

УДК 550.822.2.013:389

В. В. Вержбицкий, Н. Г. Козыряцкий, Г. А. Калистратов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ГРАДИЕНТ- И ПОТЕНЦИАЛ-ЗОНДАМИ В КОНТРОЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ

Предложен математический аппарат для расчета параметров имитационных колонн (имитаторов УЭС) контрольной скважины с искусственным разрезом, используемой для проверки работоспособности и стандартизации аппаратуры электрического каротажа (ЭК).

Ключевые слова: контрольная скважина, имитатор и имитационная колонна электрического сопротивления.

Опыт применения контрольных скважин показал, что они весьма эффективны для скважинных испытаний и контроля качества аппаратуры ЭК [4, 5, 7]. Для испытаний аппаратуры ЭК было предложено и опробовано несколько конструкций имитаторов электрических свойств пластов горных пород, пересеченных скважиной [2, 3, 6]. Из них лишь конструкция, описанная в [3], обеспечивает воспроизведение наперед заданных значений кажущегося удельного электрического сопротивления (УЭС) в широком диапазоне вне зависимости от свойств горных пород.

Математическая модель контрольной скважины для зондов электрического каротажа методом кажущегося сопротивления

Рассмотрим имитатор ЭК (рис. 1), представляющий собой, согласно [3], скважину, обсаженную стальной обсадной колонной радиусом r_c , внутри которой помещена перфорированная непроводящая труба с внешним $r_{тр}$ и внутренним $r_{вн}$ радиусами (рис. 1, а). В непроводящей трубе в радиальном направлении просверлены отверстия одинакового диаметра d_0 , расположенные на равном расстоянии друг от друга, позволяющие имитировать однородный по сопротивлению участок среды любой мощности [7]. Изменение плотности расположения отверстий и их диаметров позволяет менять сопротивление имитируемой среды.

Радиальное распределение УЭС отражено на рис. 1, б.

Сопротивление среды при $r < r_{вн}$ и $r_{тр} < r < r_c$ равно ρ_c – УЭС промывочной жидкости, при $r > r_c$ сопротивление среды можно счи-

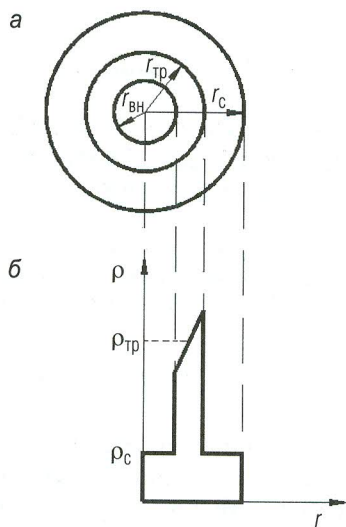


Рис. 1. Радиальное распределение сопротивления в контрольной скважине: а – сечение контрольной скважины; б – радиальное распределение сопротивления

тать равным нулю, так как обсадная колонна экранирует скважину от внешней среды при проведении измерений зондами ЭК. Поскольку отверстия в непроводящей трубе просверлены в радиальном направлении, при $r_{\text{вн}} < r < r_{\text{тр}}$ среда электрически анизотропна и проводимость ее характеризуется тензором $\hat{\sigma}$. В цилиндрической системе координат $\{r, \varphi, z\}$, ось z которой совпадает с осью скважины, этот тензор выглядит следующим образом:

$$\hat{\sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_{rr} & \sigma_{r\varphi} & \sigma_{rz} \\ \sigma_{\varphi r} & \sigma_{\varphi\varphi} & \sigma_{\varphi z} \\ \sigma_{zr} & \sigma_{z\varphi} & \sigma_{zz} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

При исследовании показаний электрических зондов, длина которых значительно превышает диаметр отверстий d_0 и расстояние между ними, все элементы тензора $\hat{\sigma}$, кроме σ_{rr} , можно считать равными нулю. Величина σ_{rr} при этом определяется диаметром и количеством отверстий на единицу площади поверхности трубы, а также сопротивлением промывочной жидкости:

