

УДК 621.396

И.Б.Попов (5 курс, каф. РФ), Е.Л.Свечников, в.н.с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНОВ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ (ЛАБОРАТОРНАЯ МЕТОДИКА И ЧАСТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)

ABSTRACT: The method of concrete dielectric qualities measuring at the microwave band was developed. The configuration of measuring cell was designed and same results were obtained.

Знание диэлектрических свойств бетонов и их вариаций необходимо для разработки беспроводных систем связи внутри зданий, методов радиоволновой дефектоскопии железобетонных изделий, решения ряда задач электромагнитной совместимости. Актуальность данной работы определяется явной неполнотой справочных материалов в этой области.

Суть предлагаемой методики заключается в измерении S-параметров четырехполосника (измерительной ячейки), представляющего собой отрезок заполненной исследуемым веществом длинной линии в диапазоне 100 – 2500 МГц и с последующим определением значений  $\varepsilon$  и  $\text{tg } \delta$  путем автоматической минимизации расхождений данных измерений с соответствующими расчетными зависимостями.

Для измерений коэффициентов матрицы рассеяния  $S_{11}$  и  $S_{21}$  и их регистрации используется сопряженный с компьютером анализатор параметров цепей HP8510B.

Конструкция измерительной ячейки (рис. 1) оптимизирована по согласованию с трактом прибора (с учетом диапазона изменений параметров бетона и частоты), обеспечивает достижимость достаточной однородности заполнения и позволяет проводить измерения даже в день заливки.

Для получения расчетных зависимостей разработана математическая модель ячейки в приближении ТЕМ волн, реализованная в среде MathCad. Модель учитывает также наличие разъемов на концах ячейки и не ограничена условием малости значений  $\text{tg } \delta$ .

Обработка результатов измерений заключается в автоматизированном поиске таких значений  $\varepsilon$  и  $\text{tg } \delta$ , при которых экспериментальные данные измерения  $S_{11}$  или  $S_{21}$  совпадают с расчетной кривой наилучшим образом в заданном частотном диапазоне. В качестве критерия совпадения выбран минимум среднеквадратичного отклонения. Установлено, что чувствительность среднеквадратичного отклонения коэффициента  $S_{11}$  к изменению  $\varepsilon$  выше, а к изменению  $\text{tg } \delta$  ниже, чем для коэффициента  $S_{21}$ . Это означает, что наибольшая точность полученных значений  $\varepsilon$  достигается при обработке данных коэффициента  $S_{11}$ , а значений  $\text{tg } \delta$  – при обработке данных коэффициента  $S_{21}$ .

Достоинствами данной процедуры являются быстрота получения результата, наглядность, возможность работать на любом участке диапазона. Существенно, что здесь легко распознаются ситуации, для которых используемая модель не является адекватной (это, как было установлено, может иметь место для ячейки в первые сутки после заливки).

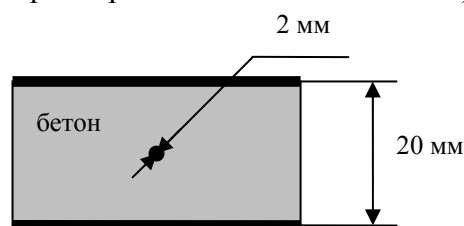


Рис. 1. Поперечное сечение измерительной ячейки.

Таблица 1.

Количество дней после заливки образца	Образец №1		Образец №2	
	$\varepsilon$	$\text{tg } \delta$	$\varepsilon$	$\text{tg } \delta$
3	4.4	0.14	4.5	0.13

6	3.5	0.03	3.6	0.02
9	3.5	0.02	3.4	0.015

В табл. 1. приводятся значения  $\varepsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$ , полученные для обычного бетона (образец №1), и бетона со специальной добавкой, применяемой в монолитном строительстве (образец №2). Процедура поиска проводилась для полного диапазона частот 100-2500 МГц.

Таким образом, разработанная методика (нуждающаяся еще в корректном оценивании присущих ей погрешностей) позволяет проводить измерения диэлектрических свойств различных бетонов, а также исследовать изменение этих свойств в период застывания раствора и/или при вариациях параметров окружающей среды (температуры, влажности).