УДК 622.271.32.004.68

УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРОБКИ РОЗКРИВНИХ ПОРІД В УМОВАХ ЗНИЖЕНОГО ПОПИТУ НА МАРГАНЦЕВУ РУДУ

А. Ю. Череп, асп. (Національний гірничий університет, Дніпропетровськ)

Предложена и аналитически исследована транспортно-отвальная схема разработки вскрышных пород,предусматривающая устранение транспортной системы на передовом уступе при снижении спроса на рудное сырье. Для размещения вскрышных пород во внутреннем отвале и обеспечения его устойчивости предлагается создать дополнительную приемную емкость.

Орджонікідзевський гірничо-збагачувальний комбінат (ОГЗК) є одним з найбільших і найпотужніших в Україні. Зараз, у зв'язку з втратою ринків збуту, скороченням споживання металу в світі і в Україні підприємство скоротило випуск своєї продукції майже вдвічі порівняно з 1990–1991 рр. Це призвело до простою потужних комплексів устаткування, які застосовуються на кар'єрах ОГЗК. Крім того, застосування транспортної схеми розробки верхнього уступу (конвеєрний транспорт) веде до значного підвищення собівартості розробки розкривних порід.

В [1] були розглянуті питання реструктуризації гірничо-збагачувальних підприємств, економічні та організаційні задачі, які б забезпечили адаптацію цих підприємств до ринкових умов. Значну увагу приділено також розв'язанню проблеми, пов'язаної зі зниженням собівартості продукції гірничо-збагачувальних підприємств, що входять до складу акціонерних товариств.

Автори [2] проаналізували стан і перспективи розвитку систем відкритої розробки горизонтальних родовищ корисних копалин і розробили основи розрахунку параметрів технологічних схем безтранспортної, транспортно-відвальної, транспортної і комбінованої систем розробки, запропонували методи вибору раціональних схем комплектації гірничотранспортного устаткування.

У [3] наведено методику визначення параметрів відвалоутворюючих машин при комбінованій технологічній схемі, яка грунтується на використанні виймально-відвального комплексу та драглайнів для відроблення розкривних уступів. Показано взаємозв'язок елементів вибійної та відвальної сторін технологічного комплексу з продуктивністю і лінійними параметрами драглайна та вибійного консольного відвалоутворювача.

Метою цієї роботи є удосконалення технологічних схем розробки родовища, спрямоване на зменшення обсягів видобутку руди, зниження собівартості її видобутку та вдосконалення організаційних заходів щодо оптимізації роботи гірничого устаткування.

Розглянемо технологічну схему розробки розкривних порід на прикладі Чкаловського кар'єру № 2 ОГЗК. Верхній уступ відробляють за транспортною схемою роторним комплексом, стрічковими конвеєрами та консольним відвалоутворювачем. Середній уступ розроблюють за транспортно-відвальною системою з використанням роторного екскаватора та консольного

відвалоутворювача, який розміщує розкрив у внутрішній відвал. Породи нижнього уступу переміщують у відвал за ускладненою безтранспортною схемою крокуючими екскаваторами. Недоліками цієї схеми є висока вартість транспортування розкривних порід стрічковими конвеєрами, необхідність виконання складних робіт по пересуванню вибійних і відвальних конвеєрів, велика кількість одиниць устаткування, яке при зниженні попиту на руду простоює, жорсткий взаємозв'язок комплексів устаткування між собою у просторі та часі.

Для розв'язання зазначених вище проблем запропоновано нову технологічну схему розробки розкривних уступів (рис. 1), яка передбачає усунення транспортної схеми на передовому уступі. Передовий та основний уступи об'єднуються в один уступ (верхній), який відробляється за транспортно-відвальною схемою роторним екскаватором, перевантажувачем та консольним відвалоутворювачем. Технічні параметри роторного екскаватора недостатні для відробки об'єднаного уступу на всю висоту. Тому на крівлі верхнього уступу встановлюється крокуючий екскаватор, який зменшує його висоту, перевалюючи розкривні породи на укіс нижньої частини уступу, що відпрацьовується роторним екскаватором. Відвалоутворювач розміщується на передвідвалі, що формується драглайнами, які розробляють надрудний уступ. Драглайни працюють незалежно один від одного, виймаючи породу спочатку по одній осі руху, потім – по іншій.

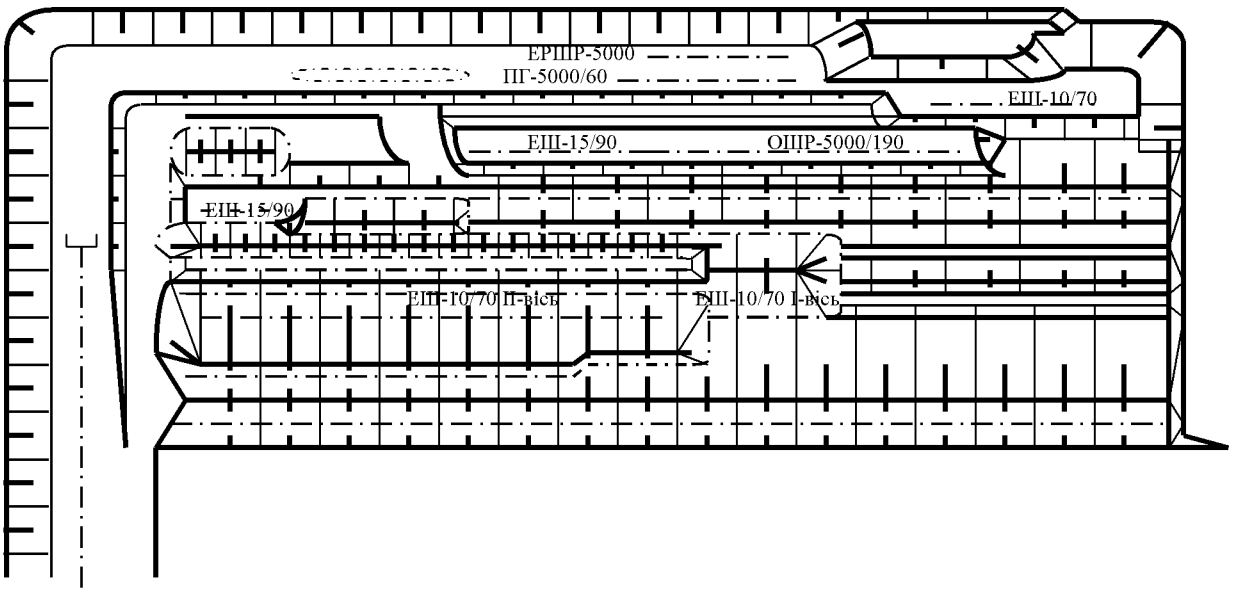

Рис. 1. Схема розкривних робіт при комбінованій розробці верхнього розкривного уступу

Розглянемо рекомендовану технологічну схему розробки розкривних уступів та визначимо її раціональні параметри. Для представленої схеми роботи роторного екскаватора і драглайна ширина заходки A_3 визначається з рівності площ поперечного перерізу заходок S_1 і S_2 відповідно в цілику та в розпушеному стані після відсипання на укіс основного уступу. Площа S_1 визначається за виразом

$$S_1 = H_в A K_р, \quad (1)$$

де $H_в$ – висота верхньої частини верхнього розкривного уступу; A – ширина заходки роторного екскаватора; $K_р$ – коефіцієнт розпушення породи.

Визначимо площу S_2 з умови

$$S_2 = 0{,}5[2(A_з - A) - H_с(\text{ctg}\beta - \text{ctg}\gamma)]\, H_с, \quad (2)$$

де $A_з$ – ширина заходки роторного екскаватора (збільшеної ширини) після відпрацювання заходки драглайном верхньої частини верхнього розкривного уступу на укіс нижньої частини; $H_с$ – висота нижньої частини верхнього розкривного уступу; β – кут укосу породи, відсипаної на укіс нижньої частини верхнього уступу; γ – кут укосу нижньої частини верхнього уступу.

Виходячи з виразу (2), можна визначити ширину збільшеної заходки, яку повинен відробляти роторний екскаватор у запропонованій технологічній схемі:

$$A_з = A\left(1 + \frac{H_в K_р}{H_с}\right) + 0{,}5H_с\left(\text{ctg}\beta\text{-ctg}\gamma\right). \quad (3)$$

На рис. 3 наведено графічні залежності збільшеної ширини заходки роторного екскаватора від висоти верхньої частини верхнього уступу $A_з = f(H_в)$. З рисунка випливає, що зі збільшенням висоти уступу $H_в$ ширина заходки $A_з$ різко зростає.

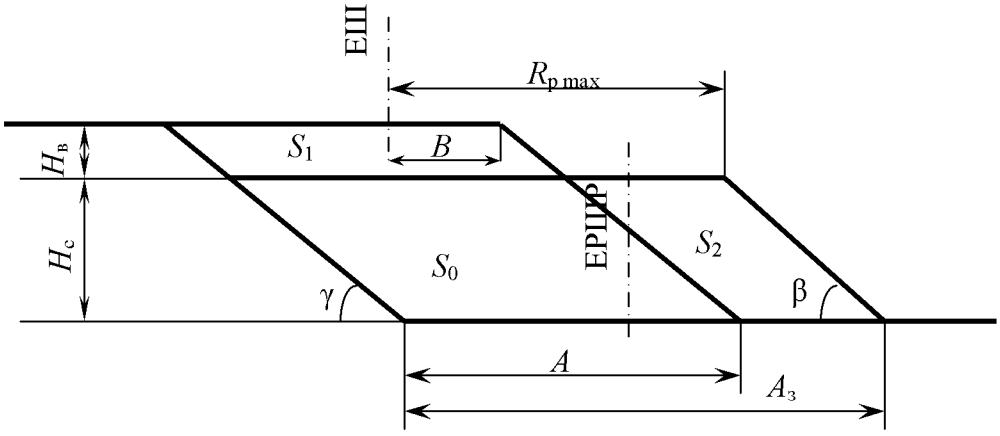

Рис. 2. Схема до розрахунку параметрів уступу, що розробляється комбінованим способом

Спільна робота роторного екскаватора і драглайна можлива при виконанні таких умов:

1) максимальний радіус розвантаження драглайна забезпечує відпрацювання розкривної заходки площею S_1 під укіс нижньої частини верхнього уступу:

$$R_{p\max} \geq B + H_в\text{ctg}\gamma + A_з - A - H_с\,(\text{ctg}\beta - \text{ctg}\gamma),$$

де B – безпечна відстань від верхньої брівки верхньої частини верхнього розкривного уступу до осі руху драглайна;

2) роторний екскаватор за своїми технічними параметрами може відробляти необхідну ширину заходки:

$$A_з \le A_{max},$$

де A_{max} – максимально можлива ширина заходки роторного екскаватора.

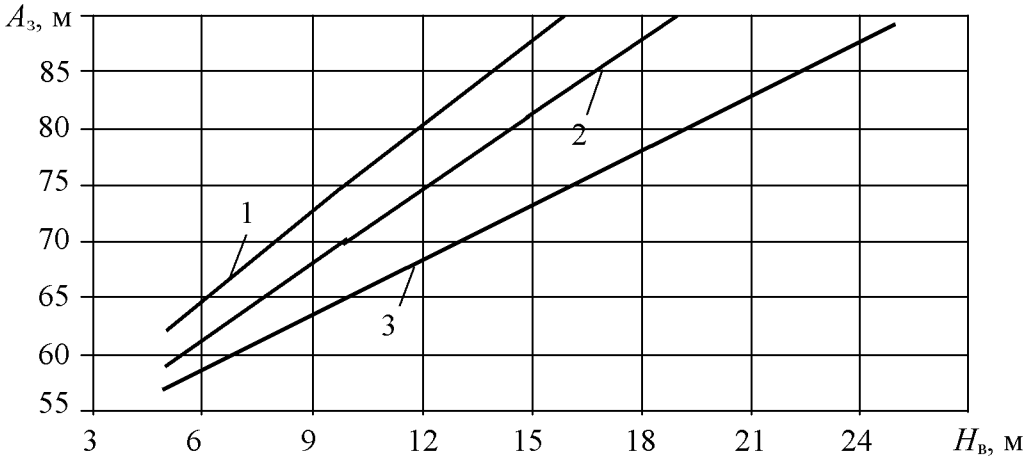

Рис. 3. Залежність збільшеної ширини заходки роторного екскаватора від висоти верхнього уступу: *1* – $H_с$ = 25 м; *2* – $H_с$ = 30 м; *3* – $H_с$ = 40 м

Для рекомендованої технологічної схеми комбінованої розробки розкривних уступів виробнича потужність кар'єру по корисним копалинам забезпечується шляхом вибору їх висоти, при якій досягається необхідне річне посування фронту гірничих робіт. Можливе посування фронту гірничих робіт уступу, який відпрацьовує роторний екскаватор визначається за формулою

$$П_с = Q_{ер}/L_ф\ (H_с+H_в),$$

де $Q_{ер}$ – можлива продуктивність роторного екскаватора; $L_ф$ – довжина фронту гірничих робіт нижньої частини верхнього уступу.

При збільшенні ширини заходки роторного екскаватора $A_з$ величина річного посування $П_с$ не змінюється. Це посування залежить від висоти $(H_с+H_в)$. При розрахунку річного посування $П_с$ слід враховувати, що продуктивність роторного екскаватора по цілику об'ємом S_0 буде дещо меншою (породи більш щільні порівняно з відсипаними на укіс нижньої частини верхнього уступу, тому швидкість їх виймання менша), ніж при відробленні частини розкривної заходки площею S_2 (рис. 2), що підсипається, і, відповідно, ширина збільшеної заходки залишиться незмінною. Таким чином, тільки шляхом зміни висоти верхньої частини верхнього уступу забезпечуватиметься зміна продуктивності кар'єру по руді відповідно до попиту на рудну сировину.

Необхідна швидкість посування вибою на верхній частині верхнього уступу визначається за формулою

$$П_{ек} = Q_{ек}\ A/S_1 L_ф,$$

де $Q_{ек}$ – річна продуктивність драглайна.

У таблиці наведено результати розрахунків величини річного посування фронтів гірничих робіт драглайна і роторного екскаватора при відробленні верхнього розкривного уступу. Початкові дані прийняті такі: $H_с$ = 25 м; A=50 м; $L_ф$ = 2000 м; γ = β = 35°.

Посування фронту розкривних робіт

Висота верхнього уступу $H_в$, м	Річна продуктивність, млн м^3					
	драглайна $Q_{ек}$			роторного екскаватора $Q_{ер}$		
	1,0	2,0	3,0	5,0	6,0	7,0
0				100	120	140
5	100	200	300	83,3	100	117
10	50	100	150	71	85	100
15	33	67	100	62,5	75	87,5
20	25	50	75	55,6	66,7	77,8
25	20	40	60	50	60	70

Як випливає з наведених результатів, зі збільшенням висоти верхньої частини верхнього уступу $H_в$ річне посування драглайна і роторного екскаватора зменшується. При цьому зменшення посування роторного екскаватора приведе до зменшення річного обсягу видобутку руди в кар'єрі. Регулюванням висоти $H_в$ досягається необхідний ступінь зниження видобутку руди відповідно до попиту. Умова рівності річних посувань екскаваторів виконується при використанні на верхньому уступі драглайна відповідного типу.

Діюча комбінована схема передбачає кратну переекскавацію розкривних порід у виробленому просторі кар'єру. При цьому для звільнення добувного уступу та транспортного майданчика від навалу породи певну її частку переміщують і укладають в нижній та верхній яруси відвалу.

Запропонована технологічна схема не забезпечує необхідної стійкості внутрішнього відвалу, тому необхідно створити на ньому додаткову приймальну ємність. Для цієї технологічної схеми характерним є те, що для розміщення додаткового об'єму розкриву S_2 (рис. 2) потрібна відповідна ємність $S_п$ на відвальній стороні (рис. 4). Ця ємність може бути створена допоміжним устаткуванням – екскаватором-драглайном. Як випливає з наведеної схеми, ємність може бути створена шляхом виймання та переекскавації дещо більшого об'єму порід розкриву, а саме об'єму S_1. В цій схемі взаємозв'язок розкривного та відвального устаткування більш жорсткий, ніж у діючій схемі.

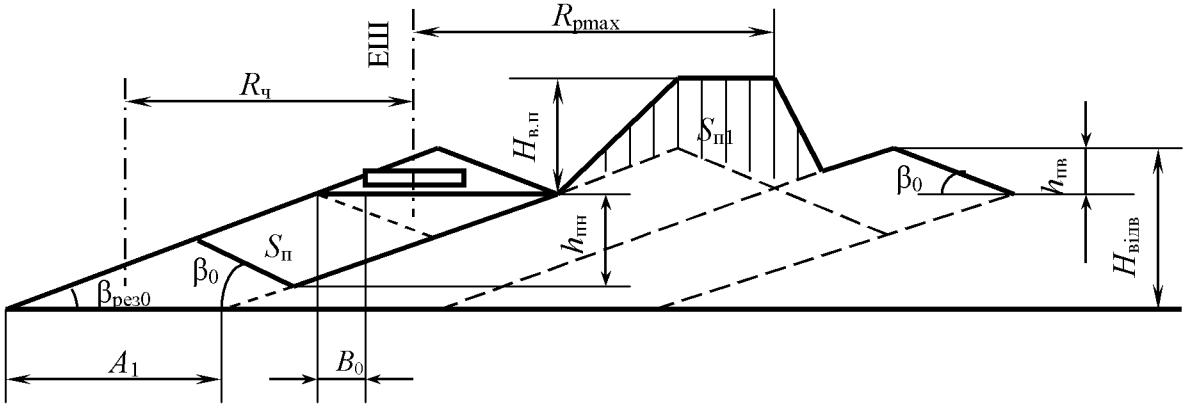

Рис. 4. Схема формування додаткової приймальної ємності на внутрішньому відвалі

При визначенні площі $S_{п1}$ враховуються технологічні параметри драглайна. При значному обсязі переекскавації драглайн доцільно розмістити на проміжному майданчику з використанням верхнього та нижнього черпань. Величину $S_{п1}$ розраховують за виразом

$$S_{п1} = S_п + 0{,}25\,A^2\,(\mathrm{tg}\beta_0 + 2/(\mathrm{ctg}\beta_{рез0} + \mathrm{ctg}\beta_0),$$

де $\beta_{рез0}$ – результуючий кут укосу відвалу.

Таким чином, площа $S_п$ становитиме

$$S_п = A(h_{пн} - A/(\mathrm{ctg}\,\beta_{рез0} + \mathrm{ctg}\beta_0)),$$

де $h_{пн}$ – глибина додаткової приймальної ємності відвалу.

Глибина $h_{пн}$ визначається виходячи з умови рівняння площ $S_2 = S_п$ або $AH_вK_р = Ah_{пн} - A^2/(\mathrm{ctg}\beta_{рез0} + \mathrm{ctg}\beta_0)$:

$$h_{пн} = H_вK_р + \frac{A}{\mathrm{ctg}\beta_{рез0} + \mathrm{ctg}\beta_0}. \qquad (4)$$

При використанні драглайна для створення додаткової ємності об'ємом $S_{п1}$ необхідно враховувати обмеження глибини черпання $H_ч$ та радіуса черпання $R_ч$, а також висоти розвантаження $H_р$ і радіуса розвантаження $R_р$ екскаватора, тобто, повинні виконуватися такі умови:

$$H_{чmax} \ge h_{пн};\ h_{пн} \le H_{відв} - h_{пв};\ R_{чmax} \ge B + (h_{пн} - h_{пв})\,\mathrm{ctg}\beta_{рез0};$$

$$H_{pmax} \ge H_{вп};\ R_{pmax} \ge b/2 + c + H_{вп}\mathrm{ctg}\beta_{рез0},$$

де B_0 – безпечна відстань від верхньої брівки відвалу до драглайна (див. рис. 4); $H_{вп}$ – висота верхнього ярусу відвалу, що відсипається крокуючим екскаватором при створенні додаткової приймальної ємності $S_{п1}$; b – ширина бази крокуючого екскаватора; c – безпечна відстань від нижньої брівки відвала до драглайна.

Тип крокуючого екскаватора для створення додаткової приймальної ємності на внутрішньому відвалі вибирається з урахуванням можливості

відсипання розкриву, що переекскавується у верхню частину відвалу (див. рис. 4), тобто з урахуванням дотримання умови

$$S_{п1} = S_{п2}, \quad (5)$$

де $S_{п2}$ – максимально можливий об'єм розкриву, що переекскавується за умови розміщення його у верхній частині відвалу, м^2/1 м.

З умови (5) визначається висота верхнього ярусу відвалу $H_{вп}$, при цьому площа $S_{п1}$ дорівнює

$$S_{п1} = 0,5\left[2(R_{p\max} - \frac{b}{2} - c - H_{вп} - \operatorname{ctg}\beta_0) + 2(H_{вп} - 0,5h_{пв})\operatorname{ctg}\beta_0\right](H_{вп} - 0,5h_{пв}). \quad (6)$$

Підставивши ($R_{p\max} - b/2 - c - H_{вп} - \operatorname{ctg}\beta_0$) = d у вираз (6), отримаємо

$$S_{п1} = d\,(H_{вп} - 0,5\,h_{пв}). \quad (7)$$

Висота $H_{вп}$ дорівнює (7)

$$H_{вп} = (S_{п1} + 0,5dh_{пв})/d. \quad (8)$$

Розрахункову величину висоти $H_{вп}$ необхідно перевірити за обмежуючою умовою $H_{p\max} \geq H_{в.}$. Основним параметром досліджуваної комбінованої технологічної схеми є загальний (сумарний) коефіцієнт переекскавації $K_п$, який розраховується за формулою

$$K_п = K_{пв} + K_{по}$$

або

$$K_п = (S_2 + S_{п1})/A(H_с + H_в)\,K_р,$$

де $K_{пв}$ – коефіцієнт переекскавації при відробленні розкривного уступу висотою ($H_с + H_в$); $K_{по}$ – коефіцієнт переекскавації при створенні додаткової приймальної ємності на внутрішньому відвалі.

За встановленими аналітичними залежностями виконано розрахунки для визначення основних параметрів комбінованої схеми розробки. Встановлено, що при збільшенні висоти верхньої частини верхнього розкривного уступу $H_в$ обмежується об'єм переекскавації розкривних порід екскаватором ЕШ, розташованим на відвалі. Так, наприклад, у разі застосування екскаватора ЕШ-20/90(15/90) за умови $h_{пн} \leq H_{чmax}$ максимально можлива висота $H_в$ дорівнює 25 м, а за умови $H_{вп} \leq H_{p\max}$ – 22 м. Таким чином, при даному типі екскаватора ЕШ та однократній переекскавації висота уступу $H_в$ не може бути більшою ніж 22 м.

Висновки

1. Для підтримання (зниження) собівартості видобутку марганцевої руди при зниженому попиті повинна бути проведена реконструкція технологічної схеми кар'єру шляхом зменшення кількості одиниць устаткування та переходу від транспортної технології (роторного комплексу з системою конвеєрів) на більш дешеву безтранспортну технологію відробки верхнього уступу. Це

досягається завдяки об'єднанню двох розкривних уступів, які відпрацьовуються за комбінованою схемою.

2. Для цієї схеми обґрунтовані технологічні параметри, які враховують знижений обсяг виробництва та стійкість відвалів.

3. Для розміщення додаткового обсягу розкривних порід у внутрішньому відвалі запропоновано створити додаткову приймальну ємність, яка дозволить його розвантажити, а також досягти необхідного кута укосу відвалу.

1. *Постоловский В. В., Добрынин А. Е., Прокопенко В. И.* Реструктуризация горно-обогатительных предприятий. – Кривой Рог: Минерал, 2000. – 335 с.

2. *Новожилов М. Г., Эскин В. С., Корсунский Г. Я.* Теория и практика открытой разработки горизонтальных месторождений. – М.: Недра, 1978. – 328 с.

3. *Самородов Ю. П.* Выбор параметров отвалообразующих машин при комбинированной технологической схеме отработки вскрышных пород // Открытые горные работы: Науч. сообщ. / Ин-т горн. дела им. А. А. Скочинского. – М., 1988. – С. 9–13.