

УДК 614.84

## ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ОБРАБОТАННОЙ ОГНЕЗАЩИТНЫМИ ПРОПИТКАМИ ДРЕВЕСИНЫ НА ЕЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ

Антошин А.А.<sup>1</sup>, Нератова В.В.<sup>2</sup>, Есипович Д.Л.<sup>2</sup>, Джежора А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси  
Минск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Республика Беларусь

В республике Беларусь имеется большое количество объектов, строительным материалом которых является древесина.

Древесина представляет собой прочный и одновременно легкий материал, обладающий хорошими теплоизоляционными свойствами, способностью без разрушения поглощать энергию при ударных нагрузках, гасить вибрации. Она легко обрабатывается режущими инструментами, склеивается. Древесина имеет прекрасные декоративные свойства; ей присуща уникальная резонансная способность. Эти природные особенности древесины позволяют использовать ее для производства строительных деталей и конструкций.

Однако, изделия из древесины имеют ряд недостатков, которые обусловлены анизотропией свойств, наличием дефектов, способностью усыхать, разбухать, коробиться и растрескиваться, гнить и возгораться [1]. Высокая горючесть древесины это свойство, которое существенно уменьшает область ее использования. Одним из основных мероприятий, направленных на снижение пожарной опасности конструкций и материалов, а также обеспечение пожарной безопасности и огнестойкости зданий и сооружений является огнезащита. Существуют серьезные трудности, которые препятствуют широкому использованию древесины с огнезащитной обработкой, связанные с контролем качества огнезащиты при выполнении строительных работ. Обусловлено это отсутствием методов и средств неразрушающего контроля качества огнезащитной обработки древесины.

Контроль качества огнезащитной обработки в настоящее время осуществляется следующими методами: классификационным и экспресс-метод. Эти методы являются разрушающими. Как показывают литературный и патентный поиски не инвазивные методы контроля для этих целей не использовались. Для диэлектрической спектроскопии обработанной древесины и выявления наличия огнезащитной обработки нами были применены меандровые датчики накладного типа [2]. Согласно формуле Лихтенеккера–Ротера, диэлектрическая проницаемость среды, состоящей из двух компонентов, зависит от их объемного соотношения и описывается формулой

$$\lg \varepsilon_3 = y_1 \lg \varepsilon_1 + y_2 \lg \varepsilon_2,$$

где,  $y_1$  и  $y_2$  – объемные доли первого и второго

компонентов соответственно. Изменение диэлектрической проницаемости материала и, следовательно, изменение содержания огнезащитного связующего может быть измерено как изменение емкости, когда исследуемый материал находится в поле датчика. Размеры электродов датчика были выбраны таким образом, чтобы проникновение электрического поля преобразователя было меньше минимальной толщины контролируемых образцов материала и, следовательно, изменение толщины не сказывалось на результатах измерений.

В представленной работе исследовано влияние огнезащитной обработки различными составами сосны разной структуры. Датчик подключался к измерителю иммитанса Е7-20 с возможностью подключения через интерфейс RS-232C и математической обработки результатов измерений. Это средство измерений имеет широкий диапазон рабочих частот (25 Гц ÷ 1 МГц), класс точности 0,1 и высокую скорость измерений. Проводились многократные измерения емкости датчика для двух огнезащитных составов: КМД-О-2 и ОК-ГФ. Контроль проводился на двух сторонах образцов на частотах от 100 кГц до 1МГц в лаборатории при значениях температуры в помещении от 22,8°С до 25,0°С, давления - от 98,6 кПа до 98,9 кПа и влажности - 42,3% до 46%. В условиях постоянства влажности, температуры и геометрических размеров измеряемой области относительное изменение емкости датчика практически совпадает с относительным изменением диэлектрической проницаемости.

Исследованы 67 образцов размером 150x60x30 мм, изготовленных из сосны, плотностью от 376 кг/м<sup>3</sup> до 620 кг/м<sup>3</sup>. Образцы подвергались обработке двумя огнезащитными составами: КМД-О-2 и ОК-ГФ. Состав КМД-О-2 наносился на образцы с расходом 0,33 л/м<sup>2</sup> в 3 слоя с интервалом в 2 часа. Состав ОК-ГФ также наносился на образцы с расходом 0,34 л/м<sup>2</sup> в 3 слоя с интервалом в 2 часа. Обработка производилась путем нанесения состава кистью на всю поверхность образца. После нанесения образцы подвергались сушке на открытом воздухе при комнатной температуре в течение недели.

Поверхность контроля имела разную ориентацию по отношению к годовым кольцам. Структура древесины каждого образца заметно отличалась друг от друга. На рисунке 1

представлен вид торцов образцов древесины, которые впоследствии подвергались огнезащитной обработке.



Рисунок 1 - Вид торца образцов древесины

Из рисунка 1 видно, что структура образцов №21 №22 существенно отличается от структуры других образцов шириной годовых колец. Тем не менее измерение емкости исходных образцов показало, что структура образца влияла на значение емкости незначительно. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Значение емкости исходных образцов древесины

№ образца	Значение емкости (лицевая сторона бруска), пФ		Значение емкости (изнаночная сторона бруска), пФ	
	900 кГц	1 МГц	900 кГц	1 МГц
6	1,26	1,37	1,33	1,43
10	1,2	1,33	1,25	1,38
21	1,24	1,35	1,28	1,38
22	1,24	1,31	1,24	1,32
31	1,29	1,39	1,23	1,35
34	1,26	1,33	1,27	1,44
47	1,26	1,43	1,45	1,55
48	1,3	1,41	1,36	1,48
60	1,43	1,54	1,27	1,36
67	1,31	1,42	1,38	1,49

Изменение диэлектрической проницаемости образцов ( $\epsilon_{1обр}/\epsilon_1$ ) после их обработки огнезащитным составом КМД-О-2 и ОКГ-Ф представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние огнезащитной обработки древесины на относительное изменение диэлектрической проницаемости материала

Огнезащитный состав	Относительное изменение диэлектрической проницаемости (сторона 1), %	Относительное изменение диэлектрической проницаемости (сторона 2), %
КМД-О-2		
6	100	103
21	104	104
31	100	101
48	104	99
67	106	107
ОКГ-Ф		
10	133	140
22	147	130
34	120	137
47	114	113
60	116	121

Из таблицы 2 видно, что при нанесении на древесину огнезащитного состава КМД-О-2, изменение диэлектрической проницаемости для всех образцов практически одинаково, и не зависят от ширины годовых колец. При нанесении огнезащитного состава ОКГ-Ф, изменения диэлектрической проницаемости составили от 114 до 147%. Самое большое изменение диэлектрической проницаемости наблюдалось у образца с широкими годовыми кольцами №22.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1) структура (ширина годовых колец) не обработанной огнезащитными составами древесины не значительно влияет на диэлектрическую проницаемость;

2) обработка огнезащитными составами КМД-О-2 и ОКГ-Ф привела к различным изменениям диэлектрической проницаемости. Диапазон относительного изменения диэлектрической проницаемости для огнезащитного состава КМД-О-2 находится в пределах от 99% до 107%, а для огнезащитного состава ОКГ-Ф в пределах от 114% до 147%.

3) При обработке древесины огнезащитным составом ОКГ-Ф на изменения диэлектрической проницаемости существенным образом повлияла структура древесины (ширина годовых колец).

1. Древесиноведение и лесное товароведение / Уголев, Б.Н.: Учебник. - М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. - 351с.

2. Джежора, А.А. Электроёмкостные преобразователи и методы их расчета / А.А. Джежора. –

Минск: РУП «Издательский дом «Белорусская наука», 2008. - 305с.

УДК 621.179.147

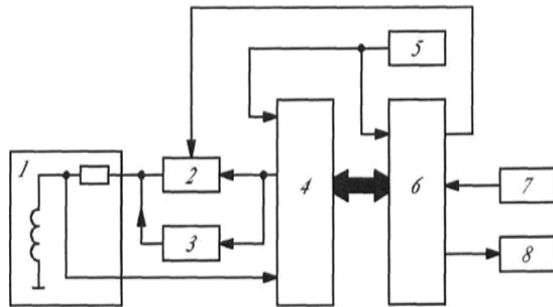
## ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ФАЗЫ ВНОСИМОГО СИГНАЛА ЦИФРОВЫМ ВИХРЕТОКОВЫМ ДЕФЕКТОСКОПОМ НА БАЗЕ МИКРОСХЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЯ КОМПЛЕКСНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Баженов В.Г., Глейник К.А.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
Киев, Украина.

Вихретоковые методы неразрушающего контроля являются очень распространенными методами и при решении многих задач контроля не имеют альтернативы особенно в авиации. Современные цифровые дефектоскопы имеют широкие функциональные возможности используют мощные DSP процессоры на базе ПЛИС, но они потребляют много электроэнергии и имеют большую стоимость и большие габариты.

В данный момент в мире микроэлектроники появились уникальные микросхемы малогабаритных измерителей комплексного сопротивления со встроенным DSP процессором работающих совместно с современными микроконтроллерами с помощью последовательного интерфейса И2С. Это позволило авторам предложить новые структуры (рисунок 1) [1-3] цифровых вихретоковых дефектоскопов, которые имеют очень малые размеры, малую стоимость, малое потребление электроэнергии (так например микросхема измерителя комплексного сопротивления AD5933 потребляет 15ма).



- 1-вихретоковый преобразователь;
- 2-цифровой ключ; 3-фазовращатель;
- 4-измеритель комплексного сопротивления;
- 5-опорный генератор; 6-микроконтроллер;
- 7-пульт управления; 8-дисплей

Рисунок 1 – Структурная Схема цифрового дефектоскопа на базе микросхемы измерителя комплексного сопротивления

С помощью микроконтроллера 6 задаётся частота и амплитуда сигнала на выходе схемы 4 (AD5933), затем DSP процессор этой схемы через порт I2C выдаёт на микроконтроллер 6 реальную (R) и мнимую (I) составляющие

комплексного сопротивления вихретокового датчика 1. В микроконтроллере по известным формулам (1,2) действительная и мнимая составляющие комплексного сопротивления пересчитываются в амплитуду (Magnitude) и фазу (Phase) сигнала.

$$Magnitude = \sqrt{R^2 + I^2} \quad (1)$$

$$Phase = \arctg\left(\frac{I}{R}\right) \quad (2)$$

Использование общего генератора тактовых сигналов 5 для микроконтроллера 6 и схемы 4 измерителя комплексного сопротивления позволяет синхронизировать процесс работы синтезатора частоты схемы AD5933 и микроконтроллера. Синтезатор частоты в свою очередь синхронизирует запуск внутреннего 12-ти разрядного АЦП и арифметического устройства (DSP), путём подачи на него кодов выборок опорных сигналов (Sin,Cos) записанных в ПЗУ, которые перемножаются в этом блоке с соответствующими выборками измерительного сигнала с выхода АЦП. После реализации цифровой операции фильтрации в арифметическом блоке получают проекции (Sin,Cos)  $a_s$  и  $a_c$  формированием квадратурных составляющих сигнала [6,7,8, 9]:

$$\alpha_s = \sum_{j=1}^{M_{AD}} u_i[j]u_s[j], \alpha_c = \sum_{j=1}^{M_{AD}} u_i[j]u_c[j] \quad (3)$$

где  $u_i[j]$  – выборка входного сигнала;  $u_s[j], u_c[j]$  – синусная и косинусная составляющие опорного сигнала, цифровым сигналом.  $M_{AD}$  – количество элементов выборки входного сигнала.

Синхронизация от одного генератора 5 запуска, АЦП и блока опорных сигналов арифметического устройства позволила существенно уменьшить погрешности измерения за счет не кратности частот дискретизации и частоты входного сигнала вихретокового преобразователя [6, 7, 9] Микроконтроллер позволяет полностью автоматизировать процесс измерения и калиб-