

*И. А. Жданова, А. А. Голощанов*

### СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПО ИМПУЛЬСНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ\*

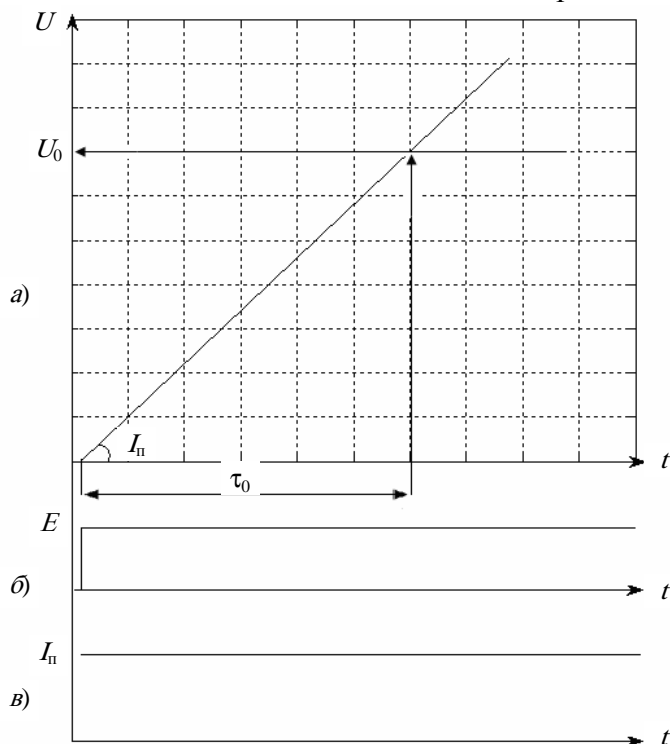
Рассмотрены способы аналитического контроля влажности по динамическим характеристикам.

Недостатками существующего метода [1] определения влажности по динамической характеристике напряжения являются низкая точность, вызванная наличием нелинейности импульсной динамической характеристики.

С целью устранения недостатков предложен способ определения влажности по предельному току.

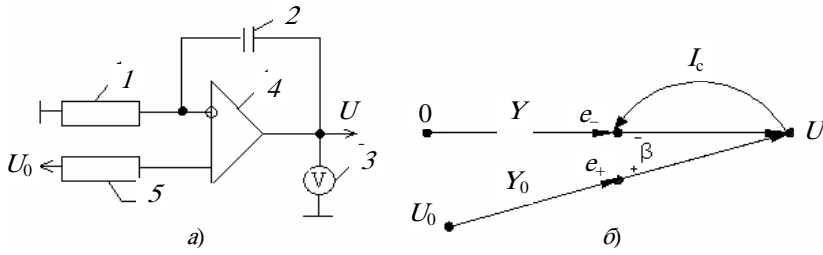
Способ определения влажности по динамической характеристике напряжения заключается в следующем. Осуществляют контакт с образцом с помощью двух электродов, расположенных вдоль линии, перпендикулярной волокнам образца, на фиксированном расстоянии друг от друга. Прикладывают напряжение на измерительную ячейку, включающую в себя последовательно соединенные исследуемый материал и эталонную емкость, эталонного сопротивления и индикатора напряжения. Регистрируют время сравнения текущей амплитуды с пороговым значением и измеряют второе напряжение в кратный момент времени от первоначального времени. По двум напряжениям и моментам времени находят диффузионный ток в образце, как отношение амплитуды установившегося потенциала к постоянной времени, по которым определяют влажность.

В отличие от вышеописанного способа, в способе определения влажности по импульсной динамической характеристике измерения проводят на линейном участке импульсной динамической характеристики измерительной ячейки. Для этого осуществляют контакт с образцом с помощью двух электродов, расположенных вдоль линии, перпендикулярной волокнам образца, на фиксированном расстоянии друг от друга. Прикладывают напряжение на измерительную ячейку (рис. 1, б) и определяют влажность по предельному току  $I_n$ . Предельный ток в образце  $I_n$  определяют за фиксированный интервал времени  $\tau_0$  (рис. 1, а) прямо пропорционально измеряемому напряжению  $U$  на линейном участке импульсной динамической характеристики измерительной ячейки, состоящей из последовательно включенных влажного материала 1 и эталонной емкости 2 (рис. 2, а).



\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. Е.И. Глинкина.

**Рис. 1. Способ определения влажности по импульсной динамической характеристике**



**Рис. 2. Устройство для определения влажности (а) и его граф-схема (б)**

Устройство для определения влажности по импульсной динамической характеристике состоит из измерительной ячейки, включающей в себя последовательно соединенные исследуемый материал 1 и эталонную емкость 2, индикатора напряжения 3, операционного усилителя (ОУ) 4 с избыточным коэффициентом усиления и эталонного сопротивления 5 (рис. 2, а).

Экспериментальная зависимость  $U(t) = U$  динамического процесса (рис. 1. а) от приложенного напряжения (рис. 1. б) на измерительную ячейку изменяется по линейному закону за счет избыточного усиления ОУ 4.

$$U = \frac{E}{T} \tau. \quad (1)$$

Из рис. 1, а следует, что предельный ток  $I_n = E/T$  для линейной зависимости  $U(\tau)$  служит ее углом наклона и является постоянной величиной (рис. 1, в) во времени.

Докажем зависимость (1), для чего заменим структурную схему (рис. 2, а) схемой замещения (рис. 2, б) и составим по правилам Кирхгофа систему уравнений для неизвестных узлов с потенциалами  $e_-$ ,  $e_+$  и  $U$ :

$$\begin{cases} e_- Y = Y + I_c; \\ e_+ Y_0 = U_0 Y_0; \\ U = (e_+ - e_-) \beta. \end{cases} \quad (2)$$

Для избыточного усиления ОУ 4 потенциалы равны

$$e_- = e_+ \text{ при } \beta \rightarrow \infty. \quad (3)$$

Используя зависимость (3) приведем систему (2) к виду

$$\frac{C}{Y} \frac{dU}{dt} = U_0$$

с учетом тока  $I_c = C \frac{dU}{dt}$ , где  $C$  – эталонная емкость измерительной ячейки.

Введем постоянную времени  $T = C/Y$  измерительной ячейки

$$T \frac{dU}{dt} = U_0. \quad (4)$$

Разделим переменные интегрирования и проинтегрируем по частям уравнение

$$\int_0^U dU = \frac{1}{T} \int_0^\tau U_0 dt,$$

и после подстановки пределов получим исследуемую динамическую характеристику  $U(U_0, t)$ :

$$U = \frac{1}{T} \int_0^{\tau_j} U_0 dt, \quad (5)$$

откуда и следует зависимость (1).

Избыточность усиления  $\beta \rightarrow \infty$  обеспечивает линейность характеристики (5) и ее параметров  $\frac{E}{T} = \frac{U_0}{\tau_j} = I_n$ , таким образом, зависимость (1) примет вид

$$U = I_n \tau_j, \quad (6)$$

а, предельный ток равен отношению

$$I_n = \frac{U}{\tau}.$$

При фиксированном времени  $\tau_0$  измерения  $\tau = \tau_0$  зависимость (6) примет вид

$$I_n = \frac{U}{\tau_0}, \quad (7)$$

следовательно, предельный ток  $I_n$  на линейной динамической характеристике пропорционален измеряемому напряжению  $U$  за фиксированный интервал  $\tau_0$  времени.

Зависимость влаги  $W$  от предельного тока имеет вид:

$$W = W_{0i} \ln \left( \frac{I_n}{I_s^*} \right),$$

где  $I_s^*$  является произвольной константой тока структуры сухого материала, а параметр  $W_{0i}$  – функцией нормированной влажности, компенсирующей неопределенность константы.

В данном способе повышается метрологическая эффективность, а именно точность измерений, за счет устранения нелинейности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2240546 РФ. Способ определения влажности древесины / Е.И. Глинкин и др. – G 01 N 27/04, Бюл. № 32, 2004.

*Кафедра «Биомедицинская техника»*