

**В.Й. Сивко, к.т.н., доц., с.н.с.**  
*Житомирський інженерно-технологічний інститут*

## **МЕТОД ПРОГНОЗУ ЗМЕНШЕННЯ ПЕРЕТИНУ ШТРЕКІВ У ЗОНІ ВПЛИВУ ОЧИСНИХ РОБІТ**

*(Представлено д.т.н., проф. Бакка М.Т.)*

*Представлені отримані на основі статистичної обробки експериментальних даних шахтних досліджень кореляційні багатофакторні залежності, які уможливають дати наближений прогноз утрати перетину відкаточних штреків у зоні інтенсивних деформацій і на його основі вибирати раціональні параметри способу охорони, а за необхідності – потрібний запас площі перетину виробки при її проведенні.*

Із збільшенням глибини розробки вугільних пластів зростає інтенсивність гірського тиску, відбуваються значні деформації й руйнування кріплення підземних виробок, що призводить до значних витрат на їх ремонт і підтримання. У зв'язку з цим зростає актуальність збереження підготовчих виробок у робочому стані протягом усього терміну їх служби.

Вибір розмірів і форми виробок, типу й параметрів їх кріплення, способу охорони та його параметрів може бути здійснений ще в стадії проектування за умови, що будуть визначені характер та величина зміщень бокових порід навколо виробки.

Розрахунок зміщень контуру виробки під дією гірського тиску у даній час виконується за допомогою аналітичних методів, заснованих на теорії механіки суцільного середовища, та інженерних методів. Однак застосування аналітичних методів поки що обмежене через велику складність процесу деформування гірських порід навкруг виробки, невідомість про напружений стан та фізико-механічні властивості порід [2]. Існуючі інженерні методи прогнозу проявів гірського тиску засновані на інструментальних спостереженнях за зміщеннями порід у гірничих виробках, однак практичне їх застосування для конкретних умов утруднюється через складність отримання значень деяких параметрів, що входять у розрахункові формули.

Пропонований у даній статті приблизний метод розрахунку дозволяє визначити зменшення перетину підготовчих виробок у зоні впливу очисних робіт залежно від основних чинників. Метод заснований на використанні даних з вимірів площі перетину підготовчих виробок безпосередньо після їхнього проведення та за зоною активного впливу очисних робіт. Вихідними даними для розробки методу були матеріали обстеження 78 пластових підготовчих виробок на вугільних шахтах Селезньовського і Луганського геолого-промислових районів Донбасу. На основі аналізу результатів обстеження з урахуванням гірничотехнічних умов розробки пластів визначені основні причини порушення кріплення й деформування порід у підготовчих виробках [1].

На обстежених шахтах застосовуються суцільна й стовпова системи розробки, з різними схемами охорони транспортних і вентиляційних штреків. Глибина розробки становить 250–300 м. Кріплення штреків – металеве аркове податливе або дерев'яне (неповним дверним окладом). Охорона відкаточних штреків здебільшого здійснюється ціликами вугілля з боку підняття за наявності масиву з боку падіння. Ширина ціликів коливається від 5 до 30 м. Іноді розміри ціликів виявляються завищеними, що веде до невиправданих великих витрат вугілля, а іноді їх розміри занижені і не забезпечують охорону виробок від шкідливого впливу очисних робіт. Підтримання штреків у робочому стані при недостатніх розмірах охоронних ціликів пов'язане з великими трудовими та матеріальними витратами. Спостерігалось чимало випадків, коли виробки перекріплюються 2–3 рази на рік. Безремонтне підтримання підготовчих виробок можливе тоді, коли охоронні цілики мають ширину, не меншу за розмір зони шкідливого впливу опорного тиску. У свою чергу, розмір цієї зони значною мірою визначається типом та властивостями порід покрівлі розроблюваного пласта.

На багатьох шахтах застосовується охорона відкаточних штреків бутовими смугами за підняттям та масивом вугілля за падінням. Штрек проводять вузьким ходом по пласту з підриванням порід покрівлі чи підшви пласта. Услід за посуванням очисного вибою вище штреку у виробленому просторі укладають бутову смугу шириною від 8 до 20 м. У низці випадків над штреком встановлюють 1–2 ряди кострів із наступним викладанням бутової смуги шириною 8–10 м.

Стійкість підготовчих виробок, як відомо, загалом залежить від цілого комплексу факторів. Деякі з них є загальними для капітальних та підготовчих виробок. Це – глибина розташування від поверхні; будова, міцність та тріщинуватість порід, форма й розміри перетину виробки; тип, опорна здатність і податливість кріплення. Інші фактори є специфічними тільки для

підготовчих виробок, підданих впливу очисних робіт: система розробки, порядок та тривалість відраціонування пласта, його потужність, спосіб охорони виробки, розташування її відносно країв ціликів та виробленого простору, спосіб керування покрівлею в лаві, крок обвалення покрівлі, тривалість зрушення порід над виробленим простором тощо.

Кожний з факторів другої групи більшою чи меншою мірою впливає на формування опорного тиску в масиві порід поблизу контуру очисного виймання. Стійкість підготовчих виробок значною мірою залежить від наявного сполучення всіх наведених факторів.

Зрозуміло, що встановлення кількісного впливу кожного з факторів при несівпадаючих їхніх сполученнях в різних умовах на характер зрушення порід є неможливим. Таким чином, для кожного випадку конкретних умов задача зводиться до встановлення головних або, точніше, сукупності таких факторів. Проявом сумісного впливу низки факторів є розмір зони шкідливого впливу очисних робіт та тривалість цього впливу.

У результаті обстеження було встановлено, що 93 % відкаточних і вентиляційних штреків як з металевим податливим, так і з дерев'яним кріпленням у зоні впливу очисних робіт знаходяться у незадовільному стані і потребують ремонту чи відновлення, інші 7 % виробок знаходяться у робочому стані (всі вони закріплені арковим податливим кріпленням). Охорона виробок, які знаходяться у гарному стані, здійснювалась способами "масив-цілик" та "масив-бутова смуга" при ширині цілика чи бутової смуги 15÷20 м. Характерними порушеннями аркового податливого кріплення є вигін верхняків, деформування піжок з боку лави, вдавнення піжок кріплення в підшову виробки. Для дерев'яного кріплення характерними є поломка стійка та верхняків, видавлювання стійків у виробку.

Для дослідження впливу основних факторів на стійкість виробок у зоні впливу очисних робіт були зібрані такі дані за 52 відкаточними штреками: перетин у світлі в період проходки виробки  $S_n$ , перетин у світлі після періоду інтенсивних зміщень порід у зоні впливу очисних робіт  $S_{o,p}$ , глибина від поверхні  $H$ , міцність порід покрівлі і підшови  $\sigma_{cm}$ , схильність породи підшови до здимання, потужність пласта  $m$ , ширина охоронних ціликів  $b_c$  (бутових смуг  $b_{b,cm}$ ). Інші фактори були або однаковими для всіх виробок (тип кріплення, спосіб керування покрівлею тощо), або близькими (швидкість посування очисних робіт, довжина лави тощо).

Усі виробки за способом охорони були розподілені на дві групи: 34 – за способом "масив-цілик" та 18 – за способом "масив-бутова смуга". Після попереднього аналізу зібрані дані були опрацьовані на ЕОМ із застосуванням методу множинної кореляції.

Як показник стійкості виробок прийнято зменшення площі їхнього поперечного перетину у світлі у відсотках:

$$P = \frac{S_n - S_{o,p}}{S_n} \cdot 100\%,$$

що дозволяє отримати безрозмірну характеристику та деякою мірою зменшити вплив фактора площі перетину виробки.

Зміщення порід поблизу підготовчої виробки визначається їхнім напруженим станом, який, у свою чергу, залежить від глибини розробки  $H$  [3], ваги товщі порід над виробкою  $\gamma H$  (де  $\gamma$  – об'ємна вага порід), розмірами охоронних ціликів або бутових смуг  $b$ , міцністю порід  $\sigma_{cm}$ , потужністю пласта  $m$  і площею перетину виробки при проходці  $S_n$ . Таким чином, у загальному вигляді залежність втрати перетину виробки  $\Delta S = S_n - S_{o,p}$  від зазначених факторів можна виразити такою функцією:

$$\Delta S = f(\Delta H, \sigma_{cm}, m, b, S_n). \quad (1)$$

З теорії розмірностей відомо, що відповідно до II-теорема повна система з  $n$  параметрів і однієї величини, яка визначається, має дати  $(n + 1 - t)$  безрозмірних комбінацій (де  $t$  – кількість незалежних розмірностей). Оскільки у даному випадку кількість незалежних розмірностей  $t = 2$ , отримуємо 3 безрозмірні комбінації:

$$\frac{\Delta S}{S_n}; \quad \frac{\gamma H}{\sigma_{cm}}; \quad \frac{b}{m}, \quad (2)$$

за допомогою яких можна скласти простішу ніж (1) залежність вигляду

$$\frac{\Delta S}{S_n} = f\left(\frac{\gamma H}{\sigma_{cm}}, \frac{b}{m}\right), \quad (3)$$

у якій порядки значень безрозмірних комбінацій (2) будуть дорівнювати:

$$\frac{\Delta S}{S_n} \cong 10^{-1}; \quad \frac{\gamma H}{\sigma_{cm}} \cong 1; \quad \frac{b}{m} \cong 10^{-1}.$$

Для визначення виду залежності були побудовані кореляційні поля і досліджені парні зв'язки між втратою площі перетину виробки  $P = \Delta S/S_n$  і параметрами  $\gamma H/\sigma_{cm}$  та  $b/m$  для двох способів охорони, що розглядаються, а також внутрішні зв'язки між безрозмірними параметрами. Для способу охорони "масив-бутова смуга" отримані сильні лінійні зв'язки між показником  $P$  і незалежними параметрами, для способу охорони "масив-цілик" – лінійні зв'язки середньої сили.

Для способу охорони "масив-бутова смуга" отриманий зведений коефіцієнт кореляції  $R = 0,78$  та часткові коефіцієнти кореляції, що вказують на наявність сильного множинного лінійного зв'язку. Для способу охорони "масив-цілик" зведений коефіцієнт кореляції  $R = 0,54$  і часткові коефіцієнти дещо нижчі, але за оцінкою коефіцієнта множинної кореляції зв'язок між  $P$ ,  $\gamma H/\sigma_{cm}$  і  $b/m$  є суттєвим.

Рівняння множинної регресії для умов, що розглядаються, може бути представлено у вигляді:

$$P = a_1 \frac{\gamma H}{\sigma_{cm}} + a_2 \frac{b}{m} + a_3, \quad (4)$$

де  $a_1$ ,  $a_2$  і  $a_3$  – коефіцієнти регресії.

Коефіцієнти регресії, обчислені за допомогою ЕОМ, виявилися такими: для способу охорони "масив-цілик"  $a_1 = 3,349$ ,  $a_2 = -0,5935$ ,  $a_3 = 32,74$ ; для способу охорони "масив-бутова смуга"  $a_1 = 8,452$ ,  $a_2 = -1,453$ ,  $a_3 = 33,25$ . Таким чином, рівняння множинної регресії (4) набуває вигляду (при залишенні у числових коефіцієнтах трьох значущих цифр):

– для способу охорони ціликами:

$$P = 3,35 \frac{\gamma H}{\sigma_{cm}} - 0,594 \frac{b_m}{m} + 32,7; \quad (5)$$

– для способу охорони бутовими смугами:

$$P = 8,45 \frac{\gamma H}{\sigma_{cm}} - 1,45 \frac{b_{б-см}}{m} + 33,3. \quad (6)$$

Отримані рівняння (5) і (6) можуть використовуватися для наближеної оцінки й прогнозу проявів гірського тиску у відкаточних виробках із достатньою для практичних цілей точністю. Середнє відхилення обчислених значень від фактичних складає 30,7 % для способу охорони штреків ціликами та 30,6 % – для способу охорони бутовими смугами. Вірогідність того, що фактична втрата перетину виробки буде відрізняться від розрахованої не більше, як на 30 %, складає для способу охорони "масив-цілик" 0,71, для способу охорони "масив-бутова смуга" – 0,82.

Таким чином, отримані на основі статистичної обробки результатів шахтних досліджень кореляційні багатофакторні залежності дають можливість дати наближений прогноз утрати перетину відкаточних штреків у зоні інтенсивних деформацій і на його основі вибрати раціональні параметри способу охорони, а за необхідності – потрібний запас перетину при проведенні виробки. Прийняття того або іншого рішення має бути обґрунтовано техніко-економічним розрахунком.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Глушко В.Т., Сивко В.И. Измерения смещений пород в пластовых штреках // Проявления горного давления в глубоких шахтах. – К.: Наукова думка. – 1971. – С. 147–158.
2. Савостьянов А.В., Клочков В.Г. Управление состоянием массива горных пород. – Киев: УМК ВО, 1992. – 276 с.
3. Савостьянов А.В., Сивко В.И. Исследование влияния глубины разработки на распределение напряжений в массиве // Горный журнал. Известия ВУЗов. – Свердловск, 1965. – № 7. – С. 29–32.

СИВКО Вадим Йосипович – кандидат технічних наук, доцент кафедри геотехнологій і промислової екології Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- розробка родовищ корисних копалин;
- охорона праці в гірництві.