

В.В. Соболев, А.С. Поляшов, В.Г. Тарасенко

О ПРИРОДЕ ШУМОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕЙ

Работа направлена на развитие методов геофизического мониторинга состояния угольных пластов в выработках. Остается перспективным направлением изучение электрических характеристик углей, на результаты измерения которых оказывают влияние методические, технические и метрологические факторы. Кроме того, существенное влияние на электрические свойства углей могут оказывать физико-химические процессы, протекающие на поверхностях, обнажающихся в горных выработках. Среди факторов, влияющих на результаты измерений электрических характеристик, в отдельную группу выделяют “шумы”.

Известно [1], что неоднородность электрических свойств на контакте электрод – уголь обуславливает неравномерное распределение плотности тока по площади поверхности контакта. В результате из-за нестационарности проходящего тока через поверхность контакта возникает "шум".

С целью проверки возможного проявления шумов при проведении измерений удельного или кажущегося сопротивления углей в НГУ был изготовлен стенд для исследования изменений электрических характеристик углей под влиянием давления и температуры. Объектами исследований служили образцы углей марок Ж и К, отобранные из проблемных угольных пластов Донбасса. Измерения электрических характеристик углей проводились на порошковых образцах по двум схемам измерений.

По первой схеме электрический сигнал снимался непосредственно с угольного образца. При определенных соотношениях сопротивлений исследуемого объекта и входного сопротивления регистрирующего прибора по первой схеме были получены следующие результаты (рис. 1).

На зарегистрированной кривой выделяются два участка с шумами: в диапазоне температур 30...40 и 95...140°С. Шумы, возникающие при 30...40°С,

соответствуют температурам углей в условиях естественного их залегания. Физико-химические процессы, которые могли бы привести к возникновению шумов, находятся в стадии изучения. Предположительно они могут быть связаны с процессами испарения низкотемпературных флюидов с поверхности контакта электрод – уголь.

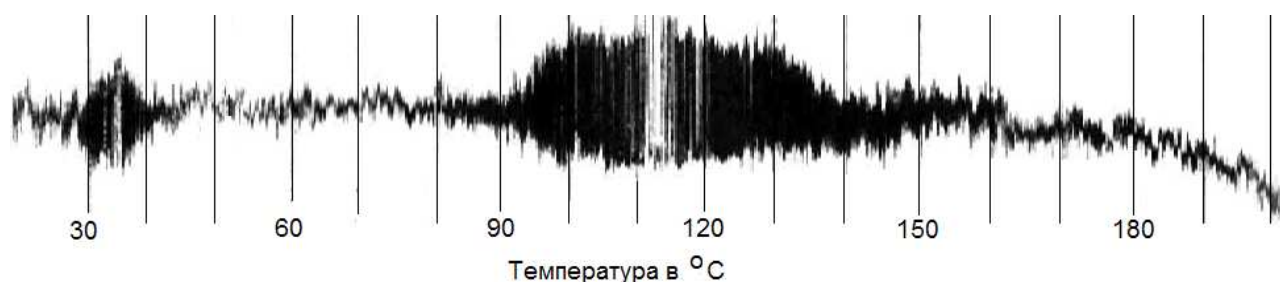


Рис. 1. Изменение электрического сигнала предварительно сжатого образца угля (56 МПа) в процессе нагревания по первой схеме измерений

Шумы, зафиксированные в диапазоне 95...140°C, отражают изменения на поверхности контакта электрод–уголь, вызванные процессами испарения влаги.

Исследования поверхности спрессованных угольных порошков методом оптической микроскопии показали, что у относительно более "шумящих" углей поверхность контакта отличается большей площадью поверхности и характерным рельефом рисунка. Шумы в этом случае могут выполнять функцию аналитического сигнала, связанного с особенностями миграции парогазовых смесей через поверхность.

На кривой, полученной по второй схеме, когда электрический сигнал снимается с последовательно включенного (опорного) сопротивления, шумовая составляющая проявляется слабо. Из анализа кривой рис. 2 следует, что величина тока (ордината) при нагреве до 200°C закономерно изменяется при нагревании и остывании. Заметное расхождение кривых в средней части определяется различием скоростей нагрева и охлаждения, а в целом изменение тока при нагреве и последующем охлаждении в температурном интервале 20...200°C носит квазиобратимый характер.

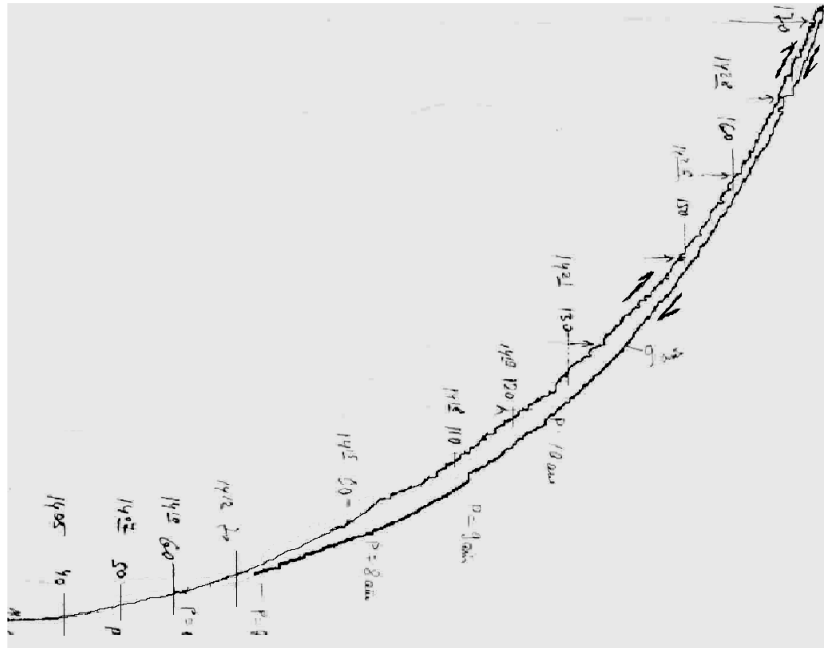


Рис. 2. Вид кривой, полученной по схеме с использованием последовательно включенного опорного сопротивления.

Известно [2,3], что для проводников зависимость удельного сопротивления от температуры линейная, для полупроводников и плохо проводящих жидких веществ имеет экспоненциальный характер $\rho_T = A \cdot e^{-bT}$, где A и b постоянные. Аналогичная зависимость была установлена [5] для углей при их нагреве в диапазоне температур 200...900°C.

В исследуемом нами диапазоне температур 20...200 °C получены аналогичного вида зависимости, связывающие удельное электрическое сопротивление с температурой при разных избыточных давлениях:

$$\rho_T = 19,4 \cdot 10^6 \cdot e^{-0,026 \cdot T} \text{ при коэффициенте корреляции } 0,97 \text{ для } P = 56 \text{ МПа;}$$

$$\rho_T = 8,75 \cdot 10^6 \cdot e^{-0,031 \cdot T} \text{ при коэффициенте корреляции } 0,99 \text{ для } P = 110 \text{ МПа;}$$

$$\rho_T = 4,26 \cdot 10^6 \cdot e^{-0,028 \cdot T} \text{ при коэффициенте корреляции } 0,99 \text{ для } P = 170 \text{ МПа.}$$

В приведенных выражениях температурный коэффициент удельного сопротивления равен $0,03 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Зависимости, связывающие удельное электрическое сопротивление с давлением при разных температурах, имеют следующий вид:

$\rho_T = 12,39 \cdot 10^6 \cdot e^{-0,0015 \cdot P}$ при коэффициенте корреляции 0,98 и $T = 50^\circ\text{C}$;

$\rho_T = 2,28 \cdot 10^6 \cdot e^{-0,0014 \cdot P}$ при коэффициенте корреляции 0,96 и $T = 100^\circ\text{C}$;

$\rho_T = 1,16 \cdot 10^6 \cdot e^{-0,0017 \cdot P}$ при коэффициенте корреляции 0,96 и $T = 130^\circ\text{C}$.

В полученных выражениях величина барического коэффициента удельного сопротивления имеет значение $0,0014 \text{ атм}^{-1}$ (140 Па^{-1}). Полученное отношение $0,03/0,0014 = 21 \cdot 10^5 \text{ Па}/^\circ\text{C}$ позволяет утверждать, что изменение удельного сопротивления углей марок Ж и К при нагреве на 1°C соответствует аналогичному изменению при сжатии на 21 атм (2,1 МПа). Другими словами, электрические свойства углей в 21 раз чувствительнее к изменению температуры, чем к изменению давления.

Таким образом, угли представляют собой своеобразные датчики природной температуры. Однако, для решения ряда теоретических и практических задач возможно исследование барических и шумовых свойств углей. При интерпретации шахтных измерений удельного и кажущегося электрического сопротивления следует принять во внимание полученные результаты, особенно в условиях, при которых возможны колебания температуры в угольных пластах.

Выводы.

Электрические "шумы" связаны с фазовыми переходами и структурно-текстурными изменениями углей в области контакта на поверхности уголь-электрод.

Высокую чувствительность электрических характеристик к изменению температуры следует учитывать при интерпретации результатов электрометрии углей в пластах, залегающих на больших глубинах, когда изменения электрического удельного сопротивления традиционно сводят к проявлению давления и изменению трещиноватости.

Зависимость удельного электрического сопротивления углей от температуры, установленная в работе [4], следует распространить на интервал избыточных давлений (до 170 МПа) и температур (до 200°C).

Исследование физической природы шумов, возникающих при изменении температуры и давления в углях марок Ж и К, способствует развитию ме-

тодов геофизического мониторинга состояния углей, обрабатываемых на глубоких горизонтах, и расширению функциональных возможностей методов электростримерии в горном деле.

Список литературы

1. Соболев В.В., Поляшов А.С., Тарасенко В.Г. Изменение электрических характеристик углей под влиянием давления и температуры // Науковий вісник НГАУ. – 2008. – № 8. – С. 51–55.
2. Эберт Г. Краткий справочник по физике. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1963. – 552 с.
3. Измерения в промышленности: Справ. изд. в 3-х кн. Кн. 2. Способы измерения и аппаратура: Пер. с нем. / Под ред. Профоса П. – М.: Металлургия, 1990. – 384 с.
4. Агроскин Л.А., Петренко М.С. Определение электросопротивления углей и сланцев при нагревании // Заводская лаборатория. – 1948. – № 7. – С. 807–812.