

УДК 622.1001.5; 681.4

Подготовка геометрической части конечноэлементной модели месторождения полезных ископаемых по данным геологических обследований

Напрасникова Ю. В., Филатов М. В.

Белорусский национальный технический университет

При проведении горных работ в окрестности выработки развивается такое напряженно-деформированное состояние (НДС) породы, при котором могут возникнуть трещины или произойти обрушение кровли выработки. Поскольку при возникновении трещиноватости в область выработки могут проникать грунтовые воды, а обрушение кровли увеличивает опасность эксплуатации выработки, то необходимо адекватно рассчитывать НДС в окрестности выработки.

Большой интерес представляет задача об исследовании НДС в массиве горных пород с учетом возможности распространения трещин до водоносных горизонтов.

Поскольку натурные эксперименты невозможны, использование известных решений классической теории упругости весьма ограничено, то единственным подходом для обоснованного проектирования расположения выработок является численное моделирование процесса деформирования и напряженного состояния подрабатываемого массива.

При этом возникает вопрос о построении моделей геологического месторождения на основе трехмерных расчетных схем, в том числе с использованием уточненных данных по результатам геодезических исследований.

Обобщенные физико-механические параметры пород Старобинского месторождения калийных солей представлены в таблице 1. Данные результатов геологических обследований представлены [2].

На практике координаты точек любой поверхности, определяемые путем обмера и используемые затем для получения ее математического описания, известны с некоторой погрешностью, величина которой зависит от погрешности средств измерения. Если погрешность достаточно велика, то это крайне неблагоприятно сказывается на поведении интерполяционной функции.

Таблица 1 – Обобщенные физико-механические параметры пород Старобинского месторождения калийных солей

Порода	Плотность, (кг/м ³)	Модуль Юнга, (ГПа)	Козф. Пуассона	Модуль сдвига, (ГПа)	Предел на сжатие, (МПа)	Предел на растяжение, (МПа)	Угол внутр. Трения (град)	Козф. сцепления, (МПа)
Отложения	2300	0.20	0.49	0.07	10.0	1.75	34.2	2.65
Глина	2150	0.16	0.4	0.20	6.30	1.00	34	1.20
Мергель глинистый	2500	0.80	0.30	0.23	10.0	0.50	20	4.40
Каменная соль	2300	1.75	0.28	0.68	25.2	1.80	44	6.80
Сильвинит	2300	1.64	0.29	0.64	28.9	2.00	44	6.30
Подстилающая соль	2300	2.00	0.35	0.74	35.2	2.40	44	6.80

Поэтому для математического описания экспериментальных данных, определенных с погрешностью, более целесообразно применение сглаживающих функций. Под сглаживающей обычно понимают функцию, проходящую вблизи заданных узлов при этом более "гладкую", чем интерполяционная.

Будем искать аппроксиматор в виде

$$Z(x, y) = \sum_{k,j=1}^m C_{k,j} \cdot \Psi_{k,j}(x, y), \quad (1)$$

где $\Psi_{k,j}(x, y)$ - задаваемые базисные функции;

$C_{k,j}$ - константы, которые нужно подобрать исходя из требования близости аппроксиматора к табличным данным, которое в аналитическом виде может быть записано следующим образом:

$$\sum_{\alpha=1}^n (Z(x_{\alpha}, y_{\alpha}) - z_{\alpha})^2 \xrightarrow{c} \min, \quad \alpha = 1, \dots, n, \quad (2)$$

где $(x_{\alpha}, y_{\alpha}, z_{\alpha})$ - таблица экспериментальных значений.

Применение этого подхода, например, для описания нижней границы глинисто-мергелистой толщи при наборе базисных функций

$$\left(\begin{array}{cccc} 1 & y & \frac{y^2}{30000} & \frac{y^3}{30000^2} \\ x & xy & x \frac{y^2}{30000} & x \frac{y^3}{30000^2} \\ \frac{x^2}{20000} & \frac{x^2}{20000} \cdot y & \frac{x^2}{20000} \cdot \frac{y^2}{30000} & \frac{x^2}{20000} \cdot \frac{y^3}{30000^2} \\ \frac{x^3}{20000^2} & \frac{x^3}{20000^2} \cdot y & \frac{x^3}{20000^2} \cdot \frac{y^2}{30000} & \frac{x^3}{20000^2} \cdot \frac{y^3}{30000^2} \end{array} \right),$$

приводит к набору констант:

$$\left(\begin{array}{cccccc} 1.51 \times 10^{-13} & 1.935 \times 10^{-9} & 1.077 \times 10^{-9} & 1.282 \times 10^{-9} & 0 \\ 1.314 \times 10^{-9} & 5.915 \times 10^{-6} & -3.244 \times 10^{-6} & 2.275 \times 10^{-6} & 0 \\ 6.263 \times 10^{-10} & -2.269 \times 10^{-6} & -6.618 \times 10^{-6} & -9.745 \times 10^{-7} & 0 \\ 4.952 \times 10^{-10} & 1.579 \times 10^{-6} & -2.988 \times 10^{-7} & 4.584 \times 10^{-6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right).$$

Выполнив определение всех необходимых наборов констант для всех слоев, построим 3D модель в среде FlexPDE (Рисунок1).

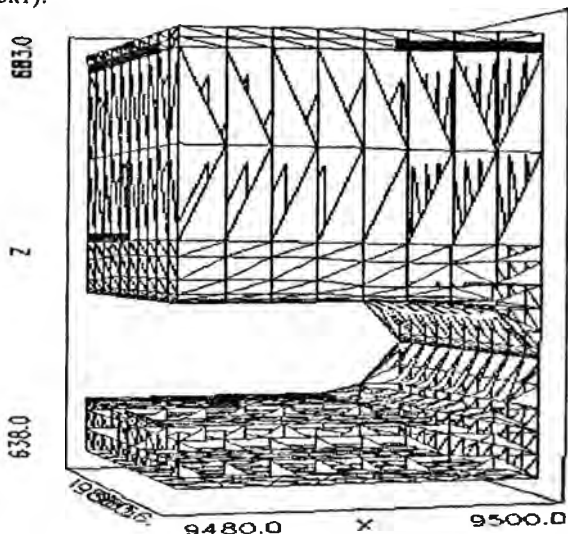


Рис.1. 3D-модель в среде FlexPDE. Район выработки

Литература

1. Журавков, М. А. Численное исследование напряженного состояния массива горных пород с выработкой / М. А. Журавков, Ю. В. Напрасникова // Наука – образованию, производству, экономике: материалы международной научно-технической конференции в 2 т. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – Том 1. – С. 199–203.
2. Разработать комплексные геологические критерии по отнесению ГМТ к ВЗТ, концепцию механизма и концептуальную модель поступления рассолов в горные выработки: отчет о НИР / ОАО Белгорхимпром. – Минск, 2002. – 34 с.