

ПОГЛОЩАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ БЕЗЭХОВЫХ КАМЕР

*Б. В. Дзюндзюк, Е. А. Литвиненко, В. Ф. Пасечник,
В. Е. Филиппенко, О. А. Демин*

Х а р ь к о в

Для исследования электромагнитных свойств различных тел в лабораторных условиях методом свободного пространства нашли широкое применение безэховые камеры.

Безэховые камеры являются экспериментальными помещениями для изучения явлений рассеяния и дифракции на произвольных телах, исследования электромагнитных свойств материалов, измерения параметров антенн и решения других экспериментальных задач в диапазонах СВЧ.

В таких помещениях стены, пол и потолок покрыты поглощающим материалом, в котором электромагнитные волны должны затухать и иметь минимальные отражения в широком диапазоне частот. Выполнение этих условий возможно при соответствующем поглощающем покрытии.

В данной статье приводятся результаты экспериментальных исследований поглощающих материалов, пригодных для безэховых камер. При изготовлении такого материала важное значение имеют величина зерна графита, его закон распределения и форма передней поверхности материала, которые определяют его отражающие свойства. Поэтому одной из основных задач данной работы является исследование влияния величины частиц графита в аквадаге на его поглощающие свойства.

Исходным материалом при изготовлении аквадага являлся чешуйчатый графит с начальным размером частиц 0,5—2 мм. Для получения различных фракций графита размером от 5 до 240 мк он размельчался в шаровой мельнице в течение 120 часов. Из этих фракций графита было изготовлено шесть типов аквадага, отличающихся величиной зерна (таблица).

Тип аквадага	1	2	3	4	5	6
Величина зерна графита, мк	10	30	60	90	120	240

Приготовленный аквадаг наносился равномерным слоем с помощью пульверизатора на плоские пластины из пенополистирола с $\epsilon \approx 1$ размером (750 × 450) мм², причем на каждую пластину наносилось одинаковое количество аквадага. После просушки эти пластины исследовались на специально сконструированной установке, позволяющей определить характеристики материала в диапазоне частот 10—75 Гц при различных углах падения и различных поляризациях электромагнитной волны. Эталонном служил плоский отполированный металлический лист таких же размеров, как и пластины со слоем аквадага.

Коэффициент отражения для всех образцов оставался практически постоянным:

$$-R = 10 \lg \frac{P_{\text{отр}}}{P},$$

где $P_{\text{отр}}$ — отраженная мощность от эталонного листа;

P — отраженная мощность от листа, покрытого аквадагом.

Чтобы измерить коэффициент прохождения, необходимо было измерить проходящую мощность. Для этого пластина с поглотителем крепилась перпендикулярно к направлению падающей волны, а приемная антенна помещалась на одной оси с передающей и центром исследуемой пластины.

Различие значений падающей мощности от мощности, прошедшей через поглотитель, позволило определить коэффициент прохождения для различных типов аквадага по формуле

$$T = 10 \lg \frac{P_{\text{пр}}}{P},$$

где $P_{пр}$ — прошедшая мощность;
 P — падающая мощность.

Анализируя результаты измерений (рис. 1), можно сделать вывод, что наилучшими характеристиками для данного диапазона частот обладает аквадаг с размером частиц 30—70 мк.

При изготовлении поглощающего материала на основе пенополистирола использован аквадаг с размером частиц графита 30—90 мк.

В исследуемом материале пространственное распределение графита изменяется только в направлении распространения электромагнитных волн и остается однородным в перпендикулярной плоскости. Материал изготавливался с различной геометрией и

различным законом распределения графита в толще образца. Первый тип представляет собой монолитный блок с плоской передней поверхностью. Закон распределения графита в пенополистироле был близким к экспоненциальному. Этот закон, по мнению многих исследователей [1, 2], является наиболее оптимальным.

Второй тип материала представляет собой блок из пенополистирола с теми же габаритами, но с фигурной передней поверхностью в виде вогнутых конусов с углом при вершине 25° и высотой 100 мм. Закон изменения концентрации графита для этого типа материала был выбран линейный.

Таким образом, были изготовлены образцы по специальной технологии, разработанной авторами, которая позволяет

изготавливать данный материал в лабораторных условиях.

Исследование отражательных свойств изготовленного таким образом материала проводилось на той же установке, что и плоские пластины, покрытые аквадагом.

На рис. 2 представлена зависимость коэффициента отражения поглощающего материала с плоской поверхностью в функции

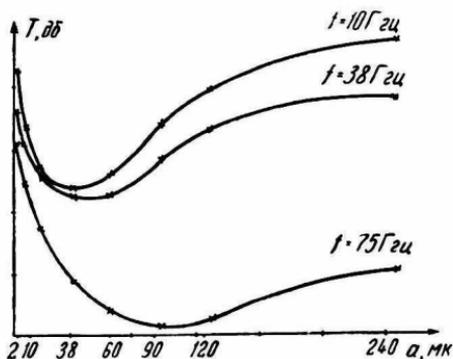


Рис. 1. Зависимость коэффициента прохождения СВЧ-мощности от величины частиц графита.

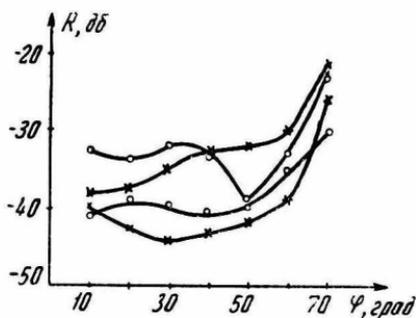


Рис. 2. Зависимость коэффициента отражения от угла падения электромагнитной волны на поглощающий материал:

—○— материал первого типа;
 —×— материал второго типа.

угла падения для различных частот в исследуемом диапазоне. Из рисунка видно, что величина затухания отраженного сигнала на исследуемых частотах превышает — 30 дб. При углах падения больше 65° начинает сказываться влияние направленности передающей антенны. Следует отметить, что с увеличением угла падения величина отражения несколько возрастает.

Результат исследований характеристик поглощающего материала с фигурной передней поверхностью также представлен на рис. 2. Для частоты 10 Гц коэффициент отражения как перпендикулярно, так и параллельно поляризованной электромагнитной волны от этого материала лежит в пределах 28—40 дб, тогда как для частот 38 и 75 Гц коэффициент отражения изменяется от 32 до 45 дб.

Поведение этих кривых, очевидно, вызвано сложным рельефом передней поверхности данного материала. При более глубоком исследовании закономерностей отражение исследуемого материала с аналогичной поверхностью, но с различными ее параметрами, такими, как высота конуса, угол при его вершине и т. д., можно получить поглощающий материал с лучшими характеристиками.

Так, в диапазоне частот 38—75 Гц рельефная геометрия передней плоскости материала позволила уменьшить коэффициент отражения в сравнении с плоским материалом.

Учитывая хорошие характеристики материала с рельефной поверхностью в высокочастотной части исследуемого диапазона, а также малую стоимость его (на изготовление материала этого типа расходуется пенополистирола и графита в 2—3 раза меньше, чем для материала первого типа) и малый вес, можно сделать вывод, что использование такого материала для создания безэховых камер весьма перспективно. Материал с рельефной поверхностью требует дальнейших исследований, которые позволят получить поглощающее покрытие с меньшим коэффициентом отражения в более широком диапазоне частот.

Из изготовленного и исследованного поглощающего материала была создана безэховая камера, предназначенная для решения всевозможных экспериментальных задач, связанных с исследованием электромагнитных и радиолокационных свойств различных объектов. Форма камеры в горизонтальном сечении имеет вид окружности с диаметром 3 м. Стенки камеры выполнены из качественного поглощающего материала. Нижняя и верхняя части камеры изготовлены из облегченного материала с коэффициентом отражения — 25 дб.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований создан поглощающий материал; исследования его показали следующее:

1) материал с плоской передней поверхностью отличается высокой механической прочностью и частотной широкополосностью;

2) материал с рельефной передней поверхностью обладает меньшим коэффициентом отражения в высокочастотной области исследуемого диапазона, но уступает ему в широкополосности;

3) из поглощающего материала была создана безэховая камера, позволявшая получить измерительное пространство с уровнем отраженного сигнала 60—70 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. А. Литвиненко, Б. В. Дзюндзюк, И. И. Халимов. Защита от электромагнитных полей. Киев, Изд. УкрНИИНТИ, 1971.
2. А. А. Семенов. Теория электромагнитных полей. Изд-во МГУ, 1968.