УДК 681.542.4

С.С. ГАЛУШКИН, *канд. техн. наук, доцент, GSS-41@mil.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)
Б.А. ВИШНЯК, *канд. техн. наук, директор, ssisvn@tut.bu*
В.Н. СМИРНОВ, *ведущий инженер, ssisvn@tut.bu*
НТУП «Терминал», г.Солигорск, Беларусь

S.S. GALUSHKIN, *PhD in eng. sc., associate professor, GSS-41@mil.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)
B.A. VISHNIAK, *PhD in eng. sc., director, ssisvn@tut.bu*
V.N. SMIRNOV, *leading engineer, ssisvn@tut.bu*
NTUP «Terminal», Soligorsk, Belarus

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПОТОКАХ

Представлена автоматическая система контроля влажности в потоках мелко- дисперсных сыпучих сред основанная на зондовом СВЧ-методе. Показана перспективность применения в качестве первичного преобразователя влажности микроволновых зондов. Приведены и методически обоснованы средства минимизации мешающих факторов, присущие этому способу измерения.

Ключевые слова: влагометрическая система, поток сыпучего материала, микроволновый зонд, формирователь потока, формирователь слоя.

AUTOMATIC BULK SOLIDS MOISTURE IN STREAM CONTROL SYSTEM

Automatic moisture in fine-dyspersated stream control system based on microwave frequency method is presented. Minimizing means of interrupting factors peculiar to this method of measurement are produced and systematically proved.

Key words: moisture metering system, bulk solids stream, microwave frequency probe, stream creator, layer creator.

Требования к системам контроля влажности при производстве материалов в различных отраслях экономики чрезвычайно разнообразны: по диапазону измерения и требуемой точности, по геометрии измерения, по многообразию технологического оборудования, на котором необходима установка измерителей влажности, а главное по обширному диапазону химико-физических свойств сыпучих сред. Поэтому на протяжении нескольких десятков лет очень пристальное внимание уделяется целому спектру (по электрофизическому и частотному диапазону**)** автоматических измерительных систем влажности.

Здесь авторы остановились на широко внедряемом в настоящее время микроволновом методе. Под действием электрического поля СВЧ-диапазона молекулы воды (диполи) начинают совершать колебательные и вращательные движения, ориентируясь в зависимости от частоты поля по его электрическим линиям. В результате этого определенная часть излучаемой мощности поглощается. Поглощенная часть мощности, которая является разностью между посы-

лаемой в поток материала мощностью и принимаемой после прохождения через материал, однозначно зависит от количества диполей (молекул) воды, а, следовательно, от влажности среды, что и позволяет ее измерить. Во влагометрии этот метод называется зондовым.* Его принцип отражает выражение

$$|R| = \frac{(1-\sqrt{\varepsilon' - j\varepsilon''})^2}{(1+\sqrt{\varepsilon' - j\varepsilon})^2},$$

где R – коэффициент отражения по мощности, равный отношению отраженной мощности к падающей; ε' и ε'' – вещественная и мнимая составляющие диэлектрической проницаемости соответственно.

К преимуществам этого метода относят одностороннее расположение от контролируемого материала излучателя и приемника, независимость результатов измерений от толщины слоя материала. Последнее утверждение справедливо лишь в той ситуации, когда толщина контролируемой среды превышает толщину полного затухания волны, что легко может быть достигнуто с помощью специальных потокоформирующих приспособлений. Кроме того, частота поля выбирается так, чтобы влияние молекул воды на поглощение энергии было превалирующим, по сравнению с другими факторами, которые в данном процессе будут считаться мешающими.

Как правило, эти приборы и их первичные преобразователи работают в диапазонах 433,92 МГц или 2,45 ГГц. Поэтому они зачастую называются микроволновыми. Они имеют сравнительно низкую (менее 10 Вт) потребляемую мощность, низкую (менее 10 мВт) излучаемую мощность и конструктивно выполнены в виде единого блока, который содержит излучатель и приемник.

В этих разработках на протяжении 30 лет преуспела компания «Franz Ludwig GmbH» (Германия), которая выпускает продукцию широкого спектра: от отдельных компонентов до полностью готовых к работе систем измерении влажности. Основным элементом систем такого типа является микроволновой зонд измерения влажности Z20209 (рис.1). В зависимости от технологического процесса возможен монтаж зондов на конвейерных линиях и во всевозможных бункерах и смесителях. В обоих вариантах необходимо следить, чтобы в месте установки зонда плотность материала была постоянной, отсутствовало бы залипание материала на поверхности датчика. Для монтажа зонда на конвейерной линии и линиях подачи материала фирма-разработчик производит специальные салазки с незастревающей поверхностью, которые фиксируются неподвижно с зазором от конвейерной ленты, который не может превышать минимально возможную толщину потока материала. Это обеспечивает постоянную толщину потока материала под зондом, который монтируется на этих салазках. Однако головка зонда довольно быстро истирается, хотя и выполняется из износостойкой керамики. Плотность материала под зондом существенно меняется из-за его зафиксированного над лентой положения. Кроме того, влияние температуры материала на результаты измерений значительно, а очистка рабочей поверхности зонда затруднительна.

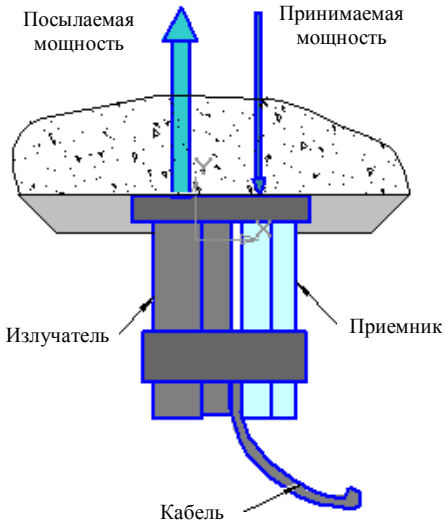


Рис.1. Микроволновой зонд измерителя влажности

* *Берлинер М.А.* Измерения влажности. М., 1973; *Кричевский Е.С.* Контроль влажности твердых и сыпучих материалов / Е.С.Кричевский, А.Г.Волченко, С.С.Галушкин. М., 1987.

Berliner M.A. Moisture measuring. Moscow, 1973; *Krichevsky E.S., Volchenko A.G., Galushkin S.S.* Hard material and bulk solids moisture control. Moscow, 1987.

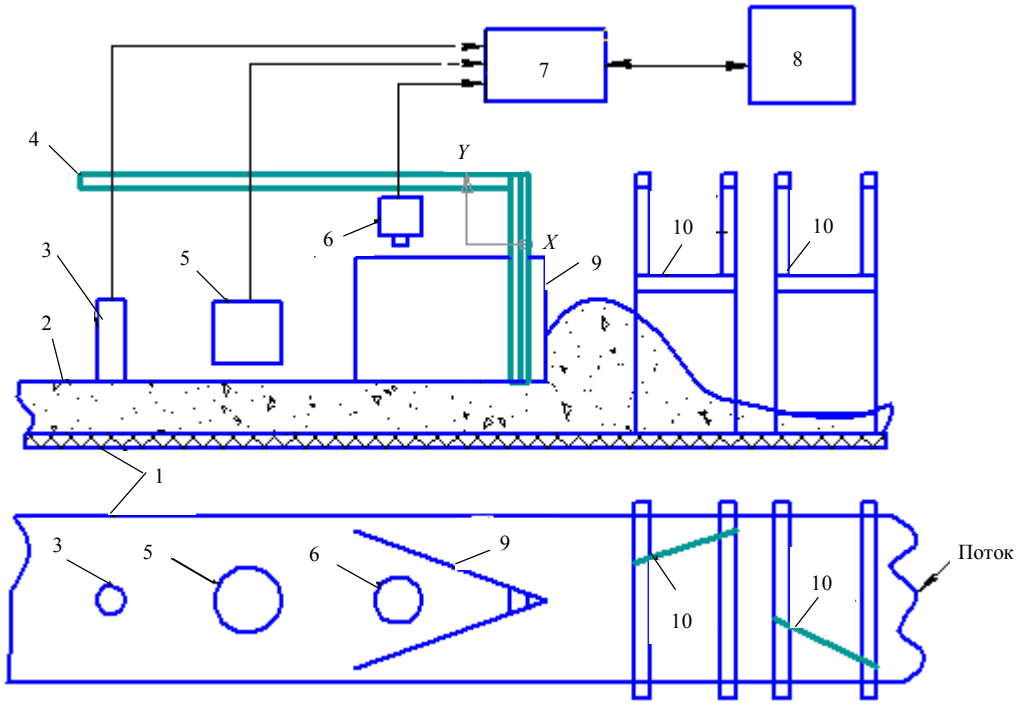


Рис.2. Микроволновая система автоматического контроля влажности

1 – лента конвейера; 2 – контролируемый материал; 3 – измеритель температуры; 4 – выдвижная рама для крепления элементов 3, 5, 6 и 9; 5 – влагометрический зонд; 6 – измеритель поверхностной плотности; 7 – микропроцессор; 8 – ПЭВМ; 9 и 10 – формирователи слоя и потока соответственно

Все это делает актуальным разработку автоматической системы измерения влажности, например хлористого калия, в которой влияние этих мешающих факторов минимизировано (рис.2).

Предложенная на рис.2 влагометрическая система была испытана на РУП «Беларуськалий» в процессе сушки отфильтрованного хлористого калия и хорошо себя зарекомендовала благодаря высокой точности и оперативности измерений. Она может найти применение в потоках с неравномерной толщиной слоя материала, так как комплектуется формирователем потока и формирователем слоя. Формирователи потока представляют собой направленные в разные стороны пластины, отклоняющие поток материала к осевой линии конвейера, придавая ему большую толщину. Следом за ними по ходу движения транспортируемого материала устанавливается формирователь слоя. Он задает требуемую толщину слоя материала под измерительным зондом, отводя по сторонам лишний материал. Формирователь слоя крепится на раме 4, к которой крепятся влагометрический зонд, измеритель поверхностной плотности и измеритель температуры контролируемого материала.

Таким образом, влияние основных мешающих факторов, присущих зондовому методу СВЧ-влагомеров в этой системе устраняется. Кроме того, абразивный износ рабочей поверхности измерительного зонда значительно снижен по сравнению с немецким прототипом. Это стало возможным за счет того, что зонд устанавливается на специальной конструкции, выполненной в виде салазок, которые свободно скользят по ровной поверхности материала. Они также крепятся к выдвижной раме и могут автоматически подниматься над поверхностью потока вверх. Это особенно целесообразно при аварийных остановках конвейерной линии, а также при градуировании влагомера и устранении налипшего материала на рабочую поверхность зонда.