

УДК 621.396.677.73

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ПОМЕЩЕНИЙ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ В СРЕДЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ MICROWAVE STUDIO

Ложкин Л.Д., Солдатов А.А., Вороной А.А.

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара,  
e-mail: leon.lozhkin@yandex.ru*

В работе рассматривается моделирование защиты помещений от электромагнитного излучения. Моделирование проводилось в среде Microwave Studio. Рассматривалось прохождение электромагнитного излучения через образцы с различными электрофизическими параметрами. Компьютерные измерения проводились с помощью двух рупорных антенн. Представлены графики зависимости потерь в материале от толщины образца, диэлектрической проницаемости и тангенса диэлектрических потерь. Для проверки адекватности моделирования реальным параметрам было проведено экспериментальное измерение потерь в материале с известными характеристиками. В конце статьи приведены практические рекомендации для выбора подходящего материала.

**Ключевые слова:** электромагнитное излучение, среда проектирования Microwave Studio, рупорная антенна, диэлектрическая проницаемость, тангенс диэлектрических потерь

## MODELING OF PROTECTION OF ROOMS AGAINST ELECTROMAGNETIC LOSSES IN THE ENVIRONMENT OF DESIGN OF MICROWAVE STUDIO

Lozhkin L.D., Soldatov A.A., Black A.A.

*Volga region state university of telecommunications and informatics, Samara,  
e-mail: leon.lozhkin@yandex.ru*

In work modeling of protection of rooms against electromagnetic radiation is considered. Modeling was carried out in the environment of Microwave Studio. Passing of electromagnetic radiation through samples with various electrophysical parameters was considered. Computer measurements were taken by means of two the rupornykh of antennas. Schedules of dependence of losses in material from thickness of a sample, dielectric permeability and a tangent of dielectric losses are submitted. For check of adequacy of modeling to actual parameters experimental measurement of losses in material with the famous characteristics has been taken. At the end of article practical recommendations for the choice of suitable material are provided.

**Keywords:** electromagnetic radiation, environment of design Microwave Studio, ruporny antenna, dielectric permeability, tangent of dielectric losses

Часто возникает необходимость обеспечить помещение от нежелательного электромагнитного излучения. Проводить экспериментальное исследование материала на эффективность защиты занимает много времени довольно дорогостоящее мероприятие.

Поэтому с целью выбора материала для оптимальной защиты от электромагнитного излучения было проведено моде-

лирование ситуации излучения плоскими электромагнитными волнами в наиболее распространенном диапазоне частот от 6 до 13 ГГц в системе Microwave Studio [2].

Система установки измерения потерь без образца представляет собой систему из двух конических рупоров, необходимую для калибровки измерений. Схема установки с образцом приведена на рис. 1.

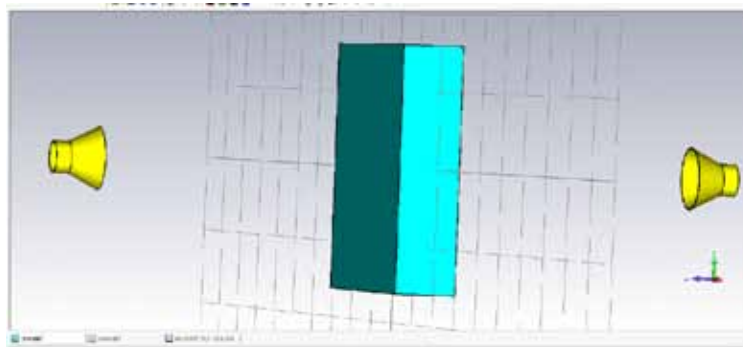


Рис. 1. Установка для измерения потерь с образцом

Плоская электромагнитная волна распространяется между двумя рупорными антеннами [1], и помещая между антеннами образец разной толщины и с разными электрофизическими параметрами, по значению элемента матрицы рассеяния  $S_{21}$ , можно оценить потери в материале.

### 1. Моделирование образцов с разными характеристиками

Образец поглощает и рассеивает электромагнитное поле, тем самым обеспечивая защиту от излучения. Меняя толщину образца, получим зависимость потерь в материале от его толщины. Эта зависимость показана на рис. 2 и при фиксированной диэлектрической прони-

цаемости  $\epsilon$  и тангенсе диэлектрических потерь  $\text{tg}\delta$ .

Как видно из предыдущих рисунков, потери сначала нарастают почти по линейному закону, а затем растут очень медленно. Значит можно выбрать оптимальную толщину (порядка 0,5 м).

Полная зависимость потерь от  $\text{tg}\delta$  показана на рис.3, а потери до  $\text{tg}\delta=0,08$  на рис. 4. Результаты моделирования показывают, что потери в зависимости от  $\text{tg}\delta$  сначала возрастают ( $\text{tg}\delta=0,065$ ), а затем  $\text{tg}\delta$  практически не влияет на величину потерь.

Варьируя толщину материала и тангенс диэлектрических потерь, можно подобрать оптимальный по габаритам и цене материал для защиты помещения от электромагнитного излучения.

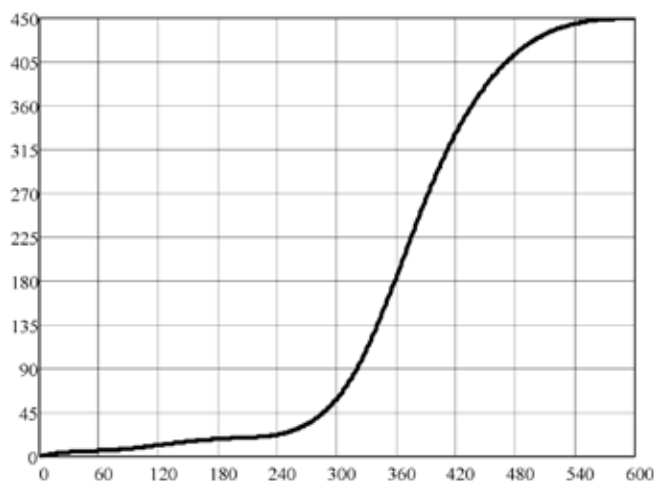


Рис. 2. Зависимость потерь в материале (дБ) от его толщины (мм) при фиксированной диэлектрической проницаемости и тангенсе потерь

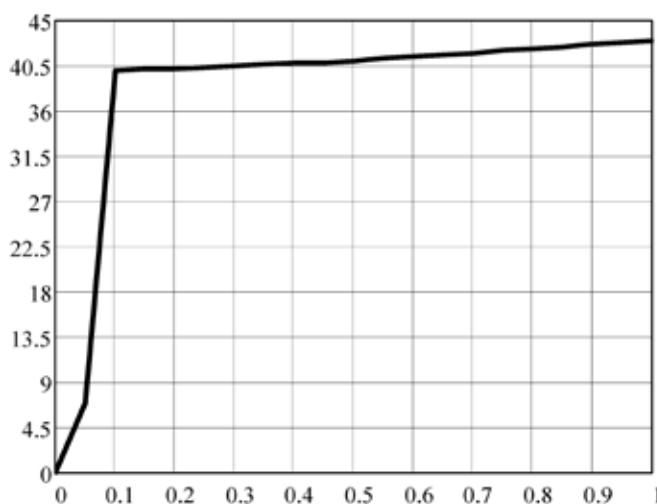


Рис. 3. Зависимость потерь (Дб) от тангенса угла потерь при фиксированной диэлектрической проницаемости и толщине образца (полная картина, по оси абсцисс тангенс потерь)

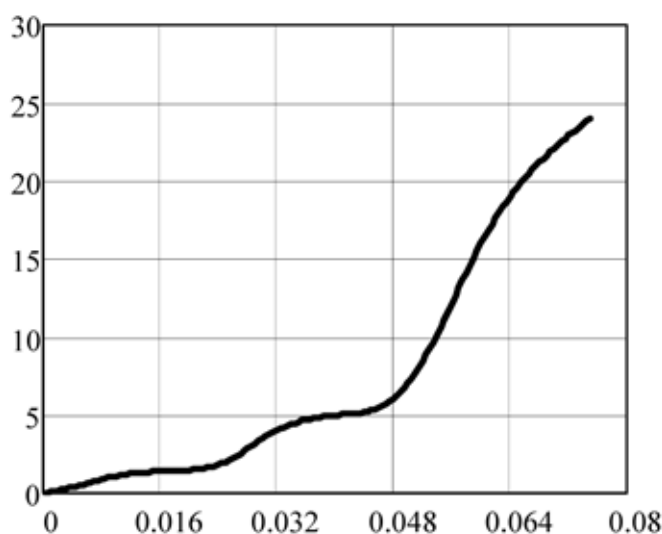


Рис. 4. Зависимость потерь (Дб) от тангенса угла потерь при фиксированной диэлектрической проницаемости и толщине образца (частичная картина)

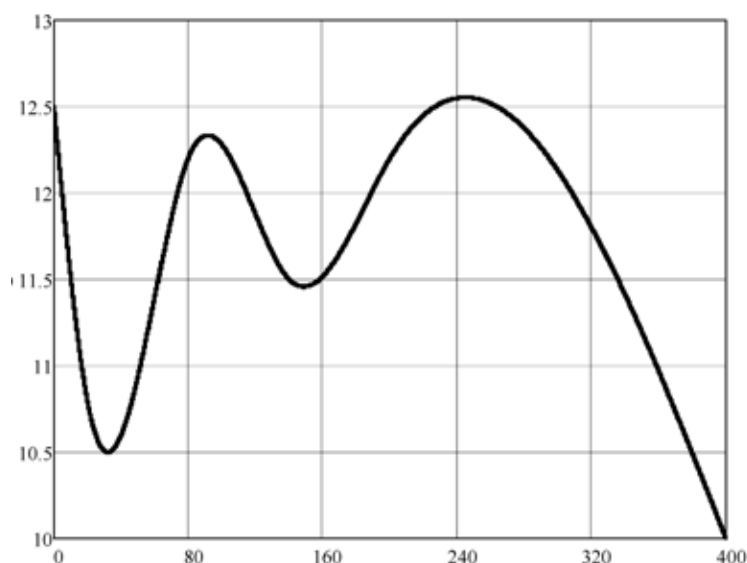


Рис. 5. Зависимость сдвига максимума потерь по частоте (ГГц) от толщины образца (мм) при фиксированной тангенсе угла потерь диэлектрической проницаемости

Как показано на рис. 5 для каждой толщины образца есть свой максимум потерь в зависимости от частоты. Из этого рисунка видно, что зависимость носит волнообразный характер. Характеристика, показанная на рис. 5, позволяет вносить еще одну вариацию для выбора оптимальной защиты

от промышленного и радиотелевизионного электромагнитного облучения.

Была исследована зависимость потерь электромагнитного излучения от диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ . Можно сделать вывод, что потери мало зависят от значения диэлектрической проницаемости. Однако

следует заметить, что потери все же немного возрастают с увеличением  $\varepsilon$ .

## 2. Экспериментальное измерение потерь в образце

С целью подтверждения адекватности результатов моделирования были проведены экспериментальные измерения потерь в известном образце. Измерения проводились амплитудно-фазовым методом, диэлектрическая проницаемость и тангенс диэлектрических потерь образца были известны.

Потери при известном отношении падающей  $P_{\text{пад}}$  и прошедшей волны  $P_{\text{пр}}$  находится по формуле

$$S_{21} = 10 \lg \frac{P_{\text{пад}}}{P_{\text{пр}}} = 10 \lg \left( \frac{2\pi d \operatorname{tg} \delta \sqrt{\varepsilon}}{\lambda} \right).$$

На рис. 6 приведены кривые зависимости потерь смоделированных – сплошная линия и экспериментальных – штриховая линия.

ных потерь значительно возрастает при толщине стенок более 30 см. С хорошим эффектом можно использовать мраморную крошку или обыкновенный строительный кирпич.

Хорошо защищает от электромагнитного излучения прокладки из гетинакса и, особенно, текстолита. Значительно менее эффективны керамика и полистирол. Не очень эффективно обеспечивает защиту от электромагнитного излучения стекло. В два раза более хорошую защиту обеспечивает дерево. Особенно хороши, в этом смысле, бук и пихтовые деревья.

Полученные выше результаты можно аппроксимировать и на более высокие частоты.

Таким образом, опираясь на настоящую работу, можно для различного диапазона и требований к уровню защиты от электромагнитного излучения выбрать оптимальный по цене и габаритам материал.

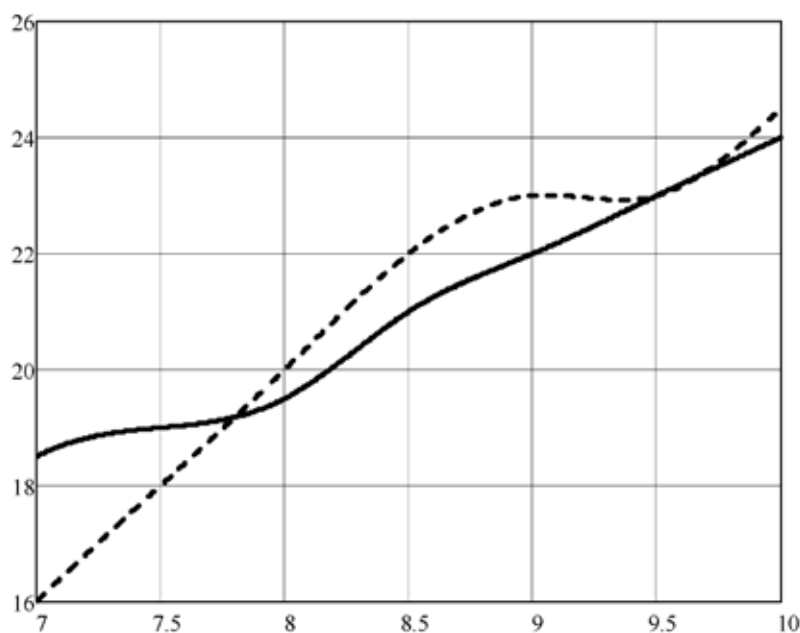


Рис. 6. Зависимость потерь (в Дб) по оси ординат от частоты (ГГц) по оси абсцисс: смоделированная кривая – сплошная линия; экспериментальная кривая – штриховая линия

Как видно из графиков смоделированные и измеренные кривые близко расположены друг к другу. Это подтверждает адекватность моделирования потерь и практических измерений.

### Выводы

Можно заметить, что при толщине любого материала защита от электромагнит-

### Список литературы

1. Солдатов А.А. Рупорная коническая антенна с подмагниченным гиромангнитным резонатором // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – Т.4, №9. – 2006. – С. 70–72.
2. Курушин А.А., Пластикова А.Н. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio. – М.: Московский энергетический институт, 2010. – 157 с.