

ИЗМЕРЕНИЕ БИСТАТИЧЕСКИХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИНЫ С РАДИОПОГЛОЩАЮЩИМ ПОКРЫТИЕМ

Д. Е. Михель, С. А. Федоров, Н. Л. Меньших

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

Компактный полигон – измерительный комплекс, позволяющий с высокой точностью физически моделировать рассеяние и излучение электромагнитных волн на объектах. Комплекс позволяет решать два типа задач: во-первых, задачи исследования заметности объектов, во-вторых, задачи исследования свойств излучения антенных устройств в дальней зоне. Для измерений антенн с малыми апертурами в ИТПЭ РАН был разработан измерительный комплекс в малой безэховой камере. В систему малого измерительного стенда в отличие от компактного полигона не входит коллиматор, объект напрямую облучается антенной.

Целью работы является модернизация и отладка измерительного стенда для измерения двухпозиционных (бистатических) диаграмм обратного рассеяния малоразмерных объектов. Помимо этого, основная задача исследования – рассмотрение и оценка влияния различных факторов на точность измерения параметров рассеяния, сравнение экспериментальных данных с теоретическими. Работа является исследовательской и методологической; ее результаты будут использованы при разработке новых радиопоглощающих покрытий, конструкций объектов, облучателей и других изделий, создаваемых в институте. Измерительная система стенда состоит из безэховой камеры, покрытой радиопоглощающим материалом «Тростник М». Основной характеристикой камеры является ее коэффициент безэховости. КБЭ равен отношению сигнала, принятого антенной, к излученному сигналу. Чем меньше КБЭ камеры, т. е. чем меньше камера отражает, тем лучше. Коэффициент безэховости находится по формуле:

$$КБЭ = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_{пр}}{P_{изл}} \right) = \Gamma^2 \left(2 \frac{r_{ст}}{r_{обл}} - 1 \right)^{-2} \quad (1)$$

Исследуемая камера имеет небольшие размеры, следует ожидать значение КБЭ на уровне –40 дБ.

Также, измерительная система стенда включает в себя приемную и передающую антенны, которые помещены на каретки с электромеханическим приводом. Компьютер должен управлять движениями антенн, собирать и обрабатывать информацию, которая приходит с векторного анализатора цепей и с датчиков на стенде. С помощью компьютера также можно управлять поворотным столом, на который помещается объект. Схема малого измерительного стенда ИТПЭ РАН изображена на рис. 1. Его фотографию можно увидеть на рис. 2. Стенд можно использовать и для исследований однопозиционных диаграмм обратного рассеяния малоразмерных объектов, диаграмм направленности облучателей.

Оценим максимальный размер объектов, измерения которых можно проводить на данном стенде. Этот размер определяется критерием дальней зоны:

$$R = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2)$$

Расстояние от приемной антенны до установки $R = 3$ м

Для длины волны $\lambda = 3$ см, получим:

$$D = \sqrt{2R\lambda} = \sqrt{2 \cdot 3 \cdot 300} \approx 42,4 \text{ см} \quad (3)$$

Модернизация заключается в увеличении точности и скорости установки углов для центрального поворотного устройства стенда. Данные значений угла поворота центрального поворотного устройства передаются в обрабатывающее устройство (компьютер) в абсолютных значениях.

1. Программа работы:

1.1. Разработка и создание опытного образца конструкции центрального поворотного механизма для измерения бистатических радиотехнических параметров малоразмерных объектов и образцов.

1.2. Изготовление механической части системы контроля центрального поворотного механизма.

1.3. Создание, наладка электронного и программного комплекса (включая алгоритмы обработки результатов) для измерительного стенда.

1.4. Проведение пробных испытаний эталонных образцов на стенде для измерения бистатических радиотехнических параметров.

1.5. Проведение испытаний опытных рабочих образцов ИТПЭ РАН на стенде для измерения бистатических радиотехнических параметров.

2. Технические требования к измерительному стенду:

2.1. Размер рабочей зоны – 150 · 150 мм – на частоте 10 ГГц,

300 · 300 мм – на частоте 3 ГГц.

2.2. Диапазон изменения углов для приемных и передающих облучателей в горизонтальной плоскости – 5...70°.

2.3. Рабочий диапазон частот – 3...12 ГГц.

2.4. Точность позиционирования приемных и передающих облучателей – не хуже 6'.

2.5. Возможность измерение диаграмм направленности и обратного рассеяния в диапазоне углов 0...360°.

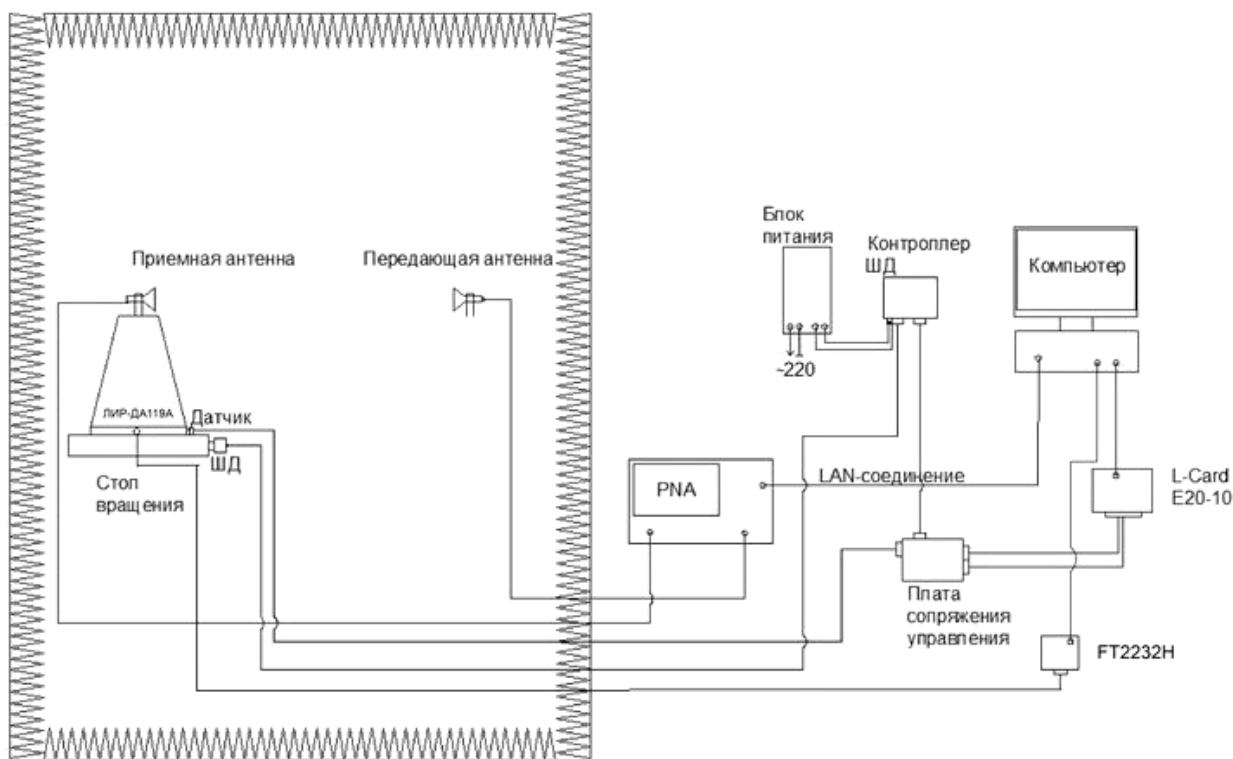


Рис. 1. Схема малого измерительного стенда ИТПЭ РАН

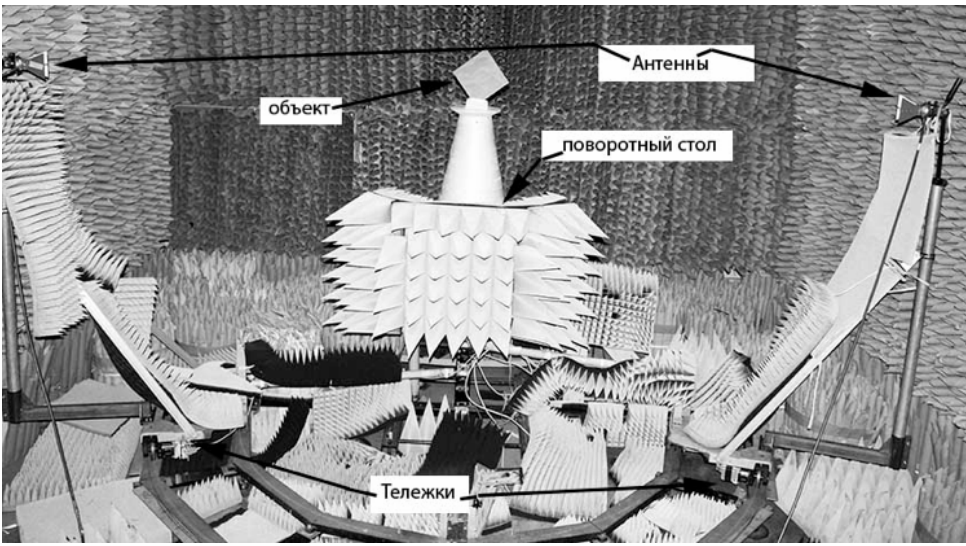


Рис. 2. Фотография малого измерительного стенда ИТПЭ РАН

Во время проведения работ на стенде рассмотрено влияние различных факторов на точность измерения параметров рассеяния, экспериментальные данные сравниваются с теоретическими.

На рис. 3 и рис. 4 показаны результаты измерений – зависимость коэффициента отражения радиопоглощающего магнитного и диэлектрического покрытия от частоты и угла между измерительными антеннами при горизонтальной поляризации.

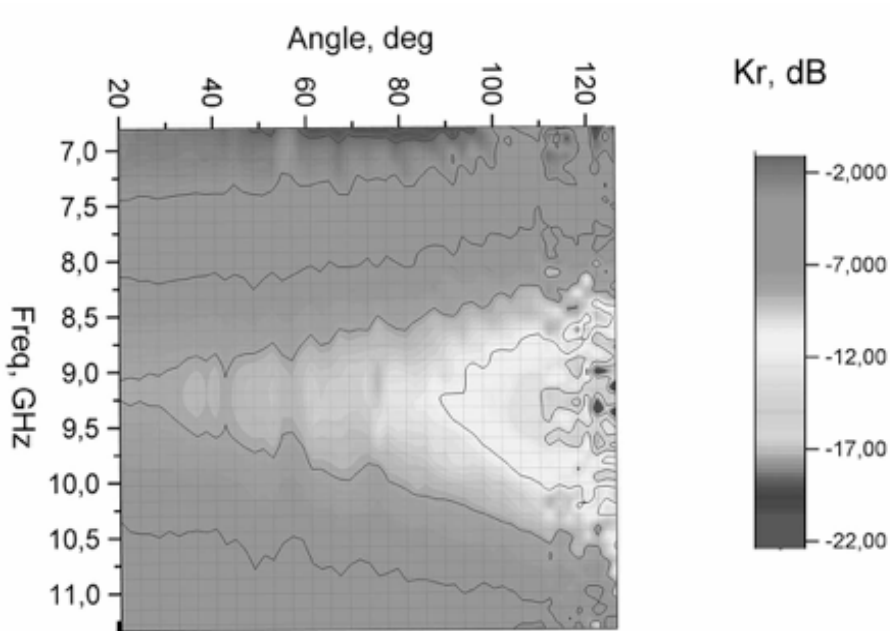


Рис. 3. Зависимость коэффициента отражения для пластинки, покрытой диэлектрическим РПМ, от частоты и угла между антеннами

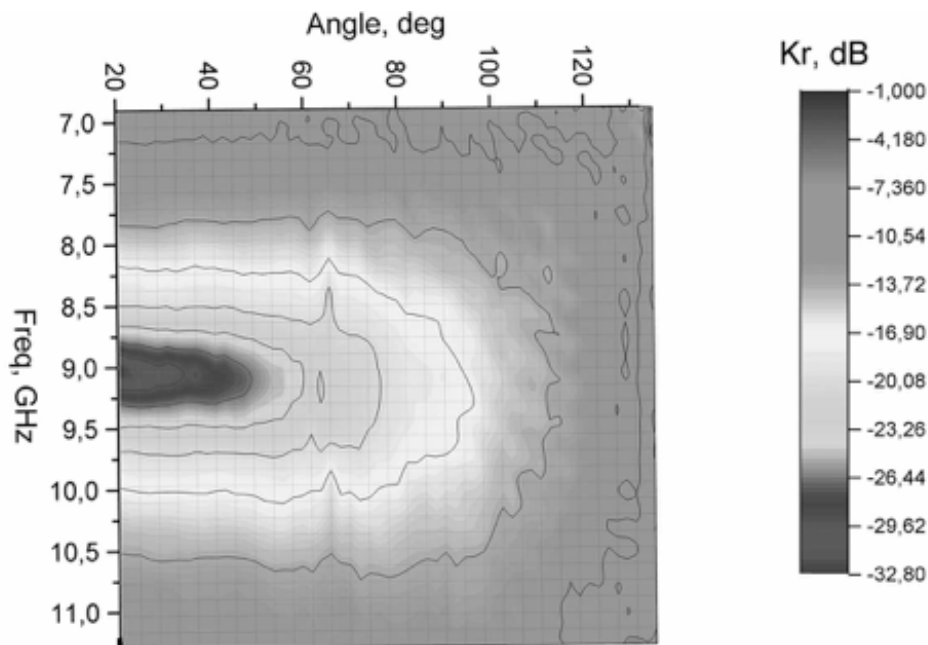


Рис. 4. Зависимость коэффициента отражения для пластинки, покрытой магнитным РПМ, от частоты и угла между антеннами

Результаты измерений эталонных объектов, покрытых различными РПМ, как при горизонтальной, так и при вертикальной поляризации получаются очень близкими к теоретическим расчетам. Это позволяет применять разработанную установку для измерения биотехнических характеристик различных малоразмерных объектов, в том числе реальных частей самолетов.

Предложенный метод измерения выгодно отличается от аналогичных методов ближнего поля, например цилиндрического или сферического сканера. Измерительная установка получилась более компактной, уменьшено время измерения. Помимо измерения малоразмерных объектов на стенде проводилось также измерения характеристик рупорных обладателей коллиматора, антенн, поэтому можно говорить, что установка является универсальной.

Отметим так же, что возможна дальнейшая техническая модернизация установки – как программного обеспечения, так и электронных схем. Количество объектов, свойства которых можно исследовать разработанным методом на стенде малой безэховой камеры ИТПЭ РАН очень велико. Есть возможность как фундаментальных исследований свойств материалов, так и выполнения коммерческих заказов. В дальнейшем планируется реализация этих направлений.

Список литературы

1. Балабуха Н. П., Зубов, А. С., Солосин В. С. Компактные полигоны для измерения характеристик рассеяния. М.: Наука, 2007. С. 266.
2. Балабуха Н. П., Зубов А. С., Меньших Н. Л. и др. Малый измерительный стенд. 14 Ежегодная научная конференция ИТПЭ РАН. Сборник тезисов докладов, М., 2013.
3. Майзельс Е. Н., Торгованов В. А. Измерение характеристик рассеяния радиолокационных целей. М.: Советское радио, 1972.