

Расчет затухания радиоволн при прохождении через различные материалы

А. В. Костюк

Воронежский
государственный технический
университет

artem16102001@yandex.ru

Д. А. Моисеев

Воронежский
государственный технический
университет

dimonmoiseev48@mail.ru

В. В. Ковалевская

Воронежский
государственный технический
университет

lera.kovalevsraya.2002@mail.ru

УДК 535.42

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию явления интерференции радиоволн, которое возникает при их взаимодействии с различными материалами. Основное внимание уделяется методам расчета множителей ослабления сигналов в различных условиях. Практическая часть включает моделирование затухания радиоволн через различные материалы с использованием программного обеспечения. Работа направлена на формирование рекомендаций для проектирования эффективных радиосетей.

Ключевые слова: интерференция, диапазоны частот, атмосфера, системы радиосвязи

I. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире радиосвязь играет ключевую роль в обеспечении коммуникации, передачи данных и взаимодействия между различными устройствами. С каждым годом увеличивается потребность в высокоскоростных и надежных радиосетях, что ставит перед учеными и инженерами новые задачи, связанные с исследованием и оптимизацией распространения радиоволн. Одним из важных аспектов, влияющих на качество радиосигнала, является явление интерференции, которое возникает при взаимодействии радиоволн с различными материалами.

В условиях постоянного роста числа пользователей и устройств, использующих радиосети, важно не только понимать, как различные материалы влияют на распространение радиоволн, но и уметь применять эти знания для проектирования эффективных радиосетей.

Важным аспектом работы станет расчет множителей ослабления сигналов, который позволит оценить, насколько сильно радиоволны теряют свою мощность при прохождении через различные материалы. Эти данные будут использованы для формирования практических рекомендаций по проектированию эффективных радиосетей, что является одной из основных задач данной статьи.

II. РАСЧЕТ МНОЖИТЕЛЕЙ ОСЛАБЛЕНИЯ СИГНАЛОВ

Проведем математические расчеты коэффициентов ослабления радиосигнала частотой 4 ГГц, при попадании на различные материалы, такие как стекло, оргстекло и стекловолокно, фанера, ДСП и хвойная доска, а также ковровый, гипсовая плита и влажный красный кирпич. Для количественного расчета ослабления сигнала при падении на каждый из этих материалов будем использовать формулу, полученную в [1] и [2]:

$$L'_D = \frac{\lambda^4 \cos^2 \varphi \cos^3 \left(\arcsin \frac{\sin \varphi}{\sqrt{\varepsilon_2}} \right)}{8\pi^4 R_1^2 R_2^2 [\cos \varphi + \sqrt{\varepsilon_2 - \sin^2 \varphi}]^2 \left[\cos \left(\arcsin \frac{\sin \varphi}{\sqrt{\varepsilon_2}} \right) + \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_2}} \cos \varphi \right]^2 h 10^{8.69 \frac{\pi \sqrt{\varepsilon_2}}{\lambda} \text{tg } \delta}} \quad (1)$$

Необходимые данные для расчета, такие как диэлектрическая проницаемость, магнитная проницаемость, возьмем из открытых источников. Значения толщины препятствия из исследуемого материала, расстояния от приемной и передающей антенн до стены будут взяты из [2]. Тангенс угла потерь сигнала при прохождении через материал положим равным рассчитанному в [3].

Для наглядности проведенных расчетов, будем рассчитывать значения коэффициентов ослабления для различных углов падения волны на определенных материалах. В расчетах значение угла падения применено в радианах, однако для наглядности приведем полученные значения в градусах, в табл. 1.

ТАБЛИЦА I. ПОЛУЧЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА ПАДЕНИЯ ВОЛНЫ

Материал	L(0), дБ	L(15), дБ	L(30), дБ	L(45), дБ	L(60), дБ	L(75), дБ	L(90), дБ
Гипсовая плита	170.729	170.744	170.787	170.867	170.995	171.203	201.388
Стекло	33.283	33.296	33.341	33.431	33.611	34.026	65.093
Оргстекло	9.445	9.455	9.488	9.554	9.684	10.014	40.952
Стекловолокно	14.491	14.506	14.553	14.638	14.780	15.030	44.868
Фанера	81.896	81.906	81.938	82.001	82.125	82.441	113.354
Хвойная доска	126.182	126.192	126.225	126.288	126.415	126.737	157.661
Красный кирпич (влажный)	112.987	113	113.043	113.131	113.307	113.716	144.774
ДСП	75.044	75.054	75.087	75.152	75.281	75.609	106.544
Ковер	9.451	9.463	9.499	9.564	9.666	9.875	40.482

По полученным результатам можно сделать вывод, что ковер и оргстекло дают наименьшее ослабление практически при всех углах падения волны. Напротив, гипсовая плита, красный кирпич и хвойная доска дают наибольшее ослабление во всех случаях.

Представим полученные данные в виде графика зависимости коэффициента ослабления от угла падения волны (в радианах) и представим на рис. 1.

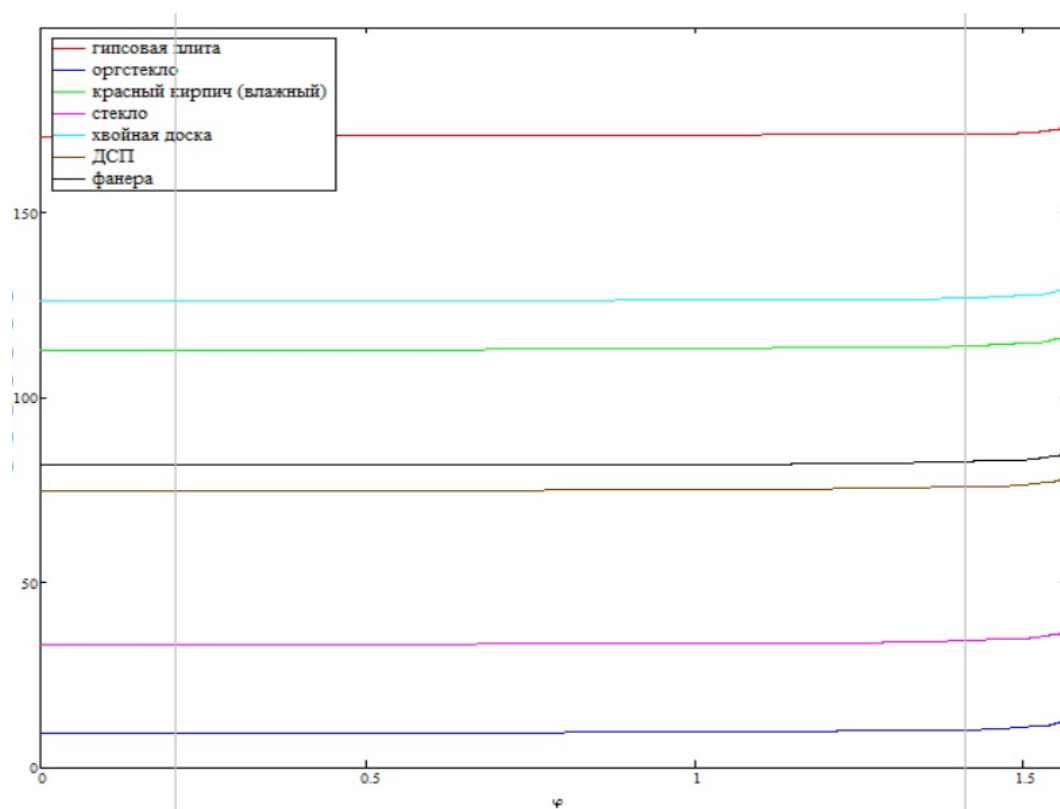


Рис. 1. Зависимость коэффициента ослабления сигнала от угла падения

III. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Данные исследования в области интерференции радиоволн открывают новые горизонты для дальнейшего развития технологий радиосвязи, особенно в условиях изменяющейся городской застройки и сложных атмосферных явлениях. Актуальное изучение распространения радиоволн, включая применение современных математических и физических моделей, становится ключевым моментом в практике проектирования эффективных радиосетей.

Полученные данные будут использованы для уточнения эвристических моделей и формул затухания сигнала на радиотрассе.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение данного исследования можно подвести итоги проведенного исследования, которое охватывает широкий спектр вопросов, связанных с интерференцией радиоволн при их взаимодействии с различными материалами.

Расчет множителей ослабления сигналов, проведенный в рамках работы, стал важным инструментом для оценки потерь, которые могут возникнуть в процессе передачи данных. Эти расчеты позволяют не только предсказать уровень сигнала на выходе, но и разработать стратегии по его усилению, что является критически важным для обеспечения надежной связи в условиях, когда радиоволны сталкиваются с различными препятствиями.

Таким образом, проведенное исследование предоставило практические рекомендации, которые могут быть использованы для проектирования более эффективных радиосетей. Важно продолжать работу в этом направлении, чтобы обеспечить надежную и качественную связь в условиях постоянно меняющегося технологического ландшафта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Теодорович Н.Н. Расчет передачи сигналов радиоволн для автоматизированных систем через материалы различной химической природы // Башкирский химический журнал. 2009. Том 16. №4.
- [2] Костюк А.В., Моисеев Д.А., Ковалевская В.В. Оценка затухания радиосигнала при дифракции в помещении // Вестник ВГТУ. 2025. №1.
- [3] Якимов А.Н., Андреев П.Г., Князева В.В. Моделирование распространения электромагнитных волн в помещении с учетом влияния местных предметов // «Журнал Радиоэлектроники». 2015. №2.