

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

МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ГІРСЬКОГО МАСИВУ ПРИ ВИЙМАННІ ПРИБОРТОВИХ ЗАПАСІВ БУРОГО ВУГІЛЛЯ

При видобуванні корисних копалин однією з головних задач є найбільш повне виймання їх з надр. Аналіз наукової літератури показує, що після відробки родовищ в бортах кар'єрів може залишатися від 20 до 45 % корисних копалин. Їх зазвичай відносять до нормативних втрат. Розробка прибортових запасів дозволяє збільшити ступінь виймання корисних копалин та підвищити ефективність відробки кар'єрів.

Найбільш перспективним напрямком з виймання прибортових запасів кар'єрів в межах ліцензійних площ є застосування комбінованої технології відробки. Вона є ефективною для діючих кар'єрів, оскільки підвищує їх рентабельність та повноту виймання корисних копалин. Перехід від відкритої розробки до підземного видобутку не потребує значних матеріальних і фінансових витрат при відробці прибортових запасів. Однак, дослідники зазначають, що лише 18 % гірничих підприємств здійснюють розробку прибортових запасів. Інші підприємства переводять ці запаси категорію забалансових та списують. Тому виймання корисних копалин в бортах кар'єрів є актуальним.

Особливість відробки запасів в бортах кар'єру полягає в тому, що при їх вийманні змінюються геомеханічні властивості прибортового гірського масиву. Проведення гірничих виробок в бортах кар'єру змінює напружено-деформований стан масиву. Це негативно впливає на стійкість укосів та сприяє утворенню поверхонь ковзання, що може спричинити обвалення порід. Тому виймання корисних копалин треба здійснювати лише після приведення укосів у гарантовано стійкий стан. При постановці бортів у кінцеве положення необхідно враховувати фізико-механічні властивості гірських масивів, гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови розробки родовища, кути укосів бортів кар'єру, розміщення корисних копалин у бортах та його кількість.

Останнім часом, для відробки корисних копалин в неробочих бортах кар'єрів почали застосовувати безлюдні технології виймання корисних копалин з відкритого простору кар'єру. В основу такої технології виймання закладено принципи руйнування корисних копалин агрегатами з буровим або ріжучим виконавчим органом. Такі комплекси широко розповсюджені в Австралії, Індонезії, США та інших країнах, оскільки вони є безпечними і забезпечують економічну доцільність такого способу видобутку корисних копалин. Цей гірничий комплекс має у своєму складі комбайн безперервної дії або шнекову машину, які використовуються для виймання вугілля або інших корисних копалин з неробочих бортів кар'єру. Найбільш доцільним є відробка прибортових запасів, які мають форми залягання пластів та лінз.

Досвід застосування комплексів безлюдного виймання на кар'єрах, наукові дослідження та чисельне моделювання показали, що шнекові гірничо-видобувні системи забезпечують більш високу стабільність гірничих виробок та стійкість підробленого борта кар'єру.

Україна має значну кількість родовищ корисних копалин, після відробки яких, можлива їх доробка шляхом виймання прибортових запасів. Зокрема, це родовища кам'яного та бурого вугілля, марганцевих руд, графітів, фосфоритів, гіпсу, вапняку, горючих сланців, каоліну та ін. При досягненні на таких кар'єрах граничного коефіцієнта розкриття, тобто, коли продовження розробки родовища відкритим способом стає не вигідним, в бортах залишаються значні обсяги корисних копалин.

В даній роботі наведені результати досліджувати впливу параметрів виймання на стійкість гірських масивів в умовах Семенівського родовища бурого вугілля. За результатами аналізу геологічної будови Олександрійського вугільного промислового району було встановлено, що покриваючими породами пласту бурого вугілля є піски київської, полтавської та харківської свит, глинисті піски та глини, середньою потужністю розкриття 50-65 м. Середня потужність пласта бурового вугілля складає 3-4 м.

Для вивчення геомеханічної поведінки борта кар'єру в процесі виймання прибортових запасів корисних копалин, виконано чисельне моделювання борта в PLAXIS 3D Tunnel з використанням критерію міцності Мора-Кулона.

Для дослідження обрано тривимірну модель з наступними параметрами: висота моделі – 73 м; ширина – 20 м, глибина – 40 м. Товщина вугільного пласта становить 3,0 м. Пласт залягає в пісках, потужність яких над покрівлею становить 60 м, під подошвою – 10 м. Фізико-механічні властивості досліджуваних гірських порід наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості досліджуваних гірських порід

Назва породи	Щільність, кН/м ³	Модуль Юнга, кН/м ²	Коефіцієнт Пуасона	Кут внутрішнього тертя, град	Щеплення, кН/м ²
Пісок	13,72	39000	0,3	36	8
Буре вугілля	11,96	1,8·10 ⁷	0,43	30	5·10 ³

Моделювання виймання пласта вугілля виконано для двох варіантів:

- шнекового виконавчого органу діаметром 2,0 м, що пройдений на глибину 40 м (рис. 1, а);
- виконавчого органу безперервної дії, що утворює камери прямокутної форми перерізу шириною 3,5 м, висотою 2,0 м та глибиною 40 м (рис. 1, б).

Відстань між виймальними виробками в борту змінювалась від 4,0 до 0,5 м з інтервалом 0,5 м.

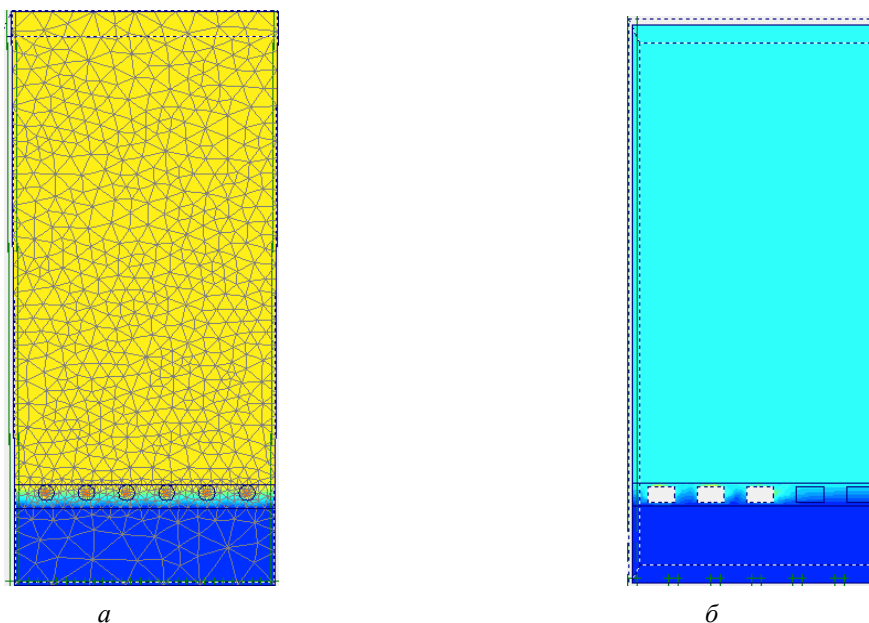


Рис. 1. Моделювання борту кар'єру після виймання прибортових запасів виробками на відстані 3,0 м одна від одної: а – шнековим виконавчим органом; б – безперервним виконавчим органом

Значення зміни осідань поверхні борту кар'єру залежно від відстані між пройденими виробками для вищезазначених варіантів моделювання наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Зміна осідань, 10^{-6} м, поверхні у місці розробки прибортових запасів при різній відстані між виробками

Форма перерізу	Відстань між виробками в борту кар'єра, м							
	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5
Кругла	4,77	4,77	5,57	5,96	7,30	8,03	8,54	11,89
Прямокутна	обвал	обвал	обвал	обвал	обвал	обвал	обвал	обвал

Аналіз даних табл. 2 свідчить про те, що вертикальні осідання поверхні при застосування шнекового виконавчого органу є незначними та не перевищують критичної межі при будь-якій відстані між виробками і (змінюється від $4,8 \cdot 10^{-6}$ м до $11,9 \cdot 10^{-6}$ м). При моделюванні відробки прибортових запасів безперервним виконавчим органом (форма отвору – прямокутна) відбувається обрушення порід після проходження декількох виробок (див. рис. 1, б). Аналіз результатів моделювання показує, що обрушення утворюваних виробок прямокутного перерізу починається вже на початкових стадіях відробки. Зокрема, при відстанях між виробками 4,0-1,0 м обвалення спостерігається в третій виробці після початку проходки, а при відстані між камерами 0,5 м обвалення відбувається вже у першій виробці. Таким чином, навіть при більших відстанях, ніж розрахункова максимальна ширина міжкамерного цілика, яка дорівнює 3,0 м., умова стійкості пройдених камер не виконується. Отримані результати досліджень показують, що в подальшому необхідне вивчення особливостей моделювання процесу безлюдного виймання корисних копалин в бортах кар'єру.