

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПСЕВДОПИРАМИДАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ЭКРАНА ЭМИ

Расширение рабочего диапазона частот экранов ЭМИ достигается как за счет использования специальных материалов, так и путем конструктивных решений.

Эффективность экранирования конструкций экранов и поглотителей ЭМИ увеличивается с повышением частоты, особое внимание уделяется подавлению низких частот, которое обеспечивается за счет увеличения эффективной толщины покрытия и формирования рассеивающих электромагнитных волн геометрических неоднородностей на поверхности поглотителя, обращенной к источнику излучения.

Препятствием для электромагнитных волн служит любая неоднородность электрических параметров среды (абсолютной диэлектрической проницаемости ϵ_a , абсолютной магнитной проницаемости μ_a , проводимости σ). Под действием электрического поля волны на облучаемой поверхности, например проводящей, возникают колебания электрических зарядов. Наведенные при этом токи проводимости являются источником излучения вторичных электромагнитных волн. В диэлектрике таким же источником являются токи смещения.

Характер вторичного излучения зависит от многих факторов, таких, как электрофизические и магнитные свойства, геометрическая форма, соотношение размера объекта и длины облучающей его волны и др.

Количественно отражающая способность (вторичное излучение) объекта характеризуется эффективной площадью рассеяния (ЭПР), представляющую собой некоторую эквивалентную не поглощающую площадь S_0 (м²), которая, будучи помещенной в точку расположения объекта, создает на входе антенны радиолокационной станции мощность отраженного сигнала, равную мощности создаваемой отражением от реального объекта. Численно величина ЭПР объекта равна

$$S_0 = \frac{P_2}{P_1} G_0,$$

где P_2 – мощность, переизлучаемая объектом в окружающее пространство, Вт; P_1 – плотность мощности зондирующего сигнала, создаваемая у объекта, Вт/м²; G_0 – коэффициент направленности объекта, характеризующий степень концентрации рассеиваемой объектом мощности в направлении радиолокационной станции.

Была разработана конструкция на основе слоев диэлектрического порошкообразного композиционного материала в совокупности со слоями радиопрозрачного материала, образуя, таким образом, псевдопирамидальную рассеивающую структуру (рис. 1). Средний размер частиц порошка – около 100 мкм. Концентрация порошкового наполнителя и вяжущего вещества – 1:1. Слои композитного материала толщиной 1,5–2,0 мм расположены на различном расстоянии от металлической основы. Толщина одной подложки составляет 10 мм, общая толщина – 50 мм. Отделяющие подложки изготовлены из вспененного полимерного материала, что обеспечивает легкость конструкции.

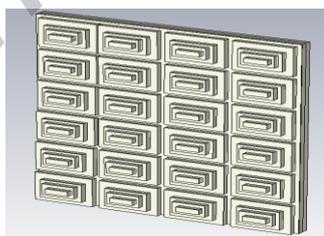


Рис. 1. Конструкция экрана с геометрическими неоднородностями в виде пирамид

В ходе радиолокационных исследований с помощью антенного измерительного вычислительного комплекса была измерена ЭПР металлической пластины размером 50×50 см. Затем пластину покрывали экранирующим материалом с геометрическими неоднородностями и исследовали вторичное излучение полученной конструкции.

Для исследования вторичного излучения элемента конструкции экрана ЭМИ с геометрическими неоднородностями было проведено математическое моделирование с помощью программного обеспечения «CSTMicrowaveStudio 2010». Одной из важных практических задач, решаемых данным пакетом моделирования, является оптимизация эффективной поверхности рассеивания технических объектов.

По результатам радиолокационных измерений была получена частотная зависимость снижения ЭПР металлической пластины (рис. 2), экранированной данной конструкцией в диапазоне частот 1...30 ГГц.

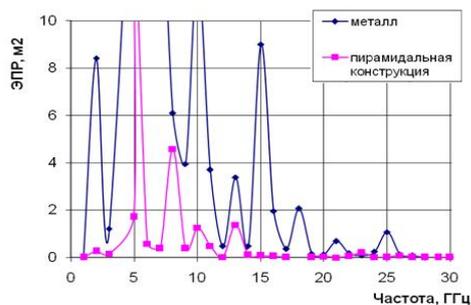


Рис. 2. Снижение ЭПР металлической пластины за счет экранирования псевдопирамидальной конструкцией (по результатам измерений)

В результате проведенных математических расчетов была получена зависимость величины снижения ЭПР металлической пластины, экранированной экраном ЭМИ с геометрическими неоднородностями. График снижения ЭПР представлен на рисунке 3.

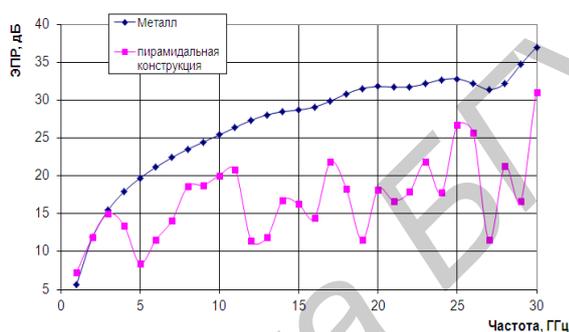


Рис. 3. Снижение ЭПР металлической пластины, экранированной конструкцией с геометрическими неоднородностями (по результатам математических расчетов)

При сравнении ЭПР конструкции с ЭПР металлической пластины наблюдается почти линейная зависимость ЭПР от числа диэлектрических слоев псевдопирамидальной конструкции. ЭПР металлической пластины, покрытой экранирующей конструкцией толщиной 50 мм, уменьшена в среднем на 31 дБ в результате рассеяния и поглощения электромагнитного излучения внутри экранирующей конструкции.

Слои композитного материала содержат связующее вещество и порошковый наполнитель с диэлектрическими потерями в исследуемом частотном диапазоне. Когда электромагнитная волна распространяется через экранирующую конструкцию, электрическое поле взаимодействует с диэлектриком, индуцируя токи смещения. Поскольку толщина слоя композитного материала довольно маленькая, радиоволна затухает незначительно, однако постепенно рассеивается, распространяясь по направлению к металлической пластине и обратно к приемной антенне. Таким образом, мощность отраженного от экранирующей конструкции излучения в точке приемной антенны уменьшается.