

крепи, уменьшить диаметр ствола (в данном конкретном случае с 9,4 до 8,8 м), снизить трудоемкость и продолжительность работ по бетонированию, а также увеличить скорость проходки.

Библиографический список

1. **Н. С. Булычѳв.** Механика подземных сооружений. Москва Недра, 1994.
2. **Н. С. Булычѳв, Х. И. Абрамсон.** Крепь вертикальных стволов шахт». Москва Недра 1978.
3. **Сергеев С. В.** Передача напряжений в комбинированной крепи стволов. 2006 г. Семинар №15. с.220-223.

УДК 622.002.2

*Б.М. Андреев, д.т.н., проф., зав. каф. СГТ, А.О. Сахно, асп.,
КТУ, г. Кривой Рог, Украина*

ОЦІНКА ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ АНІЗОТРОПНОГО ПОРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА З УРАХУВАННЯМ УМОВ ЙОГО РУЙНУВАННЯ

Для оцінки стійкості та обґрунтування засобів підтримки і параметрів гірничих кріплень надзвичайно важливо знати пружно-деформований стан породного масиву навколо виробок. Найбільш складні умови проведення та підтримки виробок характерні для штреків, які проходять вздовж нашарування пластів сланцевих порід. Треба відзначити, що завдання у вивченні пружно-деформованого стану порід навколо таких виробок виявляється також найбільш складним.

Породний масив при проведенні виробок у напрямку вздовж нашарування сланців має не тільки фізичну анізотропію, що характеризується такими параметрами, як модуль пружності і коефіцієнт поперечних деформацій у взаємно перпендикулярних напрямках: в площині шарів, та в перпендикулярному до площині шарів напрямку, але й анізотропію характеристик міцності.

Стосовно фізичної анізотропії сланцевого породного масиву пропонується розглядати його як трансверсально-ізотропне середовище, матриця пружності якого визначена з урахуванням кута падіння сланцевих шарів [1].

При оцінці міцності анізотропних масивів визначну роль відіграє міцність по структурним послабленням породного масиву, до яких відносяться тріщини та контакти породних шарів. Наявність поверхонь послаблення перетворюють породний масив в анізотропний по властивостям його міцності. Міцність породного масиву залежить від значення кута α' , який складає напрямок дії максимальних головних напружень в породному масиві σ_1 з площиною структурного

ослаблення. Слід відзначити, що на підставі широких досліджень міцності шаруватих середовищ на зразках порід та еквівалентних матеріалів, в яких мають-ся внутрішні поверхні ослаблення, в лабораторних та натурних умовах [2, 3], з достатнім наближенням анізотропію властивостей міцності масиву можна врахувати, розглядаючи руйнування масиву по двох напрямках: співпадаючому з площиною контакту шарів, які являють собою поверхню ослаблення міцності; не співпадаючих з площиною контакту шарів.

В останньому випадку руйнування масиву може відбуватись внаслідок перевищення напруженнями, що діють у напрямку розтягування, міцності масиву на розрив T

$$\sigma_3 = -T \quad (T > 0), \quad (1)$$

або виконанням критерію Кулона в області стискання

$$\sigma_1 > S + \operatorname{ctg} \psi \cdot \sigma_3, \quad (2)$$

де $S = 2C \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ – межа міцності при одноосному стисканні;

C, φ – зчеплення та кут внутрішнього тертя порід.

$$\operatorname{ctg} \psi = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}. \quad (3)$$

Урахування пластичних деформацій в задачах трансверсально-ізотропного масиву при його руйнуванні по площинам, які не співпадають з контактами нашарування порід, або мають по контактам таку ж саму міцність, як і в інших напрямках, виконане в роботі [4].

В даній статті ставиться за мету визначення приведених до осей головних напружень показників міцності порід, які б дали можливість враховувати руйнування порід по поверхням ослаблення міцності для розв'язання задачі пружно-пластичного деформування трансверсально-ізотропного середовища методом деформаційної теорії пластичності.

Існує зв'язок між нормальними σ_n та дотичними τ_t напруженнями в площині шарів та головними напруженнями σ_1 і σ_3 , (мал.1).

$$\sigma_n = \sigma_1 \sin^2 \alpha' + \sigma_3 \cos^2 \alpha'; \quad (5)$$

$$|\tau_m| = |\cos \alpha' \cdot \sin \alpha' \cdot (\sigma_1 - \sigma_3)|. \quad (6)$$

Оскільки $\sigma_1 - \sigma_3 \geq 0$ (стискаючі напруження беруться із знаком +), та розглядаючи діапазон $-\pi/2 \leq \alpha' \leq \pi/2$, де $\cos \alpha' \geq 0$, вираз (6) можна записати

$$|\tau_T| = \cos \alpha' \cdot \sin |\alpha'| \cdot (\sigma_1 - \sigma_3). \quad (7)$$

Підставивши значення (5) в умову (4), знайдемо

$$\sigma_3 = - \frac{T_K + \sigma_1 \sin^2 \alpha'}{\cos^2 \alpha'}. \quad (8)$$

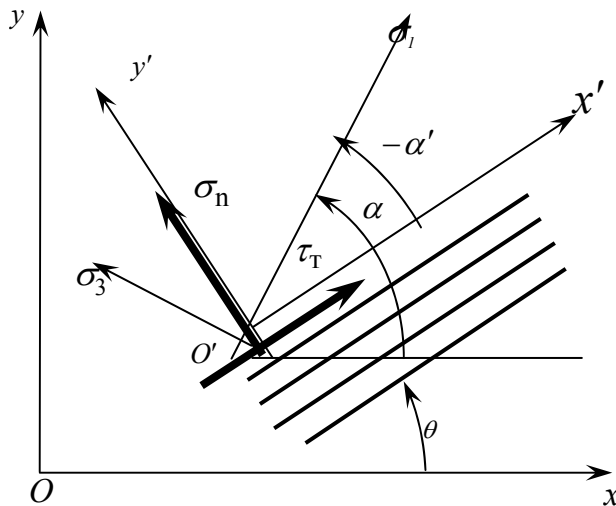


Рис. 1. Розміщення координатних систем відносно нашарувань порід

Тоді, згідно рекомендацій [5], вираз межі опору анізотропного за властивостями міцності масиву напруженням, що розтягують його у напрямку σ_3 , можна записати у вигляді

$$\sigma_3 = \max \left\{ \begin{array}{l} -T; \\ -\frac{T_K + \sigma_1 \sin^2 \alpha'}{\cos^2 \alpha'}. \end{array} \right. \quad (9)$$

Критерієм руйнування масиву по контактам ослаблення його міцності в області стискаючих напружень є умова Кулона

$$|\tau_T| > C_T + \operatorname{tg} \varphi_T \cdot \sigma_n. \quad (10)$$

Підставивши значення (7) в умову (10), знайдемо:

$$\sigma_1 = \frac{C_T \cdot \cos \varphi_T}{\sin |\alpha'| \cdot \cos(|\alpha'| + \varphi_T)} + \frac{\cos \alpha' \cdot \sin(|\alpha'| + \varphi_T)}{\sin |\alpha'| \cdot \cos(|\alpha'| + \varphi_T)} \cdot \sigma_3. \quad (11)$$

Слідуючи рекомендаціям [5], можна записати вираз граничного опору в області стискаючих напружень анізотропного за міцністю масиву по напрямку σ_1

$$\sigma_3 = \min \left\{ \begin{array}{l} S + \operatorname{ctg} \psi \cdot \sigma_3; \\ S_{\Pi} + \operatorname{ctg} \psi_{\Pi} \cdot \sigma_3, \end{array} \right. \quad (12)$$

де S_{Π} , ψ_{Π} , – приведені до осей головних напружень міцність порід при одноосному стисканні та кут ψ для умов зсуву по контактам

$$S_{\Pi} = \frac{C_T \cdot \cos \varphi_T}{\sin |\alpha'| \cdot \cos (|\alpha'| + \varphi_T)}; \quad \operatorname{ctg} \psi_{\Pi} = \frac{\cos \alpha' \cdot \sin (|\alpha'| + \varphi_T)}{\sin |\alpha'| \cdot \cos (|\alpha'| + \varphi_T)}. \quad (13)$$

Таким чином, маючи приведені до осей головних напружень значення міцності порід при одноосному стисканні S_{Π} та кут ψ_{Π} для умов зсуву по контактам, і визначаючи умови руйнування послабленого контактами шаруватого масиву виразами (9) та (12), за допомогою викладеної в [4] методики знаходження теоретичних напружень пружно-пластичного трансверсально-ізотропного масиву порід з розміцненням, в методі початкових напружень можна враховувати анізотропію міцності породного масиву, що має структурні послаблення у вигляді тріщин, контактів породних шарів, тощо.

Библиографический список

1. Сахно А.О. Основи врахування анізотропії для оцінки пластично-пружного деформування порід // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений. Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, организованной кафедрой «Строительство шахт и подземных сооружений» – Донецк, 2007 – Выпуск 13 – С. 15-17.
2. Прочность и деформируемость горных пород / Ю.М.Карташов, Б.В.Матвеев, Г.В.Михеев и др. – М.: Недра, 1979. – 269 с.
3. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок – М.: Недра, 1976. – 272 с.
4. Андреев Б.М., Сахно А.О. Модель пружно-пластичного трансверсально-ізотропного масиву порід з розміцненням в методі початкових напружень // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2007. - №5. – С.23-28.
5. Баклашов И.В. Деформирование и разрушение горных массивов. – М.: Недра, 1989. – 271 с.

УДК 622.831

А.В. Солодянкин, к.т.н., доц., В.В. Янко, асп., каф., СГМ,
НГУ, г.Днепропетровск, Украина

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТОК ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ ЗОН ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Рост глубины разработки угольных месторождений приводит к увеличению горного давления, температуры окружающих пород, повышению вероятности внезапных выбросов угля, пород, газа и горных ударов, что существенно усложняет ведение горных работ, часто приводит к аварийным ситуациям, увеличивает себестоимость угля. В настоящее время ряд шахт в Украине ведет раз-