УДК 622.313.31

ПРОВЕРКА КЛАССИЧЕСКИХ И НЕКЛАССИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ РАЗРШЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ СКВАЖИНЫ

Бедарев К. Р., аспирант гр. ФПа–211, I курс
Киреев П. А., аспирант гр. ФПа–211, I курс
Научный руководитель: Сирота Д. Ю., к.т.н., доцент кафедры ТиГМ
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Математическое моделирование геодинамических процессов имеет ряд преимуществ перед физическим моделированием, а именно общность, так как свободно от влияния многочисленных факторов, отражающих специфику геологических тел. В качестве методов математического моделирования используют следствия из механики сплошной среды, а именно теорию упругости, теорию пластичности и механику разрушения. Исследования большого числа ученных, вопроса перехода тела из состояния упругости в пластичность и последующее его разрушение, сводится в огромное число гипотез, в данной работе был проведен их анализ для геодинамических блоков района шахты Распадской. При первом приближении деформации блоковых структур можно считать однородными, а сам блок можно рассмотреть, как однородное тело, которое характеризуется модулем Юнга и коэффициентом Пуассона.

Таблица 1

Результаты обработки данных по измерениям смещений блоковых структур на ГДП «Распадская» и его физические характеристики

σ_1, МПа	σ_2, МПа	σ_3, МПа	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_р$, МПа	$\sigma_т$, МПа	Коэффициент Пуассона μ
12	-10,8	-0,7	11,2	0,85	12,06	0,22

Гипотеза 1 *(Мариотта – Сент-Венана)*, в соответствии с ней пластическая деформация наступает, когда выполняется следующее условие

$$\varepsilon_{\text{T}} = \frac{\sigma_{\text{T}}}{\text{E}}, \qquad (1)$$

где, ε_{T}– наибольшее по модулю значение тензора деформации. σ_{T}– предел текучести, Па. Е – модуль Юнга, Па.σ_1, σ_2, σ_3 – главные компоненты тензора напряжений.

Учитывая закон Гука, данное условие можно записать как:

$$\varepsilon_1 \cdot E = \sigma_1 - \mu \cdot (\sigma_2 + \sigma_3) = \pm\sigma_{\text{T}}, \varepsilon_2 \cdot E = \sigma_2 - \mu \cdot (\sigma_1 + \sigma_3) = \pm\sigma_{\text{T}},$$
$$\varepsilon_3 \cdot E = \sigma_3 - \mu \cdot (\sigma_2 + \sigma_1) = \pm\sigma_{\text{T}}. \qquad (2)$$

Гипотеза 2(А. Ю. Ишлинский), она предполагает, что разрушение материала наступит, когда значения тензора деформации достигнут своих предельных значений.

$$2 \cdot \sigma_1 - \sigma_2 = \pm 2 \cdot \sigma_{\text{T}}, 2 \cdot \sigma_2 - \sigma_1 = \pm 2 \cdot \sigma_{\text{T}}, 2 \cdot \sigma_1 + \sigma_2 = \pm 2 \cdot \sigma_{\text{T}} \quad (3)$$

Гипотеза 3 (Бельтрами – Хейг), говорит, что пластичность наступает, когда общая энергия при деформации на единицу объема достигает предельного значения.

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\mu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1) = \sigma_{\text{т}}^2, \quad (4)$$

где μ – коэффициент Пуассона.

Гипотеза 4(Янг), предполагает, что разрушение происходит, когда выполняется следующее тождество

$$\sigma_1^2 + \frac{9(6\tau_{\text{К}}^2 - \sigma_{\text{Р}}\sigma_{\text{С}})\sigma_{\text{ОКТ}}^2}{\sigma_{\text{Р}}\sigma_{\text{С}}} + \frac{18\tau_{\text{К}}^2(\sigma_{\text{С}} - \sigma_{\text{Р}})\sigma_{\text{ОКТ}}^2}{\sigma_{\text{Р}}\sigma_{\text{С}}} = 6\tau_{\text{К}}^2, \quad (5)$$

где$\tau_{\text{К}}^2$ – эквивалентное касательное напряжение, Па. $\sigma_{\text{С}}$ – предел прочности на сжатие, Па. $\sigma_{\text{р}}$ – предел прочности на растяжение, Па. $\sigma_{\text{окт}}$ – среднее напряжение, Па.

Гипотеза 5(Баландина), предполагает, что критерием разрушения изотропного материала, является удельная потенциальная энергия формоизменения, а выражение имеет вид

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - (\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1) + 3(\sigma_{\text{С}} - \sigma_{\text{Р}})\sigma_{\text{окт}} = \sigma_{\text{Р}}\sigma_{\text{С}} \quad (6)$$

Гипотеза 6 (Боткина-Клебовского), говорит, что между касательными и нормальными напряжениями в октаэдрической плоскости существует линейная связь, а разрушение наступит, когда величина напряжения сдвига достаточна для преодоления сил трения и сцепления между частицами материала, выражение имеет вид

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2} \le \frac{2\sigma_{\text{Р}}\sigma_{\text{С}}}{\sigma_{\text{Р}} + \sigma_{\text{С}}} - \frac{(\sigma_{\text{С}} - \sigma_{\text{Р}})}{\sigma_{\text{Р}} + \sigma_{\text{С}}}(\sigma_1 + \sigma_2) \quad (7)$$

Гипотеза 7(Прагера–Друкера-Миролюбова), предполагает, что разрушение наступит при такой взаимосвязи между главными компонентами тензора напряжений и эквивалентных напряжений

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 6(m + n\sigma_{\text{окт}})^2, \quad (8)$$

где m, n – уточняющие коэффициенты.

Гипотеза 8(Дощинского), говорит, что материал разрушится, когда деформации достигают своих предельных значений

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\mu\frac{2\mu(2 - \mu)}{1 + 2\mu^2}(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1) = \sigma_{\text{Р}}^2 \quad (9)$$

Гипотеза 9 (Хубера - Мизеса), из неё следует, что пластичность достигается, когда энергия формоизменения достигает предельного значения

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_{\text{т}}^2 \quad (10)$$

Проведенное исследование показывает, что геодинамические процессы для рассмотренного блока лучшевсего описывает гипотеза Хубера–Мизеса. Все проведенные вычисления приведены в таблице 2.

Таблица 2

Гипотеза	Погрешность, %
Мариотта – Сент-Венана	92, 04
А. Ю. Ишлинский	34,8
Бельтрами – Хейг	54,16
Янг	82,03
Баландина	97,6
Боткина-Клебовского	86,44
Прагера–Друкера-Миролюбова	99,66
Дощинского	99,79
Хубера - Мизеса	0

Список литературы:

1. Батугина, И. М. Геодинамическое районирование месторождений при проектировании и эксплуатации рудников / И. М. Батугина, И. М. Петухов. – М.: Недра, 1988. – 166 с.

2. Геодинамическое районирование недр: Методические указания. – Л.: ВНИМИ, 1990. – 129 с.

3. Петухов, И. М. Геодинамика недр / И. М. Петухов, И. М. Батугина. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра коммюникейшенс ЛТД, 1999. – 256 с.

4. Орлова, А. В. Палеомагматические построения и анализ блоковых структур. – М.: Недра, 1968. 72 с.

5. Орлова А. В. Блоковые структуры и рельеф. – М.: Недра, 1975. 232 с.