

Остапчук А.О., аспірант
Науковий керівник: Фролов О.О., д-р техн. наук, проф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАПОБІЖНИХ ЦІЛИКІВ ПРИ ВІДРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН В НЕРОБОЧИХ БОРТАХ КАР'ЄРІВ

При досягненні граничного коефіцієнта розкриття, коли подальша розробка родовища відкритим способом стає економічно недоцільною, в надрах зазвичай ще залишаються значні обсяги невинятних запасів корисних копалин. Одним з напрямків їхнього виймання є відробка прибортових запасів шляхом застосування технології безлюдного видобутку, в основі яких закладені принципи застосування бурових агрегатів різної конструкції без присутності людини безпосередньо у вибої. Розробка таких запасів дозволить збільшити ступінь виймання корисних копалин та підвищити ефективність освоєння родовища.

Для відробки запасів в бортах кар'єру найбільш доцільним є застосування безлюдної технології виймання з відкритих виробок, в основі якої закладено принципи руйнування корисних копалин агрегатами з буровим або ріжучим виконавчим органом (типу Highwall). Видобуток комплексами Highwall широко використовується в США, Австралії, Індонезії та інших країнах світу.

До параметрів, які визначають можливість безпечного і економічно ефективного застосування систем Highwall, належать:

- стійка ширина покрівлі виїмкових камер;
- ширина міжкамерних ціликів;
- ширина міжблокових ціликів;
- відстань між міжблоковими ціликами.

Дослідним шляхом встановлено, що розміри міжкамерних ціликів знаходяться в прямій залежності від ширини виїмкових камер, а також їх довжини і вимагають врахування наступних обмежень:

- виймання породи в камері не повинно перевищувати часу збереження стійкості оголень покрівлі;
- зміщення порід покрівлі під час перебування виїмального модуля в камері не повинні перевищувати їх допустимих критичних значень;
- ресурс працездатності виїмального органу повинен бути більше часу відпрацювання камери.

У виїмальних камерах (рис. 1) процес руйнування покрівлі відбувається шляхом відриву або зсуву (зрушення і відриву) і далі вигину її шарів. Характеристики міцності параметрів, від яких залежать ці руйнування, в тій чи іншій мірі, пропорціональні міцності масиву на стиснення.



Рис. 1. Виїмальні камери і міжкамерні цілики

Стійку ширину покрівлі камери $B_{ст}$ з урахуванням глибини виробки, можна визначити за формулою:

$$B_{ст} = (0,025 \dots 0,035)(1 - 0,2\gamma H / \lambda \sigma_{ст.зр}) \lambda \sigma_{ст.зр} / \gamma, \text{ м} \quad (1)$$

де γ – питома вага порід, МН/м^3 ; $\sigma_{ст.зр}$ – міцність монолітного лабораторного зразка породи на одноосове стиснення, МН/м^2 ; λ – коефіцієнт структурного ослаблення масиву, який визначається як відношення мінімальної міцності масиву до міцності монолітного лабораторного зразка на одноосове стиснення; H – глибина розміщення виїмальної камери, м.

Якщо відсутні точні відомості про стійкість покрівлі на проектній ділянці, то стійку ширину покрівлі камери $B_{ст}$ можна визначити за формулою:

$$B_{ст} = (0,025 \dots 0,035) \lambda \sigma_{ст.зр} / \gamma, \text{ м.} \quad (2)$$

Висота обвалення покрівлі ($h_{об}$) визначається:

$$h_{об} = (B_k - B_{ст}) / 2 \operatorname{tg} \varphi_{об}, \text{ м,} \quad (3)$$

де B_k – ширина камери, м; $\varphi_{об}$ – кут обвалення порід, рівний 15-25°. Для міцності масиву менше 5 МПа – 15°, від 5 до 10 МПа кут обвалення збільшується на 2° на кожний один МПа, більше 10 МПа – 25°.

У випадках, коли над корисною копалиною безпосередньо залягають нестійкі породи (псевдо) покрівлі або по розрахунку тимчасовий стійкий проліт менше ширини камери необхідно залишити захисні пачки корисних копалин. Товщина захисної пачки в залежності від потужності нестійкої псевдопокрівлі ($h_{л.к.}$) і ширини камери визначається за формулою:

$$h_{зак} = (k \cdot \gamma \cdot B_k^2 / 4 \cdot \sigma_p) + \left[(k \cdot \gamma \cdot B_k^2 / 4 \cdot \sigma_p)^2 + \gamma_{л.к.} \cdot h_{л.к.} \cdot B_k^2 \right]^{0,5}, \text{ м,} \quad (4)$$

де k – коефіцієнт, що визначає положення пласта в просторі (не менше 0,3):

$$k = \cos \theta \cdot \sin \alpha; \quad (5)$$

де θ – кут між віссю простягання пласта і направленням камери, град; α – кут падіння пласта, град; γ – об'ємна вага корисної копалини; $\gamma_{л.к.}$ – об'ємна вага нестійкої (псевдо) покрівлі; $h_{л.к.}$ – потужність породи нестійкої (псевдо) покрівлі, м; σ_p – міцність породи в масиві на розтягнення.

Початкову товщину захисної пачки необхідно приймати не менше 1,0 м. В подальшому можна дослідним шляхом встановити її мінімально допустиму товщину.

Ширина міжкамерних ціликів повинна бути такою, щоб виключалося їхнє передчасне руйнування, тобто вони повинні деформуватися тільки після закінчення проведення другої від цілика виймальної камери. В цьому випадку при проведенні чергової виймальної камери, попередня пройдена камера повинна знаходитися ще в стійкому стані, а міжкамерний цілик на межі з виробленим простором не повинен бути зруйнований. При забезпеченні таких умов будуть відсутні аварійні ситуації під час проходження виймальних камер.

У загальному випадку розрахунок ціликів на практиці рекомендується здійснювати на основі методів, використовуваних при визначенні параметрів камерної системи розробки пластів вугілля відкрито-підземним способом. Ширина міжкамерних ціликів може прийматися на рівні 1/3 або 1/2 від виймальної потужності пласта. Однак, мінімальна ширина міжкамерного цілика (з досвіду) повинна складати 1 м.

Максимальна ширина міжкамерного цілика залежить від міцності порід, глибини відпрацювання пласта, його потужності і визначається з умови забезпечення стійкості:

$$B_{мкц} = \frac{\gamma \cdot H_{сер} - a \cdot \sigma_{пл} + \left[(\gamma \cdot H_{сер} - a \cdot \sigma_{пл})^2 + 4 \cdot c \cdot B_k \cdot \sigma_{пл} \cdot \gamma \cdot H_{сер} / m_{пл} \right]^{0,5}}{2c \cdot \sigma_{пл} / m_{пл}}, \text{ м,} \quad (6)$$

де $B_{мкц}$ – ширина міжкамерного цілика, м; $H_{сер}$ – середня глибина відпрацювання, м; B_k – ширина виймальної камери, м; $\sigma_{пл}$ – опір пласта вугілля одноосьовому стисненню, МПа; a, c – коефіцієнти відповідно рівні 0,4 і 0,6; $m_{пл}$ – потужність пласта, м.

Для запобігання утворення заколів і вивалів порід рекомендується через певну оптимальну кількість камер залишати бар'єрні (міжблокові) цілики вугілля. Ширина міжблокових ціликів визначається як:

$$B_{мбц} = \frac{-0,4\delta_{пл} + \gamma \cdot H_{сер}}{\frac{0,6\delta_{пл}}{m}} + \frac{\sqrt{(0,4\delta_{пл} - \gamma \cdot H_{сер})^2 + 4 \cdot \frac{0,6\delta_{пл}}{m} (0,25\gamma \cdot L_{мбц}^2 - \gamma \cdot H_{сер} \cdot L_{мбц})}}{\frac{0,6\delta_{пл}}{m}}, \text{ м} \quad (7)$$

де $\delta_{пл}$ – міцність породи у масиві, МН; $L_{мбц}$ – відстань між міжблоковими ціликами, визначається в залежності від глибини відпрацювання і ширини міжкамерних ціликів з урахуванням загального балансу сил розвантаження у камер і привантаження на цілики на основі кута тиску (φ):

$$L_{мбц} = \frac{\delta_{пл} \left(2 + \frac{0,6B_{мкц}}{m} \right) \frac{B_{мкц}}{B_k + B_{мкц}}}{0,25 \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi}, \text{ м.} \quad (8)$$

На практиці рекомендована відстань між міжблоковими ціликами приймати не менше ширини зони опорного тиску від впливу очисних робіт.

Таким чином, наведено технологічні параметри вироблень в бортах кар'єру та запропоновано формули для їх розрахунку, які забезпечують безпечне і ефективне застосування систем Highwall, а саме – стійка ширина покрівлі виїмкових камер; ширина міжкамерних ціликів; ширина міжблокових ціликів; відстань міжблоковими ціликами.