

УДК 621.317  
МИКРОВОЛНОВОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Н. В. ЛЮБЕЦКИЙ, С. Н. КОВШАР  
Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Одним из важных направлений в области влагометрии является разработка методов и устройств экспрессного бесконтактного контроля влажности строительных сыпучих материалов при непрерывном потоке в трубопроводе без нарушения технологического цикла. Как правило, осуществление подобных методов основано на использовании резонансных систем – контуров или резонаторов. Обычно в этом случае определение влажности происходит только по изменению резонансной частоты. Следует отметить, что известные устройства достаточно громоздки, сложны в эксплуатации и имеют высокую стоимость, при этом не используется вся информативность принятого сигнала, что снижает точность и пределы контролируемых параметров.

В данной работе исследовались возможности разработанного микроволнового устройства [1] для контроля влажности сыпучих строительных материалов, блок-схема которого показана на рис. 1.

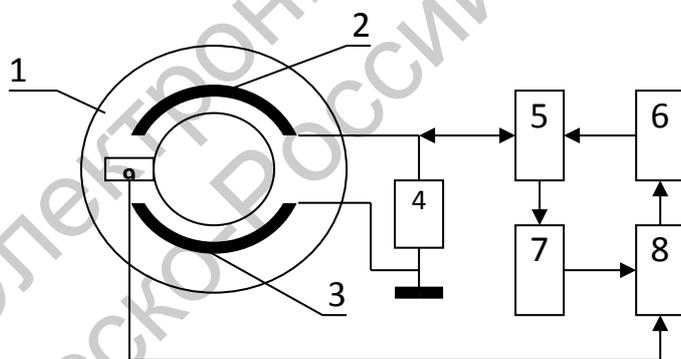


Рис. 1. Блок-схема микроволнового устройства для контроля влажности сыпучих строительных материалов

Устройство состоит из отрезка диэлектрической трубы 1 с диаметром, равным диаметру трубопровода, металлических электродов 2 и 3, индуктивности 4, направленного ответвителя 5, микроволнового перестраиваемого генератора 6, детектора 7, блока обработки 8 и термодатчика 9. Отрезок устанавливается в разрыв металлического трубопровода. Работа устройства осуществляется следующим образом. Внутри диэлектрической трубы установлены («утоплены») диаметрально противоположно два металлических электрода 2 и 3, которые выполнены в

виде сегментов поверхности трубы 1. Они образуют микроволновой резонатор, параметры которого (резонансная частота и добротность) являются функцией влажности перемещаемого вещества. Выбором глубины погружения этих электродов 2 и 3 в материал трубы 1, а также их поперечных и продольных размеров можно регулировать чувствительность данного устройства. При включении питания блок обработки 8 формирует управляющее напряжение, которое через его выход управляет перестройкой частоты микроволнового генератора 6, изменяя ее от  $F_{\min}$  до  $F_{\max}$ . Время перестройки частоты составляет доли микросекунды. В работе используются генераторы, управляемые напряжением (фирма «Mini-Circuits»). Сигнал переменной частоты с микроволнового генератора 6 проходит через направленный ответвитель 5 и поступает на электроды 2 и 3, которые совместно с индуктивностью 4 образуют резонансную систему. Отраженная от измерительного участка электромагнитная волна попадает в направленный ответвитель 5 и через его второй выход поступает на детектор 7. Продетектированный сигнал несет информацию о характеристике резонаторной системы, образованной электродами 2 и 3, индуктивностью 4 и контролируемым веществом, которое перемещается по трубопроводу. Этот сигнал поступает на второй вход блока обработки 8, который определяет значения резонансной частоты  $F_{\text{рез}}$  и уровень сигнала в резонансе (амплитуду). По этим значениям из градуировочных зависимостей, предварительно занесенных в память блока обработки 8, определяется влажность. Величина влажности измеряется с учетом температуры контролируемого вещества. Значение последней поступает с термодатчика 9 в блок обработки 8. Экспериментальные исследования с использованием полиэтиленового отрезка трубопровода диаметром 65 мм и медными электродами размерами 50x50 мм показали, что в частотной области перестройки генератора 6 от 1,0 до 2,0 ГГц существует резонанс на частоте 1,45 ГГц. При засыпке и перемещении сухих сыпучих веществ резонансная частота смещается влево и равна для: кварцевого песка –1,316 ГГц; щебня кубовидного (с размерами 7-10 мм) – 1,312 ГГц; керамзитового песка –1,4 ГГц; цемента М500 –1,3037 ГГц; полимерного клеевого состава КС-1–1,287 ГГц. При перемещении влажных материалов происходит не только смещение (влево) резонансной частоты, но и изменение амплитуды ее резонансной зависимости. Было установлено, что контроль влажности по двум параметрам (частоте смещения резонансной зависимости и ее амплитуде) и учете температуры контролируемого вещества позволяет повысить точность контроля по сравнению с известными устройствами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. № 5878 РБ, МПК(2009) G 01N 27/00. Устройство для измерения концентрации веществ в трубопроводе / Н. В. Любецкий, С. Н. Ковшар.