

УДК 622.833.3

РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ МЕЖДУПЛАСТЬЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДРАБОТКИ

Южанин И. А., Терлецкий А. М., Голдин С. В.

(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Евдокимова В. П.

(МакНИИ, г. Макеевка, Украина)

Наведено методу розрахунку деформацій однорідного й шаруватого підроблюваного масиву гірських порід з урахуванням потужності, міцності породних шарів та їхнього взаємовпливу.

Calculation technique for deformations of homogeneous and layered undermined rock mass taking into account thickness, strength of rock layers and their mutual influence is described.

Действующим отраслевым стандартом Украины [1] влияние пород междупластья на формирование защитного действия опережающей разработки для защиты пластов, склонных к газодинамическим явлениям, оценивается мощностью пород междупластья и общим содержанием в них песчаников.

Такому подходу присущи следующие недостатки:

– не учитывается влияние других пород (известняки, песчаные сланцы), которые в ряде случаев по своим прочностным свойствам не уступают песчаникам и даже превосходят их;

– не учитывается расположение породных слоев относительно защитного пласта, вследствие чего остается неучтенным т.н. эффект "экранирования", при котором более прочные слои пород, залегающие ближе к защитному пласту, препятствуют деформированию менее прочных пород, расположенных дальше от пласта.

УкрНИМИ и МакНИИ предложено [2] в качестве показателя, формирующего защитные свойства опережающей разработки, принять величину относительной деформации пород на уровне подзащитного пласта, которая является интегральным показателем, характеризующим геомеханические, горно-геологические и горно-технические условия ведения горных работ. В виде абсолютной величины – смещения пород – этот показатель применяется при решении многих вопросов горного производства: охраны и поддержания горных выработок, управления горным давлением в очистных забоях, выбора крепи, расчета её параметров.

Существующие методики расчета деформаций над – и подрабатываемого массива пород [3, 4 и др.] страдают ограниченностью по условиям применения (Центральный район Донбасса, Донецко–Макеевский район и т.д.), не учитывают всего комплекса факторов, влияющих на величину деформаций.

В работе [2] представлена методика расчета деформаций надрабатываемого слоистого массива пород, основными положениями которой являются следующие:

- к расчету принимаются все слои пород, слагающие междупластье;
- учитываются мощность и крепость слоев пород, их взаиморасположение, которое предопределяет учет эффекта "экранирования" деформаций, взаимовлияния слоев;
- расчет деформаций слоистого массива пород сводится к расчету деформаций однородного массива за счет введения понятия условного расстояния от рассчитываемого слоя до защитного пласта, эквивалентного по прочностным свойствам расстоянию до пласта предыдущего слоя (группы слоев);
- учитывается максимальное количество влияющих факторов.

Указанные положения целесообразно принять и при расчете деформаций подрабатываемого массива пород с учетом особенностей, присущих процессу подработки, одной из которых является наличие зоны беспорядочного обрушения в подработанном массиве. Поскольку породы в этой зоне полностью разгружены от горного давления и дегазированы, защитное действие в её пределах обеспечивается во всех условиях. Величину деформаций на высоте зоны беспорядочного обрушения не рассчитывают, принимая за-

щиту в ней эффективной. Размеры зоны беспорядочного обрушения определяют в соответствии с [5].

Вторая особенность связана с мощностью экранирующего слоя. Она определена расчетным путем по изменению величины деформаций пород при изменении мощности экранирующего слоя. Установлено, что увеличение мощности экранирующего слоя сначала приводит к увеличению относительной деформации слоистого массива пород, а затем к её стабилизации при мощности слоя $m_{\text{экр.}} = 10 \div 15$ м. Таким образом, мощность экранирующего слоя при подработке принята равной 10 м.

Методика расчета деформаций подрабатываемого однородного массива пород была разработана на основе базы данных, сформированной по результатам шахтных исследований смещений массива пород, в основном с помощью глубинных реперов. Большое количество данных получено при испытаниях щитовых агрегатов [6, 7].

Методами корреляционно–регрессионного анализа получено уравнение для расчета деформаций однородного массива пород при подработке:

$$\varepsilon = \exp\left\{ 2,359 + 1,128 \cdot \ln \frac{\gamma H \cdot \cos \alpha}{\sigma_c} - 0,591 \cdot \ln \frac{h}{a \cdot m_э} \right\}, \quad (1)$$

где ε – величина относительной деформации пород, промилле (‰);

$\gamma = 0,025$ МН/м³ – объемный вес пород;

H – глубина залегания защитного пласта, м;

α – угол падения пород, градус;

σ_c – предел прочности пород на одноосное сжатие, МПа;

h – мощность породного слоя, м;

a – минимальных размер подрабатывающей выработки по падению или простиранию, м;

$m_э$ – эффективная мощность защитного пласта.

$m_э$ определяется из выражения

$$m_э = m \cdot k_y, \quad (2)$$

где m – вынимаемая мощность, м;

k_y – коэффициент управления горным давлением, принимается согласно [1].

Проанализируем данное уравнение.

В него входят практически все показатели, характеризующие величину относительной деформации пород, что видно из неоднократного анализа различных методик расчета деформаций пород, выполненных нами ранее: глубина разработки, угол падения, предел прочности пород, величина междупластья, размер выработанного пространства на защитном пласте, его эффективная мощность.

Однако все показатели объединены в две группы показателей: $\gamma \cdot H \cdot \cos \alpha / \sigma_c$ и $h/a \cdot m_3$. Необходимость этого объясняется следующими причинами:

– отдельные показатели не имеют эмпирического распределения, близкого к нормальному, а в группе удается этого достигнуть;

– в группе наблюдается лучшее соответствие показателей физическим процессам деформирования пород. Так, отношение $\gamma \cdot H / R_c$ называют геомеханическим показателем, характеризующим соотношение напряжений в массиве и прочности пород на сжатие. Произведение $H \cdot \cos \alpha$ характеризует нормальную составляющую силы тяжести: на крутом падении, как известно, смещение пород подработанного массива в выработанное пространство происходит по нормали к напластованию. Отношение h/a характеризует относительное расстояние от рассматриваемого слоя до пласта, т.е. в единицах ширины выработанного пространства, в этом отношении полнее раскрывается влияние каждого фактора. Отношение h/m_3 характеризует кратность подработки;

– при применении групп показателей обеспечивается более высокое значение статистик связи между влияющими факторами, которые имеют теоретическое обоснование, опирающееся на нормальное распределение факторов.

Множественный коэффициент корреляции полученного уравнения составляет $R = 0,71$. Коэффициент детерминации равен 0,5.

Уравнение (1) является регрессией, которая получена в следующем диапазоне факторного пространства: $H = 253 \div 860$ м; $\alpha = 20 \div 70^0$; $h = 1,15 \div 338$ м; $a = 80 \div 250$ м; $m = 0,61 \div 1,6$ м; $\varepsilon = 0,04 \div 9,62$ ‰; $f = 4 \div 10$.

Уравнение экстраполировано в область малых углов на основании поведения функции $\cos \alpha$, которая при $\alpha \in [0; 20)$ изменяется от 0,945 до 1, практически оставаясь постоянной. Экстраполяция в область больших значений H основана на поведении функции \ln , которая является рациональной монотонно возрастающей функцией во всем диапазоне ее изменения при положительном значении аргумента.

Уравнение может быть использовано для расчетов относительных деформаций однородного слоя при всех значениях его крепости, кроме $f \in [1; 3]$.

С учетом вышеизложенного расчет деформаций подрабатываемого слоистого массива пород производят в следующей последовательности.

1. Выполняют анализ мощности и крепости слоев междупластья согласно таблице 1.

2. Считая объединенные слои самостоятельными, вновь производят анализ по п.1 до приведения слоев к первой или второй схеме деформирования.

3. Вычисляют деформацию первого (в направлении от защитного пласта) слоя пород по формуле (1) при $h = m_1$ и $f = f_1$, величины H , a , α и m , при расчете остаются постоянными, при этом $a \leq 250$ м.

4. Для каждого последующего слоя пород находят условное расстояние от почвы этого слоя до защитного пласта по формуле

$$h'_i = a \cdot m_s \cdot \exp \left\{ 3,99 + 1,91 \cdot \ln \frac{\gamma H \cdot \cos \alpha}{\sigma_{c,i}} - 1,69 \cdot \ln \varepsilon_{i-1} \right\}, \quad h'_i \geq 0. \quad (3)$$

5. Определяют расчетное расстояние от кровли i -го слоя до защитного пласта по формуле

$$h_i = h'_i + m_i. \quad (4)$$

6. Рассчитывают деформацию данного слоя по формуле

$$\varepsilon_i = \exp \left\{ 2,359 + 1,128 \cdot \ln \frac{\gamma H \cdot \cos \alpha}{\sigma_{c,i}} - 0,591 \cdot \ln \frac{h_i}{a \cdot m_i} \right\}. \quad (5)$$

Таблица 1

Схемы расчета деформаций подрабатываемого слоистого массива пород

№ схем	Соотношение коэффициентов крепости вышележащего f_{i+1} и нижележащего f_i слоев пород	Мощность нижележащего слоя пород m_i	Заключение о характеристике слоев пород
1	$f_{i+1} > f_i$	Любая	Слои считают самостоятельными
2	$f_{i+1} < f_i$	$m_i \geq 10$ м	
3	$f_{i+1} < f_i$	$m_i < 10$ м	Слои объединяют, определяя мощность и крепость новых слоев соответственно по формулам: $m_{i:(i+1)} = m_i + m_{i+1}$ $f_{i:(i+1)} = \frac{f_i \cdot m_i + f_{i+1} \cdot m_{i+1}}{m_i + m_{i+1}}$

7. Расчет завершают на уровне почвы подзащитного пласта или слое пород, на котором $\varepsilon \leq 0,01$.

Величина относительной деформации пород используется при разработке математических моделей определения эффективности защитного действия при опережающей подработке пластов, склонных к газодинамическим явлениям. При этом величина деформаций вносит наиболее существенный вклад в эффект защиты по сравнению с другими показателями [2].

Методика расчета деформаций подрабатываемого массива пород может быть применена и для решения других задач, связанных с разработкой угольных месторождений.

СПИСОК ССЫЛОК

1. СОУ 10.1.00174088.011-2005. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ [Текст]. - Прийнято та надано чинності: наказ Мінвуглепрому від 30.12.2005 р. №145; погоджено: Держнагляд МНС України 20.12.2005р. - Від. офіц. - К.: Мінвуглепром України, 2005.– 225 с.
2. Евдокимова, В.П. Статистический способ определения эффективности защитного действия опережающей надработки выбороопасных пластов [Текст] / В.П. Евдокимова, В.П. Коптиков, И.А. Южанин.– Донецк: Вебер (Донецкое отделение), 2007.– 443 с.
3. Новичихин, И.А. Использование защитных пологих пластов на шахтах Донбасса [Текст] / И.А. Новичихин, В.М. Кулешов, Ю.А. Зайцев.– Донецк: Донбасс, 1977. – 71с.
4. Генкин, В.А. Установление границ зоны разгрузки и защитных зон при разработке защитных пластов на шахтах Центрального района Донбасса [Текст] / В.А. Генкин, Ю.К. Калинин, Н.А. Никифоров, О.И. Агранат // Горное давление и горные удары: сб.науч.тр./ВНИМИ.– Л., 1974.– № 91.– С. 242-246.
5. Южанин И.А., Терлецкий А.М. К вопросу определения коэффициента разрыхления обрушающихся пород // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – Донецьк, 2008. – № 3. – С. 122 – 127.
6. Разработка крутых пластов щитовыми агрегатами [Текст] / А.Ф. Остапенко, С.П. Батыгин, И.А. Южанин, Е.И. Питаленко.– К.:Техніка, 1983.– 100 с.
7. Управление горным давлением в механизированных очистных забоях [Текст] / Ф.Н. Воскобоев, В.И. Распопов, А.Ф. Остапенко и др.– М.: Недра, 1983.– 199 с.