Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т. 106

УДК 622.7.66.012

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ РЯДОВОГО УГЛЯ

И.Н.ДЕРЖАВИН

Различие и непостоянство электрофизических свойств твердых материалов, таких как уголь, требуют разработки индивидуальных электрических средств контроля влажности и других показателей их качества. В последнее время при разработке влагомеров широко используют методы высокочастотный, инфракрасный, нейтронный и γ-излучений. Выбору метода предшествует исследование электрофизических свойств материалов, различные решения датчиков влажности и сравнительная оценка методов по чувствительностям к измеряемому параметру и мешающим факторам. Соотношение между информативным параметром и сигналом помехи определяет способ измерения полезного сигнала и пути снижения влияния мешающих факторов.[x]

Автором была разработана математическая модель высокочастотного измерителя влажности рядового угля и апробирована методика исследования его чувствительности к изменению влажности S_W и мешающим факторам $S_п$. Известно[x], что измеряемая емкость датчика зависит от общей диэлектрической проницаемости составляющих компонентов (уголь, порода, вода, воздух) и от проводимости среды, определяемой проводимостью компонент, крупностью и взаимным расположением частиц. Используя известные зависимости, характеризующие контролируемый материал, получено математическое описание взаимодействия его с датчиком, представляющим емкостную ячейку. При этом учтены сложный состав угольного вещества, концентрация компонентов, анизотропность, пористость и влажность.

Емкость конденсаторного датчика, заполненного углем, при измерении в двух взаимно перпендикулярных направлениях определяется следующими зависимостями:

$$C' = K\left[W(\varepsilon_в - 1) - p(\varepsilon_у v_у + \varepsilon_п v_п) + 2p\right], \qquad (1)$$

$$C'' = K\left[W(\varepsilon_в - 1) - p\frac{\varepsilon_у \varepsilon_п}{\varepsilon_у v_у + \varepsilon_п v_п} + 2p\right], \qquad (2)$$

где K – коэффициент, характеризующий форму и размеры датчика; W – объемная влажность материала; $\varepsilon_в$, $\varepsilon_у$, $\varepsilon_п$ – диэлектрические проницаемости воды, угля и породы; $v_у$, $v_п$ – концентрации угля и породы; p – пористость угля, различная для разных марок угля, принята $p = 0{,}15$.

[x] Е.С.Кричевский. Высокочастотный контроль влажности при обогащении полезных ископаемых. М., Недра, 1972.

Зависимости получены при определении свойств угля по известным уравнениям для смесей со слоистостью (анизотропией)[x]:

$$\varepsilon'_{ср} = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i v_i , \qquad (3)$$

$$\varepsilon''_{ср} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \dots \varepsilon_n}{\varepsilon_1 \varepsilon_3 \dots \varepsilon_n v_1 + \varepsilon_2 \varepsilon_3 \dots \varepsilon_n v_2 + \dots + \varepsilon_1 \dots \varepsilon_{n-1} v_n} \qquad (4)$$

и для пористых материалов

$$\varepsilon = W(\varepsilon_в - 1) - p(\varepsilon_у - 1) + p,$$

где $\varepsilon_{ср}$ – средняя диэлектрическая проницаемость смеси; $\varepsilon_i v_i$ – диэлектрическая проницаемость и концентрация i-го компонента.

По уравнениям (I) и (2) определяется чувствительность емкостного метода измерения к изменению содержания влаги

$$S_w = \frac{1}{C} \frac{\partial C}{\partial W}$$

и к мешающим факторам (концентрации породы)

$$S_п = \frac{1}{C} \frac{\partial C}{\partial v_п} ;$$

$$S'_w = \frac{\varepsilon_в - 1}{W(\varepsilon_в - 1) - p(\varepsilon_у v_у + \varepsilon_п v_п) + 2p}, \qquad (5)$$

$$S''_w = \frac{\varepsilon_в - 1}{W(\varepsilon_в - 1) - p\left(\frac{\varepsilon_у v_у + \varepsilon_п v_п}{\varepsilon_у \varepsilon_п}\right)^{-1} + 2p}, \qquad (6)$$

$$S'_п = \frac{\varepsilon_п p}{W(\varepsilon_в - 1) - p(\varepsilon_у v_у + \varepsilon_п v_п) + 2p}, \qquad (7)$$

$$S''_п = \frac{\varepsilon_у \varepsilon_п^2 p}{\left[\left(W(\varepsilon_в - 1) - p\frac{\varepsilon_у \varepsilon_п}{\varepsilon_у v_у + \varepsilon_п v_п} - 1\right) + p\right](\varepsilon_у v_у + \varepsilon_п \varepsilon_п)^2}. \qquad (8)$$

Исследуя уравнения (5)–(8) при значениях входящих в них величин: $\varepsilon_в = 81$; $\varepsilon_у = 6$; $\varepsilon_п = 11$; $v_у = 0{,}8$; $v_п = 0{,}2$; $W = 0{,}1$; $p = 0{,}1$; для угля марки «Г» получены следующие значения чувствительностей: $S'_w = 10{,}6$; $S''_w = 14$; $S'_п = 0{,}146$; $S''_п = 0{,}2$.

Отношение чувствительностей равно:

$$\frac{S'_w}{S'_п} = \frac{S''_w}{S''_п} = 70.$$

Экспериментальный образец прибора – измерителя влажности исследовался на ЦОФ «Киевская» ПО «Донецкуглеобогащение» в потоке рядового угля мар-

[x] В.В.Ржевский, Г.Я.Новик. Основы физики горных пород. М., Недра, 1967.

ки Г на конвейере подачи его от шахты им.А.Ф.Засядько на обогатительную фабрику.

По результатам промышленных исследований получено уравнение линии регрессии следующего вида:

$$C = 2,78W^{p} - 0,045A^{c} + 87,409,$$

где W^{p} – рабочая влажность угля; A^{c} – зольность угля.

Коэффициенты при W^{p} и A^{c} представляют собой относительные чувствительности. Отношение этих чувствительностей равно 61,8, что близко к рассчитанному значению по математической модели.

Расчеты по моделям при измерениях нейтронным методом и методом γ-излучений определили отношения подобных чувствительностей к информативному параметру (влажности) и к помехе (содержанию примесей – зольности) соответственно равными I9 и I,I. Эти результаты свидетельствуют о том, что для углей контроль влажности более точно может производиться методом высокочастотных измерений. Исследования моделей позволили получить в каждом случае чувствительности отдельно к каждому фактору и определить способ снижения или исключения влияния мешающего фактора.

Предлагаемая методика определения чувствительности метода измерения к изменению контролируемого параметра и сигналу помех с использованием математического моделирования имеет ряд преимуществ перед физическим моделированием, в том числе исключает необходимость изготовления макета и проведения экспериментальных исследований.