

**Р.М. Гайсин, В.В. Набатов, П.В. Потапов,
А.Ю. Цариков**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ШАХТНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Рассмотрены основные положения программы моделирования подземной электроразведки, представлен вид расчетной модели. Приведен пример расчета потенциала на приемном диполе в зоне с аномальными значениями сопротивлений.

Ключевые слова: электроразведка, моделирование, сетка, модель среды, экваториально-дипольное электрическое просвечивание.

Разрабатываемые в настоящее время угольные пласты шахт Кузбасса характеризуются высокой газодинамической активностью. В связи с этим прогнозирование выбросоопасных участков пласта в выемочных столбах впереди очистных забоев является актуальной задачей. Экспериментально установлена отличительная особенность физических свойств сформированных при сдвиговых деформациях зон углепородного массива с высокой газодинамической активностью. Выявление зон с аномальными физическими свойствами в углепородном массиве возможно подземными геофизическими методами. С этой целью чаще всего используются подземная сейсморазведка и электроразведка. Оконтуривание аномальных зон с помощью данных подземной (шахтной) электроразведки (электротметрии) требует разработки программ обработки данных.

Разработка программ для обработки электроразведочных данных предполагает проверку ее работоспособности на модельных данных и проверку корректности решения обратной задачи. Таким образом, необходимым условием разработки программы обработки данных подземной электротметрии является на первоначальном этапе моделирование, то есть решение прямой задачи. Для моделирования подземной электротметрии была разработана программа моделирования.

При разработке программы моделирования подземной электроразведки были использованы следующие положения:

1. В регулярных точках вмещающей среды потенциал U электрического поля определяется уравнением Лапласа:

$$\Delta U = 0$$

2. На границах раздела сред с различными удельными электрическими проводимостями ($\gamma = 1/\rho$, где ρ – удельное электрическое сопротивление) потенциал и нормальная компонента тока непрерывны

$$U_i = U_j \text{ и } \gamma_i \frac{\partial U_i}{\partial n} = \gamma_j \frac{\partial U_j}{\partial n}$$

(на границе «массив-горная» выработка – $(\partial U_i)/\partial n = 0$).

3. Потенциал вдали от источников стремится к нулю.

Модель среды была представлена в виде параллельных слоев с различной проводимостью (см. рис. 1). Угольный пласт находится между слоями вмещающей породы. Сопротивление угольного пласта обычно в несколько раз выше, чем сопротивление вмещающих пород, сопротивление нарушенной зоны характеризуется пониженными значениями сопротивлений.

Метод электроразведки применяемый в данной модели ЭДЭП – экваториально-дипольное электрическое просвечи-

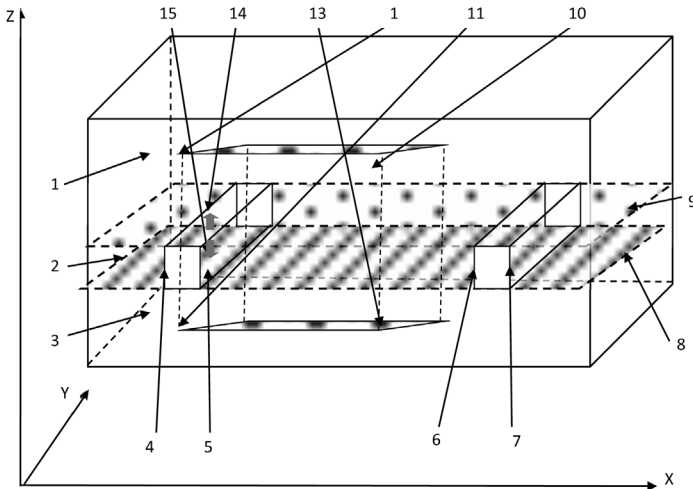


Рис. 1. Схема модели: 1, 2, 3 – вмещающие (боковые) породы и угольный пласт; 4, 5 – левая и правая граница первой выработки; 6, 7 – левая и правая граница второй выработки; 8 – нижняя граница пласта; 9 – верхняя граница пласта; 10 – нарушенная зона; 11, 12, 13 – границы нарушенной зоны (точки задания нарушенной области); 14 – расположение электрода в кровле пласта; 15 – расположение электрода в почве пласта

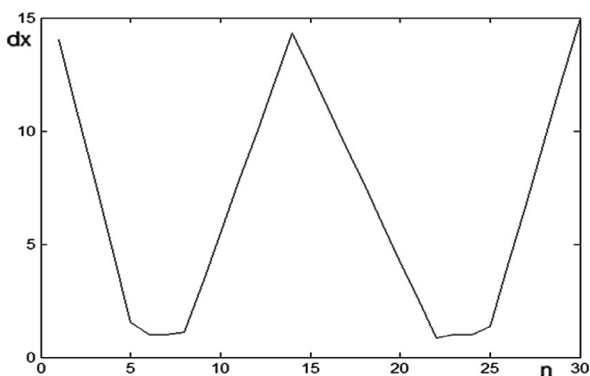


Рис. 2. Зависимость размера ячеек (dx) вдоль оси X

вание. Возможно также моделирование других методов, после внесения небольших изменений в программу моделирования.

Решение прямой задачи осуществляется методом конечных элементов. Область счета разбивается на параллелепипеды, размер которых равен $dx \cdot dy \cdot dz$ и определяется заданием числа разбиений (n — вдоль оси $X(dx)$, k — вдоль оси $Y(dy)$, m — вдоль оси $Z(dz)$) области счета. Выбор количества точек разбиения определяется необходимой точностью расчета. К сожалению, решение данной задачи требует больших производительных ресурсов компьютера и ограничивается объемом оперативной памяти компьютера. Для выхода из создавшейся ситуации применялось разбиение с переменным размером ячеек. Вдоль оси X размер ячеек определяется пропорционально квадрату расстояния от центра горной выработки, пример зависимости размера ячеек вдоль оси X приведен на рис. 2. Как видно, вблизи выработок шаг сетки становится меньше. Аналогично, вдоль оси Z использовано также неравномерное разбиение, так как угольный пласт по мощности (2 м) много меньше размеров области счета (100–200 м) по оси Z . Вдоль оси Y разбиение осуществлялось с постоянным шагом, это было вызвано тем, что зона нарушения задается произвольным образом. В связи с этим на зону нарушения накладывается ограничение на минимальную ширину вдоль оси Y (не менее 2 ячеек). В дальнейшем предполагается модификация программы с неравномерной разбивкой и по оси Y , которая позволит задавать любую ширину зоны нарушения и ориентировать нарушенную зону произвольным образом.

Программа расчета была написана с использованием программы МАТЛАБ. Это связано с тем, что данный программный

продукт имеет широкий спектр функций, как для математических расчетов, так и для графических построений. Для удобства расчетов программа имеет графический интерфейс. Вид интерфейса приведен на рис. 3.

Время расчета зависит от размерности расчетного блока ($n*m*k$) и объема ОЗУ компьютера. При размерности области счета более чем $31*21*11$, при ОЗУ 2 Гб возможен отказ работы программы (переполнение памяти), поэтому для расчетов с детальными и большими областями счета желательно использование компьютеров с большим объемом ОЗУ. В результате расчета программа выводит значения расчетных падений напряжения на измерительном диполе, полученные вдоль профиля второй

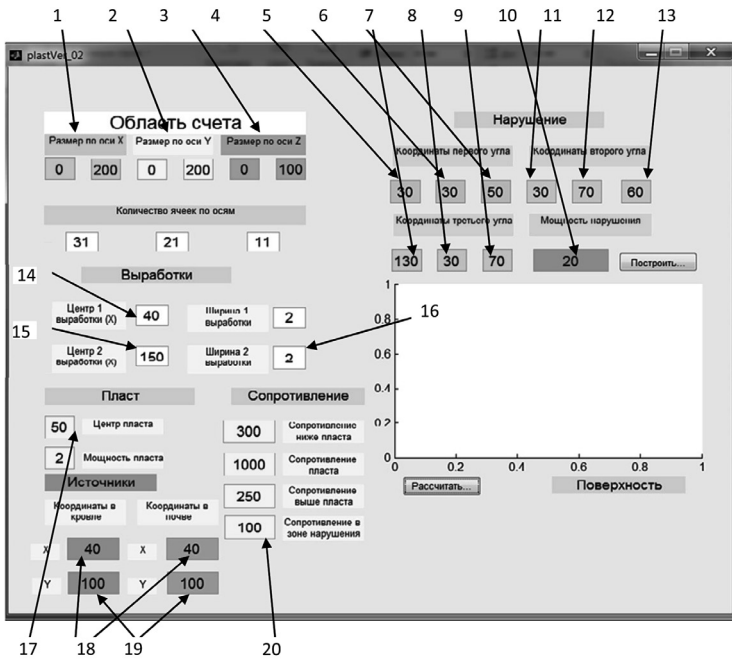


Рис. 3. Интерфейс программы расчета: 1, 2, 3 – размер области счета по оси X, Y, Z (начальный и конечный размер); 4, 5, 6 – координаты левого нижнего угла нарушенной зоны (по оси X, по оси Y, по оси Z); 7, 8, 9 – координаты правого нижнего угла; 10 – ширина зоны нарушения по оси Z; 11, 12, 13 – координаты левого верхнего угла; 14, 15 – координаты первой и второй выработки; 16 – значения ширины выработок; 17 – координаты центра пласта и мощность; 18, 19 – координаты источника в кровле и почве; 20 – сопротивления угольного пласта, вмещающих пород и нарушенной зоны

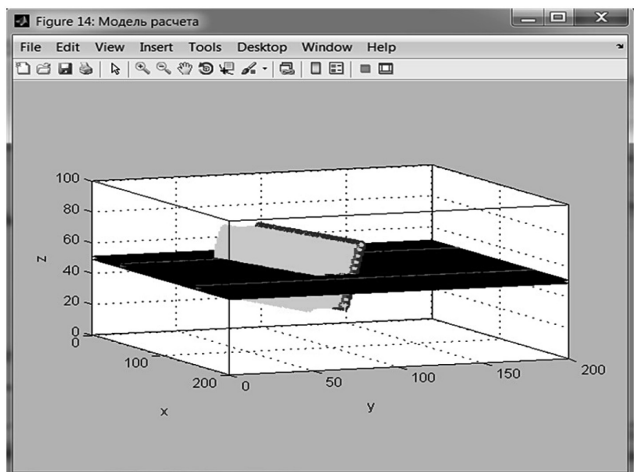


Рис. 4. Модель расчета

выработки. Также в исходную папку записываются расчетные значения во всем объеме счета.

По результатам моделирования проверялась работоспособности программы обработки экспериментальных данных, разрешающая способность метода ЭДЭП и были внесены поправки в программу обработки данных.

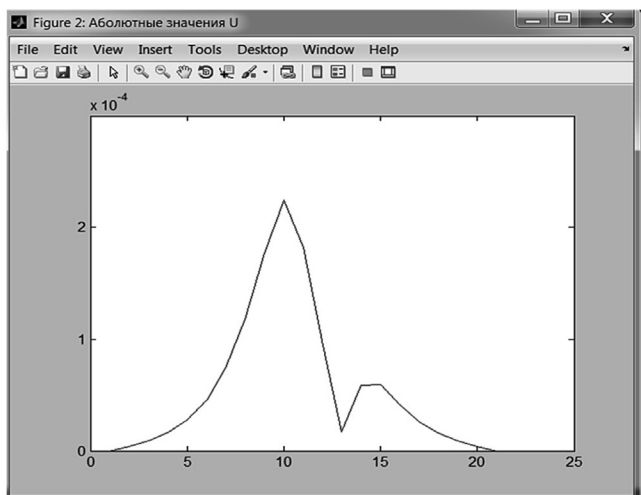


Рис. 5. Представление результатов расчета в графическом виде (для массива с нарушением, рис. 4)

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Гайсин Р.М.*¹ — кандидат технических наук, доцент,
*Набатов В.В.*¹ — кандидат технических наук, доцент,
Потапов П.В. — кандидат технических наук,
зав. лаборатории, АО «НЦ ВостНИИ»,
*Цариков А.Ю.*¹ — аспирант,
¹ МГИ НИТУ «МИСиС», e-mail:ftkp@mail.ru.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 9, pp. 5–10.

UDC
550.837.31

R.M. Gaysin, V.V. Nabatov, P.V. Potapov, A.Yu. Tsarikov **MODELING OF ELECTRIC FIELDS** **IN THE SHAFT ELECTRICAL** **EXPLORATION CONDITIONS**

This article describes the main theses of the program of underground electrical simulation, a view of the calculation model is given. In the article an example of the calculation of the capacity at the receiving dipole in a zone with anomalous values of resistance is provided.

Key words: electrical exploration, modeling, grid, model of environment, equatorial electric dipole-raying.

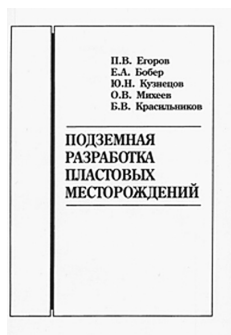
AUTHORS

*Gaysin R.M.*¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
*Nabatov V.V.*¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Potapov P.V., Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory,
Research center VostNII, 650002, Kemerovo, Russia,
*Tsarikov A.Yu.*¹, Graduate Student,

¹ Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia, e-mail:ftkp@mail.ru.



НОВИНКИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»



Подземная разработка пластовых месторождений

Автор: Егоров П.В., Бобер Е.А., Кузнецов Ю.Н., Михеев О.В., Красильников Б.В.

Год: 2016

Страниц: 224

ISBN: 978-5-98672-288-1

UDK: 622.213:622.33(076.1)

Приведены основные расчеты и рекомендации по вскрытию и подготовке пластовых месторождений, системам разработки и технологии очистных работ.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению «Горное дело».