

УДК 677.05-791

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЕМКОСТНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ
ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**PERFECTION OF THE CAPACITANCE METHOD
OF MEASURING TEXTILE MATERIALS LINEAR DENSITY**

П.В. БУЙЛОВ, Н.А. КОРОБОВ
P.V. BUJLOV, N.A. KOROBOV

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo State Textile Academy)
E-mail: ttp@igta.ru

Предложен метод определения линейной плотности и влажности волокнистого материала, использующий дисперсию диэлектрической проницаемости материала.

The method of determination of linear density and moisture load of a fibrous material using the dispersion of material permittivity has been offered.

Ключевые слова: емкостный метод измерения, линейная плотность, неровнота полуфабриката (ленты, ровницы, нити), конденсатор с волокнистым диэлектриком, влажность материала.

Keywords: a capacitance method of measuring, linear density, unevenness of a semi-finished product (a band, a roving, a thread), a condenser with fibrous dielectric, material moisture.

Выходной сигнал с емкостного датчика зависит как от массы материала, так и от массы сорбированной материалом влаги, что не позволяет использовать емкостный

метод без погрешности для измерения линейной плотности или влажности исследуемого материала. Выпускаемые измерительные комплексы с емкостными датчи-

ками (USTER TESTER 5-S800, Швейцария; КЛА-2, МТ-151, Россия; КЕТ-80V/С, Япония) не способны выделить информацию о массе сухого материала и массе сорбированной материалом влаги.

В работе [1] показано, что диэлектрическая проницаемость волокнистого влагосодержащего диэлектрика в значительной мере зависит от частоты электрического поля, на которой проводится измерение, при этом крутизна характеристики зависит от влажности материала. Также получена формула зависимости диэлектрической проницаемости смеси волокнистого влагосодержащего материала с воздухом от частоты электрического поля. Наибольший интерес в приведенной формуле представляет диэлектрическая проницаемость сорбированной воды $\epsilon_b(f, w)$. С учетом полученных теоретических результатов [1] в работе выполнены экспериментальные исследования диэлектрической проницаемости влагосодержащего волокнистого материала (исследовались пробы волокна хлопка, льна и лавсана) в диапазоне частот от 1 кГц до 10 МГц для различных значений влажности материала. Графики полученных зависимостей для хлопкового волокна приведены на рис. 1 (экспериментальная частотная зависимость диэлектрической проницаемости конденсатора с диэлектриком из влагосодержащего хлопкового волокна).

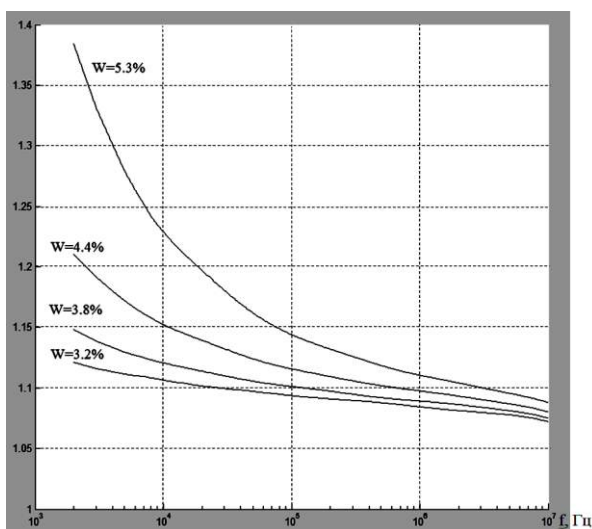


Рис. 1

Как видно из приведенных зависимостей, даже небольшое увеличение влажности материала приводит к существенному увеличению крутизны характеристики. Диэлектрическая проницаемость обезвоженного волокна практически не зависит от частоты электрического поля, поэтому изменение массы волокна приводит к смещению характеристики вверх или вниз, не изменяя ее крутизну. Указанные особенности позволяют по измеренной зависимости вычислить массу сорбированной волоконном влаги, а также массу сухого волокна.

На основании полученных результатов был разработан автоматизированный измерительный комплекс, позволяющий измерить зависимость $\epsilon(f)$ и по полученной характеристике определить массу сухого волокна и массу влаги. Функциональная схема устройства приведена на рис. 2.

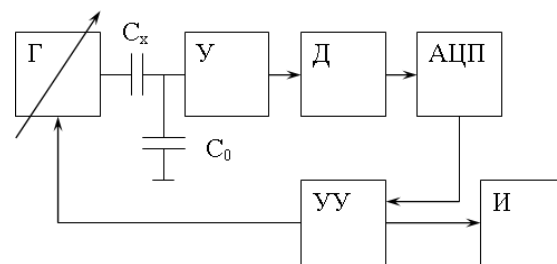


Рис. 2

Исследуемый продукт протягивают между обкладками емкостного датчика C_x . Устройство управления (УУ) устанавливает наименьшую частоту генератора (Г) из заранее заданной сетки частот (1кГц). Переменное напряжение с генератора поступает на делитель, образованный емкостями датчика C_x и эталонного конденсатора C_0 . Сигнал с эталонного конденсатора C_0 усиливается, детектируется, преобразуется в цифровой код и сохраняется в памяти устройства управления. Далее устройство управления устанавливает следующую частоту из сетки и измеряет диэлектрическую проницаемость материала для данной частоты. Таким образом, в результате перебора всех заранее заданных частот (в диапазоне от 1кГц до 10МГц), в памяти устройства управления сохраняется вы-

борка значений, описывающих зависимость диэлектрической проницаемости исследуемого материала от частоты. После измерения зависимости диэлектрической проницаемости материала от частоты устройство управления вычисляет массу влаги и массу материала по формулам [2]:

$$m_B = k_1 \frac{\int_{f_{\min}}^{f_{\max}} (\varepsilon(f) - \varepsilon(f_{\max})) df}{f_{\max} - f_{\min}}, \quad (1)$$

где m_B – масса сорбированной воды, г; k_1 – коэффициент, зависящий от коэффициента передачи устройства; f_{\max} – максимальная частота, на которой осуществлялось измерение, Гц; f_{\min} – минимальная частота, на которой проводилось измерение, Гц; $\varepsilon(f)$ – значение диэлектрической проницаемости на текущей частоте; $\varepsilon(f_{\max})$ – значение диэлектрической проницаемости на максимальной частоте.

Масса "сухого" материала в образце вычисляется по формуле:

$$m_{\text{mat}} = k_2 ((\varepsilon(f_{\max}) - 1) - k_3 m_B), \quad (2)$$

где k_2 – коэффициент, зависящий от геометрических размеров емкостного датчи-

ка, коэффициента передачи устройства и плотности волокна; k_3 – коэффициент пропорциональности, зависящий от коэффициента передачи устройства и рассматриваемого диапазона частот.

Масса влагосодержащего материала:

$$m_{\text{mat}} = k_2 ((\varepsilon(f_{\max}) - 1) - k_3 m_B) + m_B, \quad (3)$$

Зная массу заключенного между пластинами датчика волокна и геометрические размеры датчика, по известным формулам можно вычислить линейную плотность материала, а зная массу влаги – влажность.

Испытание разработанного прибора проводилось на хлопковой ленте плотностью 3,33 ктекс на отрезках длиной 50 м. Сравнивались результаты измерения массы, линейной плотности и неравномерности по линейной плотности весовым (гравиметрическим) и емкостным методами. При измерении неравномерности емкостным методом использовался автоматизированный измерительный комплекс КЛА-М (ИГТА), датчик которого работает на фиксированной частоте 1,7 МГц, а также разработанный прибор. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ исп.	Масса отрезка, г			Масса сух. отр., г		Масса воды, г		Влажность, %	
	весовой метод	КЛА-М	разраб. прибор	весовой метод	разраб. прибор	весовой метод	разраб. прибор	весовой метод	разраб. прибор
Среднее значение	167,3	174,9	167,7	160,2	160,6	7,07	7,02	4,42	4,37
Среднее квадратическое отклонение	7,07	13,6	7,49	7,07	7,23	0,96	1,1	0,65	0,68
Коэффициент вариации	4,23	7,8	4,47	4,41	4,5	13,6	15,6	14,6	15,6

Анализ результатов испытаний показал достигнутый эффект, связанный со способностью испытываемого прибора дополнительно с измерением линейной плотности ленты выделять информацию о массе сухого материала и массе сорбированной материалом влаги. Кроме этого показана хорошая воспроизводимость результатов испытаний с базовым (весовым) методом измерений.

В Ы В О Д Ы

Показана возможность применения емкостного метода для одновременного измерения линейной плотности и влажности волокнистого материала на основе принципа дисперсии диэлектрической проницаемости влагосодержащих волокнистых материалов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Буйлов П.В., Коробов Н.А. Модель конденсатора с волокнистым влагосодержащим диэлектриком. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №3. С.107...110.

2. Буйлов П.В., Коробов Н.А. Учет влагосодержания волокнистого материала при измерении его

массы емкостным методом // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №6. С.17...21.

Рекомендована кафедрой прикладной математики и информационных технологий. Поступила 02.02.12.
