УДК 504.75

К ВОПРОСУ ОБ ОСЛАБЛЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ЗДАНИЙ

TO THE QUESTION OF THE WEAKENING OF ELECTROMAGNETIC WAVES ENCLOSING STRUCTURES OF BUILDINGS

В.Н. КУПРИЯНОВ, Р.И. ШАФИГУЛЛИН
V.N. KUPRIYANOV, R.I. SHAFIGULLIN

(Казанский государственный архитектурно-строительный университет)
(Kazan State University of Architecture and Engineering)
E-mail: kuprivan@kgasu.ru; mailram@yandex.ru

Рассмотрены характеристики ослабления электромагнитных волн радиочастотного диапазона от внешних источников связи (сотовой связи, телевидения, радиосвязи) ограждающими конструкциями здания. Приводятся результаты экспериментальных исследований "глухих" (из каменных материалов) и светопрочных (стекла и стеклопакетов) ограждающих конструкций. Выявлены зависимости степени ослабления электромагнитных волн от параметров и состояния ограждающих конструкций.

Characteristics of weakening of electromagnetic waves of the radio-frequency range from external sources of communication (cellular communication, television, a radio communication) are considered by the guarding constructions of the building. Results of the pilot studies of "deafs" (from stone materials) and light resistant (glass and double-glazed windows) the guarding constructions are given. Dependences of a level of weakening of electromagnetic waves on parameters and a status of the guarding constructions are revealed.

Ключевые слова: электромагнитные волны, ограждающие конструкции, измерение, ослабление электромагнитных волн.

Keywords: electromagnetic waves, walling, measurement, attenuation of electromagnetic waves.

В настоящее время получили широкое развитие электронные системы мобильной связи и телекоммуникаций, включая сотовую связь, мобильный интернет, спутниковую связь, телевидение, радиовещание и др. В связи с этим обеспечение электромагнитной безопасности для жителей современных городов становится наиболее актуальным. Медицинские исследования свидетельствуют о негативном воздействии электромагнитного излучения на организм человека [1], [2]. Для обеспечения экологически безопасных условий в помещениях жилых зданий, находящихся под воздействием внешних источников электромагнитного излучения, необходимо иметь характеристики поглощения электромагнитных волн различными системами ограждающих конструкций.

В работе исследованы каменные и светопрозрачные ограждающие конструкции. Экспериментальные работы выполнялись в радиочастотном диапазоне электромагнитных волн от 1…8 ГГц. Данный диапазон частот наиболее распространен в городской среде. Примером этих частот являются следующие типы сетей сотовой связи: DCS1800 (1,8ГГц), GSM1900 (1,9 ГГц), UMTS (2,1 ГГц), Wi-Max (2,5 ГГц), Wi-fi (2,45 и 5 ГГц) и др.

Для оценки уровня защитных свойств ограждающих конструкций используется специальный показатель, называемый "коэффициент ослабления К", который представляет логарифмическую относительную величину, измеряемую в децибелах (дБ = 0,1Б). Знак минус перед коэффициентом означает уменьшение мощности сигнала, прошедшего через ограждение [3]:

$$K = 10\lg\left(\frac{A_0}{A_к}\right) = 10\log_{10}\left(\frac{A_0}{A_к}\right) \text{ дБ.} \quad (1)$$

Здесь A_o – уровень сигнала падающей ЭМ волны; $A_к$ – уровень сигнала ЭМ волны после прохождения препятствия.

Для экспериментов использовали векторный анализатор спектра электромагнитных частот различных диапазонов FSH8 фирмы ROHDE & SCHWARZ. Векторный анализатор спектра снабжен антенным излучателем электромагнитных волн и приемной антенной. Прибор FSH8 обеспечивает генерацию и анализ электромагнитных волн в широком диапазоне частот. Схема экспериментальной установки с расположением антенн на расстоянии (а) и с расположением вплотную к испытуемому образцу (б) (1 – антенна-генератор; 2 – антенна-приемник; 3 – анализатор волн FSH8; 4 – коаксиальные кабели; 5 – компьютер; 6 – исследуемый образец; 7 – стенд) представлена на рис. 1.

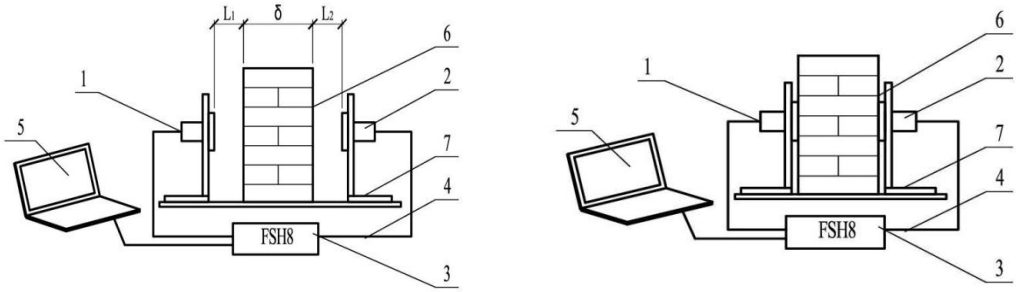
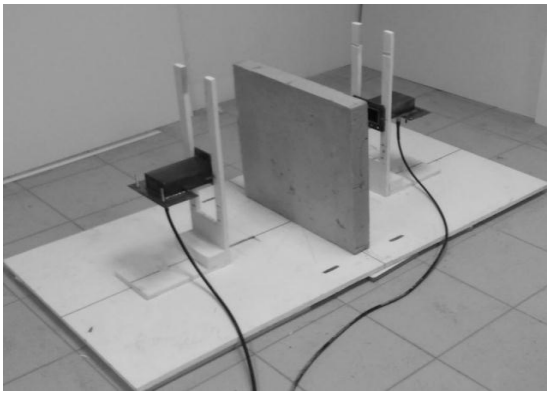
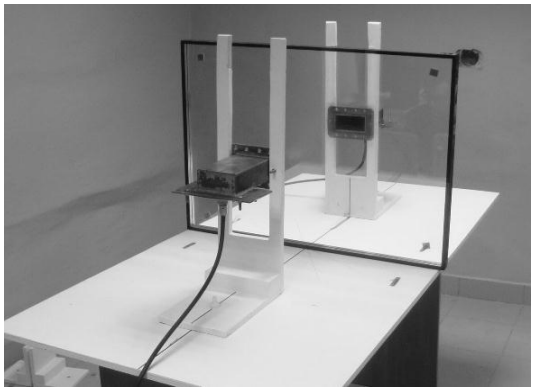


Рис. 1

Эксперимент заключается в воздействии электромагнитной волны, исходящей из антенны-генератора 1 на испытуемый образец 6 и регистрация прошедшего через образец сигнала антенной-приемником 2. На рис. 2 показано фото экспериментальной установки с образцом из бетона (а) и стеклопакетом (б).



а)



б)

Рис. 2

Результаты измерения фиксируются на экране компьютера в виде зависимости коэффициента ослабления К от частоты в заданном диапазоне частот (рис. 3).

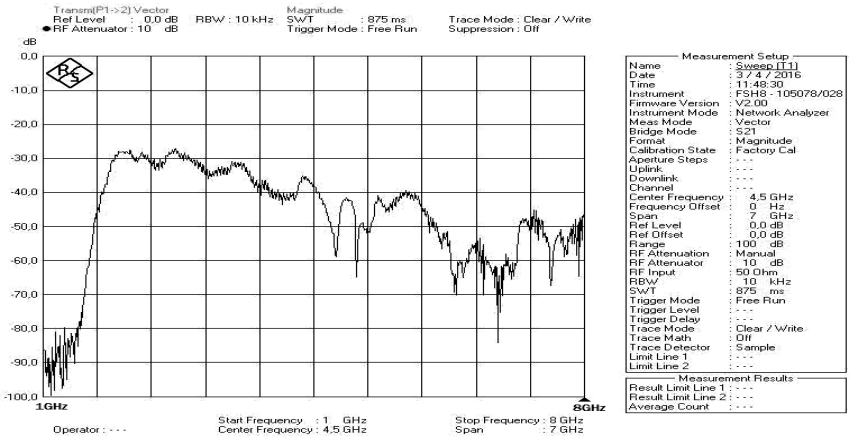


Рис. 3

Были испытаны наиболее распространенные стеновые материалы: газобетонные блоки, деревянные бруски (сосна), керамический полнотелый кирпич (кладка на цементно-песчаном растворе) и монолитный железобетон с арматурной сеткой 12 мм класса А400. Для проведения экспериментов размеры образцов приняты 500×500 мм.

В процессе экспериментов изучали зависимость коэффициента ослабления К от условий прохождения электромагнитной волны через образец материала (испытательные схемы по рис. 1-а и 1-б). При испытании по схеме рис. 1-б ослабление электромагнитной волны происходит только за счет ее прохождения через испытываемый образец. При испытании по схеме рис. 1-а электромагнитная волна теряет свою энергию и за счет прохождения двух воздушных "прослоек" L_1 и L_2.

Другой задачей эксперимента было установление зависимости коэффициента ослабления К от вида стенового материала и от толщины образцов для одного и того же материала. Из данных рис. 4 (сравнительные результаты коэффициентов ослабления, определенных при испытаниях, для основных стеновых материалов (при толщине 100 и 120 мм)) следует, что при равных толщинах образцов наибольший защитный эффект (наибольшая величина К) имеют образцы из железобетона и кирпичной кладки. С увеличением толщины образца их защитные свойства возрастают линейно (рис. 5 – коэффициенты ослабления электромагнитных волн в зависимости от толщины образцов).

Рис. 4

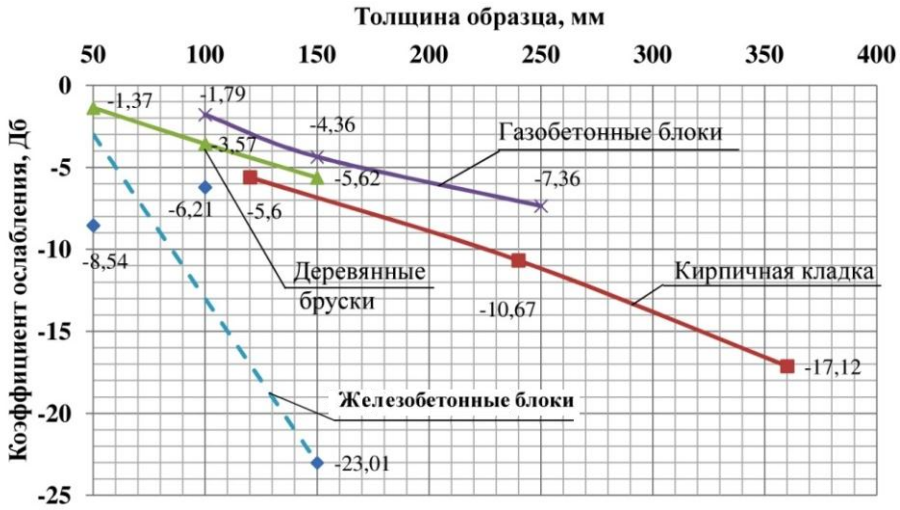


Рис.5

Образцы из железобетона, газобетона и кирпичной кладки готовили непосредственно в лаборатории, следовательно, в начальном возрасте образцы имели большое количество воды затворения. С увеличением возраста образцов их влажность снижалась, что отражалось на результатах измерений коэффициента ослабления. В связи с этим был поставлен специальный эксперимент по измерению защитных свойств материалов при изменении влажности образцов. На рис. 6 представлены результаты измерений коэффициента ослабления К в зависимости от возраста образцов после изготовления.

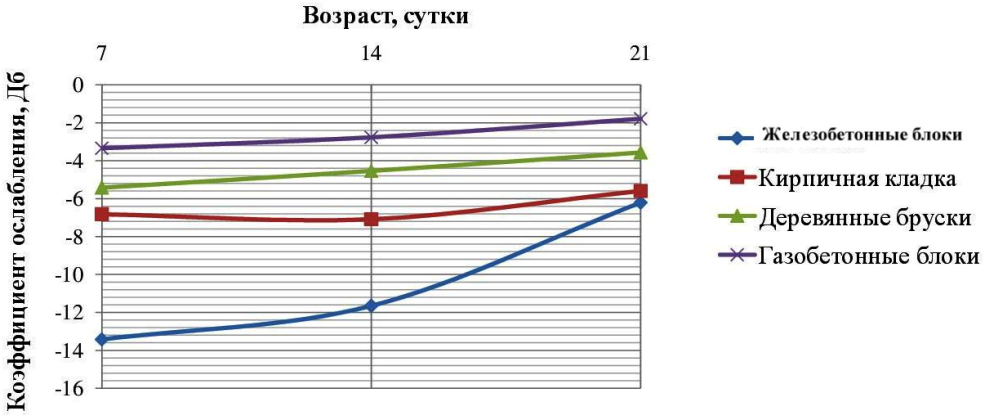


Рис.6

Анализ данных рис. 6 свидетельствует о том, что защитные свойства ограждающих конструкций возрастают с увеличением их влажности, следовательно, влажностное состояние ограждающих конструкций в эксплуатации требует учета.

Значительную часть площади фасадов зданий составляют светопрозрачные конструкции окон и витражей. В связи с этим не менее важной задачей является оценка защитных свойств светопрозрачных конструкций. Современные светопрозрачные конструкции представляют собой как отдельные стекла, так и стеклопакеты с различным количеством камер. В целях повышения теплозащитных характеристик светопрозрачных конструкций используют стекла с различными покрытиями и различного состава, различные конструкции стеклопакетов. До настоящего времени защитные свойства светопрозрачных конструкций остаются неизученными. В табл. 1 представлены коэффициенты ослабления К (по схеме испытания на рис. 1-б) нескольких стеклопакетов и отдельных стекол.

Таблица 1

№ п/п	Марка стеклопакета	Коэффициент ослабления, дБ
1	Однокамерный стеклопакет толщиной 32 мм 8SrVision60T / 18ChrUl 704 / 6M1T (мультифункциональное стекло Stopray Vision-60T толщиной 8мм / алюминиево-пластиковая рамка Chromotek Ultra толщиной 18 мм / закаленное стекло толщиной 6 мм)	-25,37
2	Однокамерный стеклопакет толщиной 32 мм 8MatClearT / 18Chrul 704 / 6M1Em (матовое стекло химического травления M1 Matelux толщиной 8 мм/ алюминиево-пластиковая рамка Chromotek Ultra толщиной 18 мм / обычное стекло толщиной 6 мм, покрытое эмалитом)	-2,39
3	Одинарное стекло толщиной 6 мм 6M1Em (обычное стекло, покрытое эмалитом)	-2,34
4	Одинарное стекло толщиной 4 мм 4M1 (обычное стекло)	-1,46

Из табл. 1 можно сделать вывод, что одинаковые по конструкции стеклопакеты, но с разными типами стекол, могут иметь коэффициенты ослабления электромагнитного излучения, различающиеся до 10 раз.

Оценка защитных свойств светопрозрачных ограждающих конструкций требует самостоятельного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гульбин В.Н., Михеев В.А., Колпаков Н.С., Александров Ю.К., Поливкин В.В.* Материалы для защиты среды обитания человека от влияния электромагнитных излучений // Технологии ЭМС. – 2013, №2 (45). С.18…25.

2. *Куприянов В.Н., Шафигуллин Р.И.* Экологическая безопасность городской среды при воздействии электромагнитных полей // Известия КГАСУ. – 2015, №1(31). С.171…179.

3. *Куприянов В.Н., Морозов О.Г., Насыбуллин А.Р., Шафигуллин Р.И.* К исследованию ослабления электромагнитных волн ограждающими конструкциями зданий // Поволжский научный журнал. – 2016, №1. С.38…45.

REFERENCES

1. Gul'bin V.N., Miheev V.A., Kolpakov N.S., Aleksandrov Ju.K., Polivkin V.V. Materialy dlja zashhity sredy obitanija cheloveka ot vlijanija jelektromagnitnyh izluchenij // Tehnologii JeMS. – 2013, №2 (45). S.18…25.

2. Kuprijanov V.N., Shafigullin R.I. Jekologicheskaja bezopasnost' gorodskoj sredy pri vozdejstvii jelektromagnitnyh polej // Izvestija KGASU. – 2015, №1(31). S.171…179.

3. Kuprijanov V.N., Morozov O.G., Nasybullin A.R., Shafigullin R.I. K issledovaniju oslablenija jelektromagnitnyh voln ograzhdajushhimi konstrukcijami zdanij // Povolzhskij nauchnyj zhurnal. – 2016, №1. S.38…45.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 15.05.16.