambda_{cp}}{2}; b = \frac{\lambda_{cp}}{4}; c = \frac{\lambda_{cp}}{8}.$$

# РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАНАРНОЙ АНТЕННЫ С ШИРОКОУГОЛЬНЫМ МЕХАНИЧЕСКИМ СКАНИРОВАНИЕМ

Пастернак Ю. Г., Пендюрин В. А., Проскурин Д. К., Смольянов Н. Б. **Воронеж**

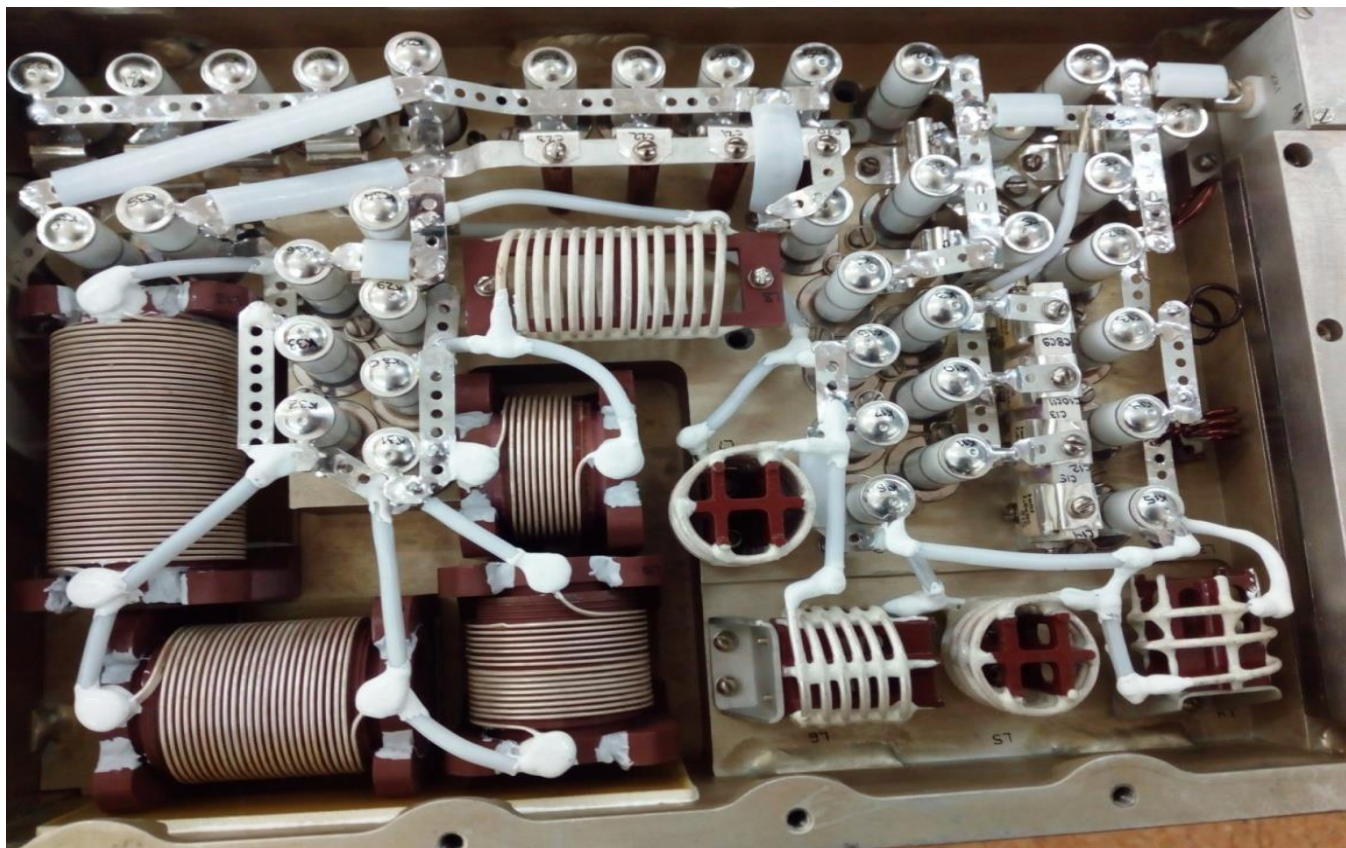
## Конструкция планарной антенны



Механическое управление лучем

# ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ БЛОКОВ АНТЕННЫХ СОГЛАСУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДКМВ ДИАПАЗОНА

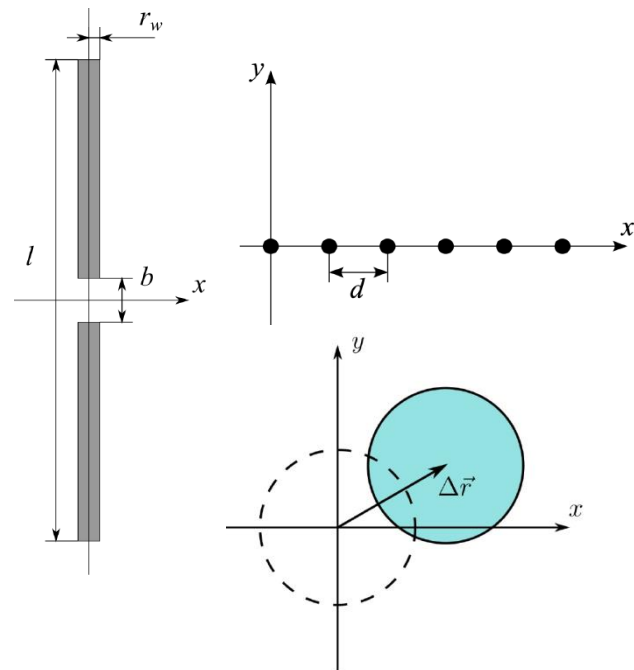
- Варэс Д.Х. Хлопушин И.Ю. к.т.н., АО «НПП «Полет», **Нижний Новгород**



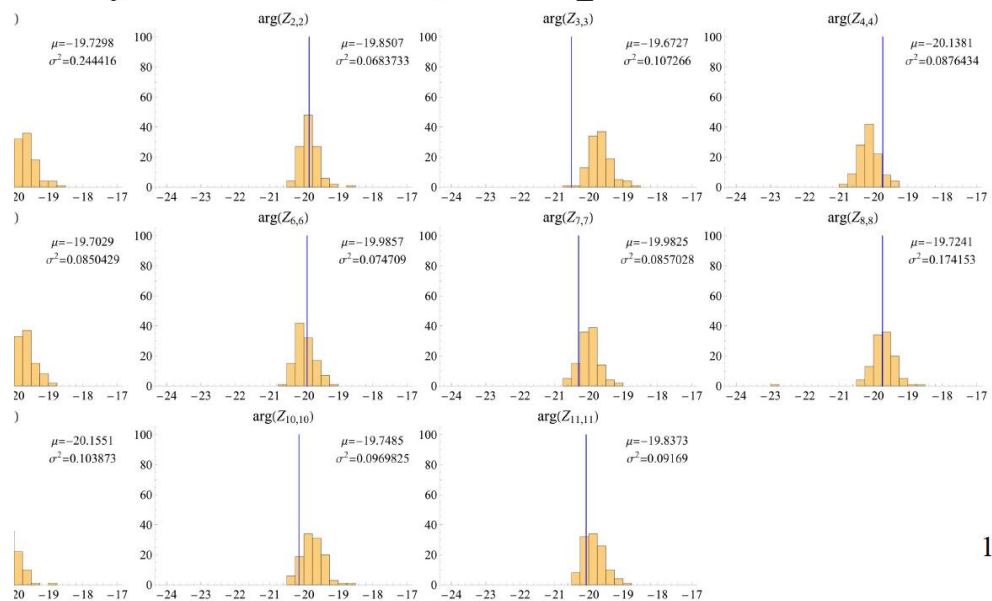
# Вариации направленных и корреляционных свойств линейной антенной решётки, вызванные случайным смещением элементов

Б. Э. Назаренко, Т. К. Артёмова

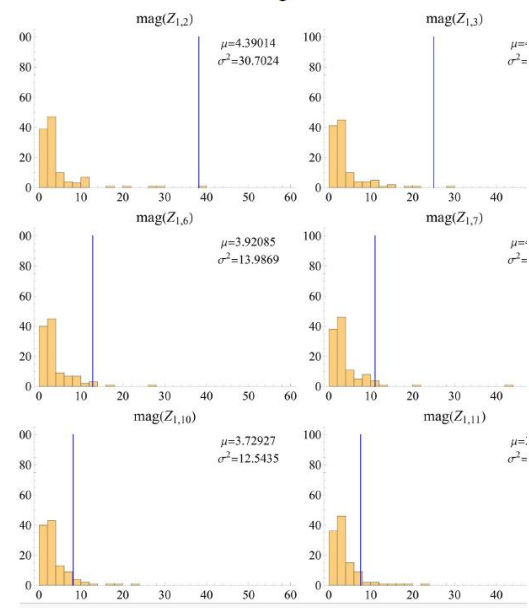
Ярославский государственный университет (ЯрГУ),  
Ярославль, Россия



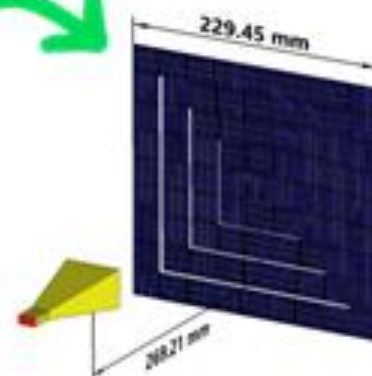
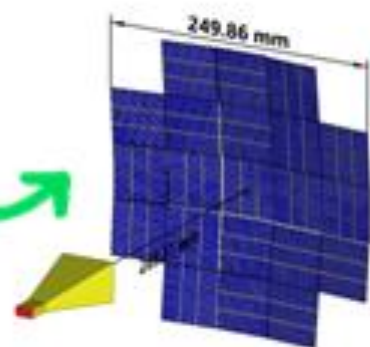
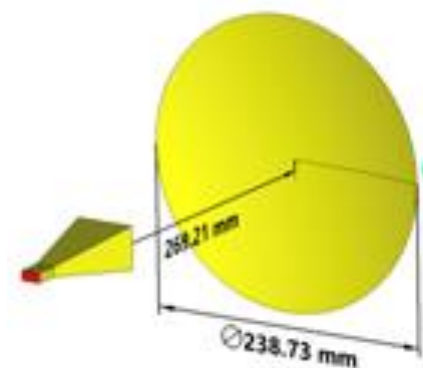
## Результаты моделирования



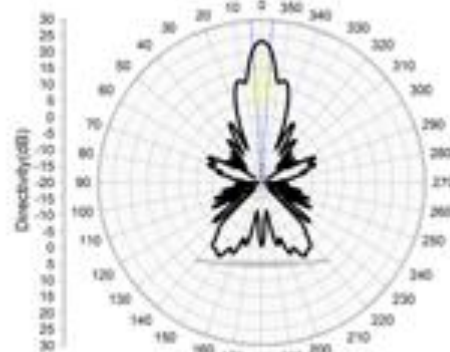
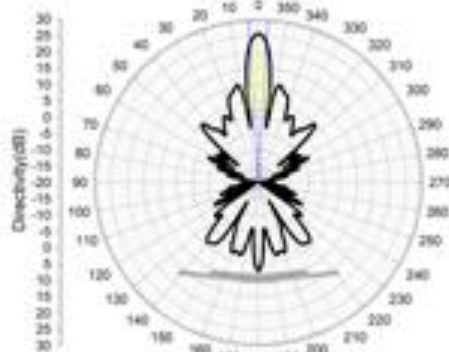
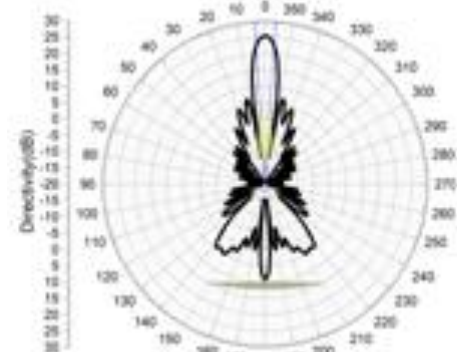
## Результаты



## Аппроксимация параболического рефлектора на основе солнечных панелей



Для приведенной модели антенны диапазон рабочих частот от 10 до 19 ГГц.  
КНД эталонной антенны 25.4 дБ, КПД 95%, УБЛ -16.3 дБ.  
Аппроксимация 1 типа:  
КНД 25.5 дБ, КПД 92%, УБЛ -15 дБ.  
Аппроксимация 2 типа:  
КНД 23.3 дБ, КПД 94%, УБЛ -12 дБ.



Выработка электроэнергии от 10 до 50 Вт в зависимости от класса солнечных панелей.



## Лучевые траектории и решение методом ПУ для ионосферы по модели Эпштейна

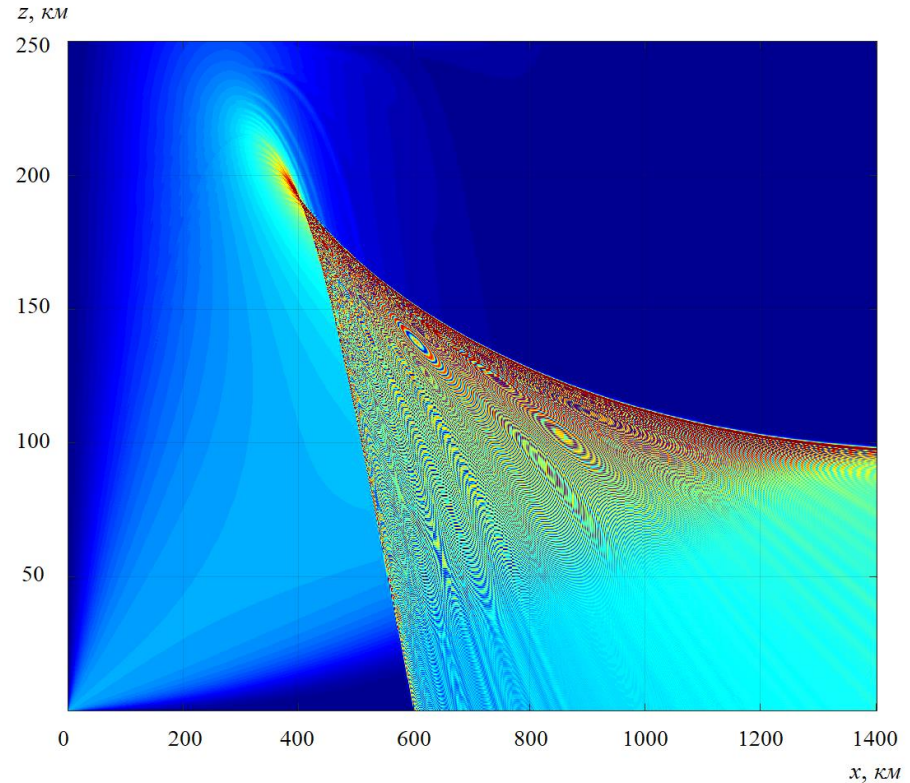
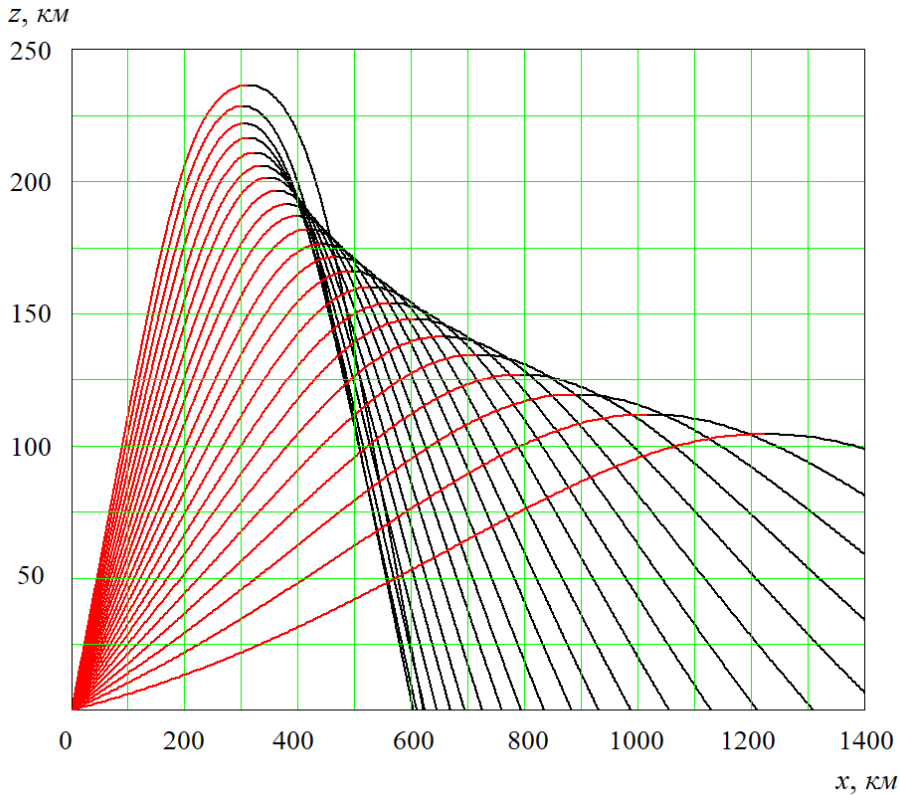
$$N_{Epstein}(z) = \frac{4N_{max}}{\left(1 + e^{\frac{z-z_{max}}{B}}\right)^2} e^{\frac{z-z_{max}}{B}}$$

$$N_{max} = 2,7 \cdot 10^{11} \text{ эл/м}^3$$

$$z_{max} = 250 \text{ км}$$

$$B = 35 \text{ км}$$

$$n(z) = \sqrt{1 - 80,6 \frac{N_{Epstein}(z)}{f^2}}$$





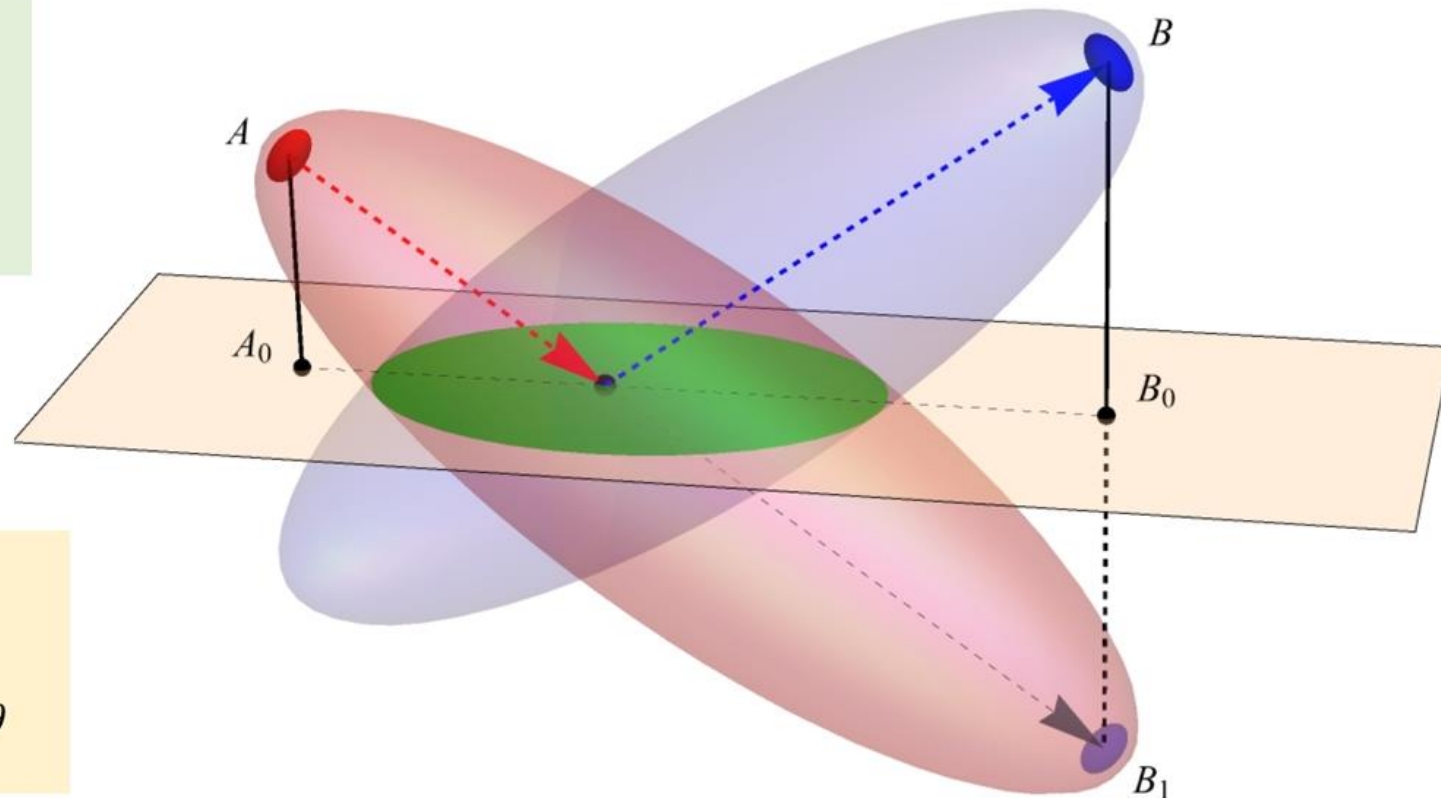
# Отражение радиоволн от плоскости

Высоты антенн:

$$AA_0 = h_A$$

$$BB_0 = h_B$$

$$BB_0 = B_1B_0$$



$$A_0B_0 = r$$

$$AB_1 = \tilde{r}$$

$$\angle AB_1B = \frac{\pi}{2} - \theta$$

## Угломерное определение местоположения объектов:

-состав оборудования:

два синхронизированных пеленгатора;  
центр сбора, обработки информации и  
управления;

- база пеленгования, км:

в летний период – 1000;

в осенне-зимний период – 500;

- удаление объектов от центра базы  
пеленгования, км ..... 200...6500

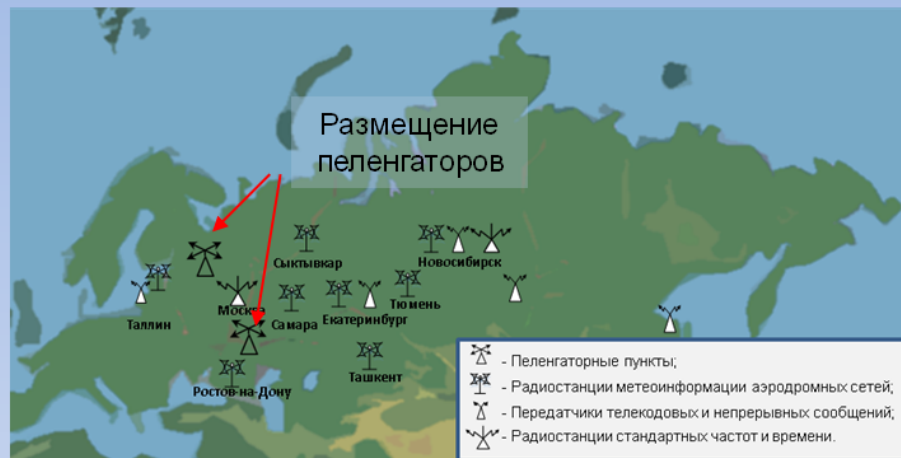
## Угломерно-дальномерное местоопределение объектов:

-состав оборудования (развернутого в  
одном пункте):

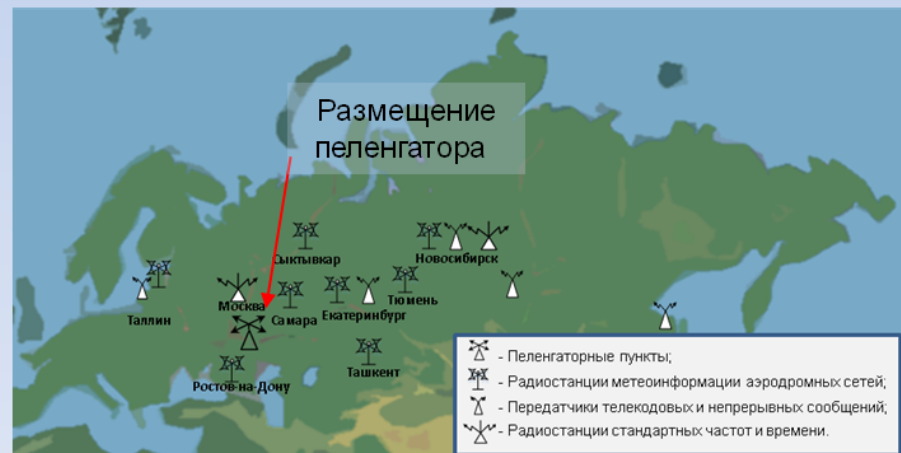
пеленгатор;

станция вертикального зондирования  
ионосферы;

-дальность до источника излучения, км  
..... 450...6600



а) Размещение пеленгаторов и источников радиоизлучения при угломерном способе местоопределения



б) Размещение пеленгаторов и ИРИ при угломерно-дальномерном способе местоопределения



XXX Международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация, связь»

# ДИПЛОМ

награждаются авторы

**Костычев Юрий Александрович,  
Бобров Павел Петрович**

за лучший доклад на секции

**МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СПЕКТРОВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ПРОНИЦАЕМОСТИ ГРУНТА НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ  
КОМПОНЕНТОВ МАТРИЦЫ РАССЕЯНИЯ ОТРЕЗКОВ ЛИНИЙ,  
ЧАСТИЧНО ЗАПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДУЕМЫМ ВЕЩЕСТВОМ**

*Заместитель председателя  
оргкомитета  
профессор-консультант  
физического факультета ВГУ*



*А. М. Бобрешов*

16-18 апреля 2024 г.  
г. Воронеж

БЛАГОДАРЮ

ЗА

ВНИМАНИЕ