

УДК 622.272: 622.063.7

В.О. КАЛІНІЧЕНКО, Н.Ю. ШВАГЕР, доктори техн. наук, проф.,
С.М. ЧУХАРЕВ, канд. техн. наук, доц., О.В. КАЛІНІЧЕНКО, канд. економ. наук, доц.,
Т.С. ГРИЩЕНКО, старший викладач, Криворізький національний університет,
М.А. ГРИЩЕНКО, ПАТ «ЄВРАЗ СУХА БАЛКА»

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДПРАЦЮВАННЯ ПОКЛАДІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ САМОХІДНОЇ ДОСТАВОЧНОЇ ТЕХНІКИ

Роботу присвячено вирішенню актуальної науково-практичної задачі дослідження та удосконалення технології відпрацювання покладів багатих залізних руд з використанням сучасної самохідної бурової та доставочної техніки.

Проаналізовано та узагальнено вітчизняний та зарубіжний досвід, наукові праці і проектні матеріали щодо використання самохідної техніки в підземних умовах.

Виконано детальний техніко-економічний аналіз факторів і умов, щодо ефективності відпрацювання багатих залізних руд підземним способом дозволив зробити висновки, що на сьогодні шахти Кривбасу використовують застаріле гірничо-технічне обладнання. Застаріле обладнання не дозволяє в повній мірі використовувати при проектуванні прогресивні технології видобутку залізних руд.

Запропоновано удосконалені схеми конструкцій днища блоку з використанням самохідної гірничої техніки. При технологічному порівнянні запропонованих варіантів було встановлено, що найбільш ефективними з точки зору витрат на проходку виробок днища блоку є варіанти, які характеризуються мінімальною довжиною виробок. Встановлено, що найбільш оптимальним варіантом по критерію собівартості є варіант з випускними воронками. Це пояснюється збільшеним запасом випущеної відбитої руди за рахунок більшої кількості випускних воронки та менших втрат руди у блоці у порівнянні з іншими варіантами. Однак, з огляду стійкості та простоти формування горизонту випуску, перевагу має траншейне днище. Тому у кінцевому варіанті рекомендуємо до впровадження запропонований варіант з траншейним днищем. На основі виконаних досліджень запропоновані нові високоефективні варіанти камерних систем розробки для покладів малої та середньої потужності.

Запропоновано варіанти систем розробки з обваленням руди та вміщуючих порід з використанням самохідної техніки для умов Криворізького басейну. Доведено, що широке застосування самохідної техніки при відпрацюванні рудних покладів дозволить переоснастити діючі шахти Криворізького басейну новим обладнанням та удосконалити технологічні схеми відпрацювання родовищ багатих залізних руд з використанням самохідної гірничовидобувної техніки.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Україна займає перше місце за запасами залізних руд. Основну їх частину сконцентровано в Криворізькому залізрудному басейні.

На сьогодні шахти Кривбасу використовують застаріле гірничотехнічне обладнання. Застаріле обладнання не дозволяє повною мірою використовувати при проектуванні прогресивні технології видобутку залізних руд. Основним напрямком розвитку шахт Кривбасу є повна механізація основних та допоміжних виробничих процесів.

Отже, роботу, присвячено дослідженню та удосконаленню технології відпрацювання покладів багатих залізних руд з використанням сучасної самохідної бурової та доставочної техніки є необхідною та актуальною.

Аналіз досліджень і публікацій. Доставка руди з використанням сучасних самохідних машин усе частіше застосовується на практиці завдяки своїй маневреності, мобільності, автономності та високій продуктивності [1-6].

Для зменшення втрат руди в ціликах при камерних системах розробки, широко застосовуються системи поверхового (підповерхового) обвалення. Типовим представником такої технології є система підповерхового обвалення з торцевим випуском [7,8], що застосовується на шведському руднику «Кіруна» для видобутку багатих магнетитових залізних руд. Підготовку рудного тіла до відпрацювання здійснюють похилими з'їздами, які проходять під кутом 12-20° між основними відкотними горизонтами. Один похилий з'їзд обслуговує ділянку покладу довжиною 300-400 м.

З метою покращення показників вилучення на руднику «Ліа Рідж» компанії «Мерамек» були виконані дослідження [7] впливу розмірів конструктивних параметрів даної системи розробки на величину втрат та засмічення. На основі отриманих даних було прийнято рішення прийняти висоту підповерху 11,5 м, збільшити висоту буродоставочних виробок до 4 м і скоротити відстань між ними до 10,7 м. Такі заходи частково вирішили проблему, але одночасно з

цим значно підвищили витрати підготовчо-нарізних робіт, що негативно позначається на собівартості руди, до того ж збільшення перерізу виробок значно зменшує їх стійкість, що недопустимо при відпрацюванні корисної копалини на великих глибинах.

У закордонній практиці [9], на рудниках *Нортспаркс*, *Хендерсон*, *Фінч*, *Ель-Тенієнте*, *Прем'єр* використовується технологія з площинно-торцевим випуском.

Характерною особливістю технології є почерговий випуск через виробки в двох підповерхах. Це дозволяє збільшити товщину шару корисної копалини, що випускається, забезпечивши виймання гребенів втрат, що утворилися на верхньому підповерху, випуском з виробок нижнього підповерху.

Постановка завдання. Отже, раціональне використання самохідної гірничої техніки на підземних гірничих роботах потребує вирішення цілого комплексу задач, пов'язаних як з нарізними, так і з очисними роботами.

Особливу увагу необхідно приділяти підвищенню ефективності роботи самохідного навантажувально-доставочного обладнання, від роботи якого, значною мірою, залежить продуктивність очисного вибою в цілому.

Отже, тема роботи, присвячена дослідженню та розробці ефективних технологій видобутку багатих залізних руд з використанням самохідної гірничої техніки є актуальною.

Метою роботи є дослідження та удосконалення технології підготовки днища блоку та системи розробки в цілому на основі встановлення закономірностей випуску руди та оптимізації конструкції приймального горизонту з використанням самохідної навантажувально-доставочної техніки.

Викладення матеріалу та результати. Торцевий випуск з випереджаючою відбійкою руди застосовують при системах розробки підповерхового та поверхового примусового обвалення. Руду відбивають з бурових виробок, розташованих на одному або декількох горизонтах з випередженням по відношенню до випуску на величину, яка дорівнює ширині (товщині) одночасно обвалованого масиву за умови його відбійки на «затиснене» середовище, що становить 8-15 м. Над прийомними виробками залишають захисний цілик, який у процесі випуску руди періодично погашають окремими ділянками по 1,5-2,5 м підриванням шпурових зарядів.

Величину бічного засмічення руди при торцевому випуску можна частково зменшити за рахунок позиціонування еліпсоїда випуску посередині відбитого шару корисної копалини, тим самим ліквідуючи асиметрію фігури випуску відносно осі і зменшуючи кількість пустих порід що потрапляють до неї.

Це досягається за рахунок створення стеліни-козирка над доставочною виробкою, який відпрацьовується з відставанням, яке дорівнює половині товщини відбиваємих шарів.

У цих умовах вісь фігури випуску знаходиться на певній відстані від площини контакту відбитої руди і рудного масиву, де розташовується зона більш розпушеної руди. Обвалені налягаючі породи проникають в доставочну виробку на останній стадії вилучення запасів відбитого шару руди.

При випуску з-під стеліни-козирка також можливе збільшення товщини відбиваємого T_0 та випускаємого T шарів руди, що зменшує питому площу контакту руди з пустими породами і зменшує засмічення корисної копалини, рис. 1.

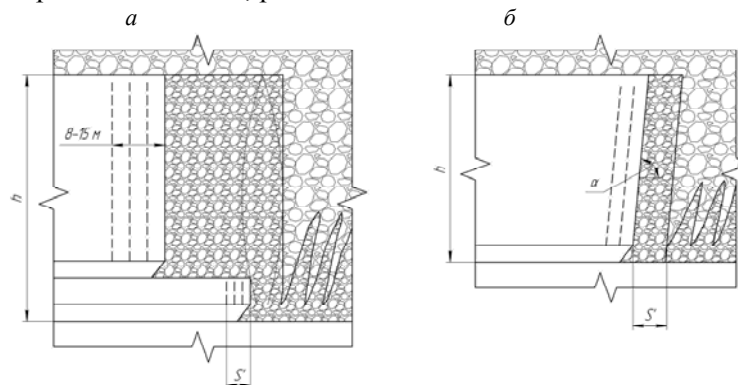


Рис. 1. Варіанти торцевого випуску руди: *a* – з випереджаючою відбійкою руди із залишенням запобіжного цілика над випускною виробкою; *b* – пошаровий без залишення цілика над буродоставочною виробкою

Найкращі показники вилучення руди досягаються при співвідношеннях товщини T_0 відбиваємого шару руди до глибини h_0 занурення робочого органу $T_0/h_0=1,3$ і висоти H відбиваємого шару до його товщини $H/T_0=6,5$.

Пошаровий торцевий випуск застосовують переважно при підповерховому обваленні. Руду у межах підповерху висотою 10-16 м відбивають вертикальними або похилими шарами товщиною 2-3 м й обвалену руду випускають через торці виробок (рис.1б). Товщину та висоту шару, який відбивається, форму поперечного перерізу приймають, виходячи з умови найбільш повного «вписування» у нього еліпсоїдів випуску.

Дуже важливим параметром при даному способі випуску є відношення висоти шару обваленої руди до її товщини h/S' . Згідно з дослідженнями це відношення повинно бути у межах 2,7-3,5. Дослідженнями на моделях, проведеними Г.М. Малаховим та В.Р. Безухом [10] показано, що вилучення чистої руди до початку засмічення пропорційне безрозмірній величині $c = h/\sqrt{M \cdot S}$ й визначається за формулою

$$B_q = 29 \cdot \lg c,$$

де M - відстань між приймальними виробками, м.

При варіантах системи розробки підповерхового обвалення з пошаровим торцевим випуском руду відбивають вертикальними або крутопохилими шарами під кутом 70-110°. Кут нахилу 70-85° застосовують при кускуватості обвалених порід меншій, ніж кускуватість відбитої руди, щоб утворювана рудна консоль запобігала проникненню порід з верхнього контакту.

У випадку, коли кускуватість руди є меншою, ніж пустих порід, кут нахилу шару доцільно приймати 100-110°, а при однаковій кускуватості руди і порід відбірку рудного масиву здійснюють вертикальними шарами.

За даними лабораторних досліджень максимальне вилучення рудної маси в залежності від співвідношення h/S' досягається при кутах нахилу шару, наведених нижче:

h/S'	2	4	6	8	10-12
Кут нахилу шару, град	75	80	85	87	87...90

Вибір раціональної конструкції днища блоку з використанням самохідної техніки є досить складною задачею.

Вибрана схема повинна забезпечити безпечні та нормальні санітарно-гігієнічні умови роботи робітників, сприятливі умови для відпрацювання запасів руди з найкращими техніко-економічними показниками при мінімальних обсягах проведення підготовчих і нарізних виробок та раціональному їх розташуванні у межах блоку.

У більшості випадків обсяги підготовчих і нарізних робіт оцінюються питомою протяжністю виробок у метрах (інколи додатково й у метрах кубічних) на 1000 т запасу руди або видобутої з блоку рудної маси.

Для вибору раціональної конструкції днища блоку з використанням самохідної техніки було розроблено декілька варіантів, серед яких обрано найбільш оптимальний.

На рис. 2 представлено варіант з траншейним днищем.

Цей варіант застосовують, як правило, при потужності покладу до 20-25 м.

Згідно цієї схеми у рудному покладі проходять траншейний штрек, який збивають з доставочним штреком навантажувальними заходками, рис. 2.

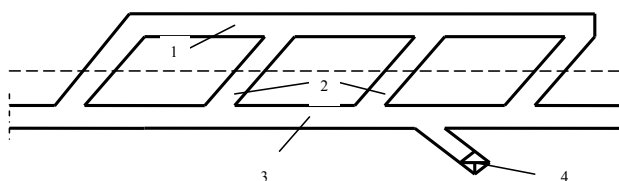


Рис. 2. Траншейне днище: 1 - траншейний штрек, 2 - навантажувальні заходки, 3 - доставочний штрек, 4 - вентиляційний піднятковий

Перевагами такої схеми є простота конструкції та достатні умови для провітрювання.

Недоліком цієї схеми є те, що навантаження ковша машини здійснюється під деяким кутом, який дорівнює куту проведення навантажувальних заходок.

Це зменшує коефіцієнт заповнення ковша машини, і в цілому коефіцієнт її використання.

З метою ліквідації цього недоліку запропоновано варіант днища блоку з воронками випуску, рис. 3.

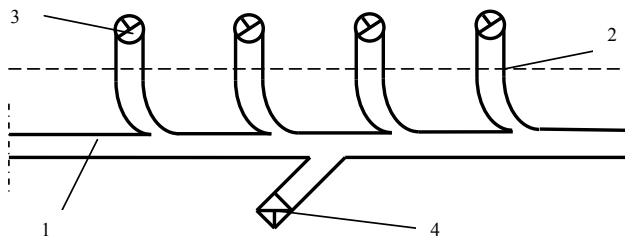


Рис. 3. Варіант конструкції днища з торцевими заходками, випускними воронками та суміщенням доставочного і транспортного штреку: 1 – траншейний штрек, 2 – навантажувальні заходки, 3 – випускні воронки, 4 – рудозвальный підняттясвий

При даному варіанті необхідна мінімальна кількість виробок, тільки штрек, навантажувальні ніші з воронками випуску. Воронки випуску розташовані у ціликах. Дуже проста схема організації робіт та вентиляції.

Зважаючи на міцність та стійкість руд на шахтах Кривбасу, та приймаючи до уваги попередній досвід роботи, кріплення виробок анкерами рекомендовано лише тоді, коли виробку пройдено у кварцитах (пустих породах). Якщо виробку пройдено по руді, вона кріпиться металевим кріпленням (УПК-22-8,5).

Для визначення об'єму випущеної руди з блоку приймаємо кут розвороту воронок 60°, діаметр воронок випуску приймаємо рівним 5 м.

При траншейному днищі кількість навантажувальних заходок в усіх розрахунках дорівнює 5.

Будуємо таблицю балансових запасів блоку, втрат у ціликах та об'єму випущеної руди у залежності від кількості воронок випуску.

Середній балансовий запас блоку приймаємо рівним 421,8 тис. т руди.

В табл. 1,2 наведено розрахунки втрат руди при її випуску із блоку.

Таблиця 1

Втрати руди у блоці та об'єм випущеної руди для першого варіанту конструкції днища блоку

Втрати руди в блоці (B), тис. т	Кількість випущеної руди (Q), тис. т
101,2	320,6

Таблиця 2

Втрати руди у блоці та об'єм випущеної руди для другого варіанту

Кількість воронок випуску (n), штук	Втрати руди в блоці (B), тис. т	Кількість випущеної руди (Q), тис. т
5	86,5	335,3

Побудуємо графік залежності втрат та об'єму випущеної руди для різних конструкцій днищ блоків, рис. 4.

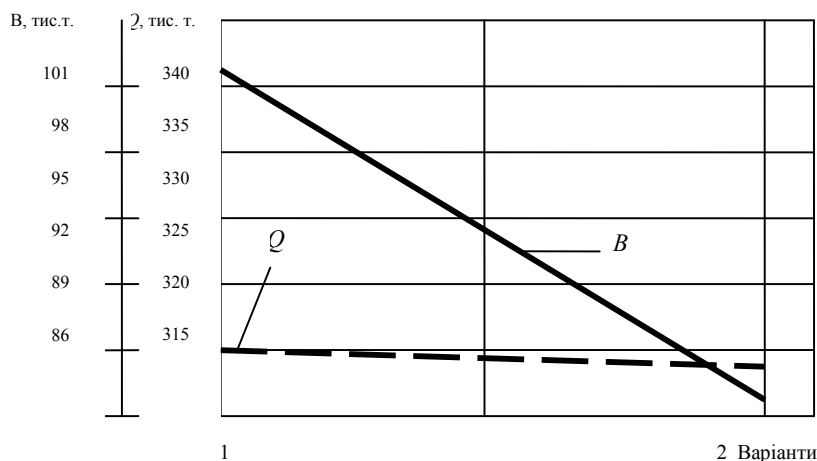


Рис. 4. Графік залежності втрат B та об'єму Q випущеної руди при першому та другому варіантах конструкції днища блоку

Побудуємо гістограму кількості видобутої руди та втрат по варіантах, рис. 5.

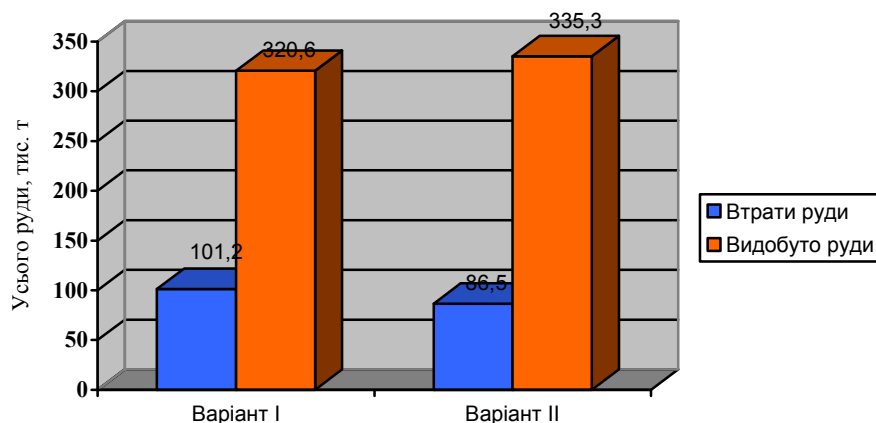


Рис. 5. Гістограма кількості видобутої руди та втрат по варіантах

В табл. 3 наведено техніко-економічні показники запропонованих варіантів

Таблиця 3

Порівняльна таблиця собівартості підготовки днища прийомного горизонту

Показники	Варіанти	
	I	II
Видобуто руди із блоку, тис.т	320,6	331,1
Витрати виробок на формування днища блоку, м	102	84
Вартість проходки виробок при анкерному кріпленні, тис.т	533,6	634,2
Втрати руди при випуску, тис.т	101,2	86,5
Величина прибутку з врахуванням вартості проходки виробок, тис. грн.	183330,5	191660,35

Висновки. Техніко-економічне порівняння розглянутих варіантів не дозволяє визначити найбільш ефективну технологію, оскільки величина прибутку практично однакова. Однак, з точки зору стійкості та простоти формування днища блоку, перевагу має траншейне днище.

Тому у кінцевому варіанті ми рекомендуємо до впровадження варіант з траншейним днищем.

Список літератури

1. Ступнік М.І., Калініченко В.О., Калініченко О.В. Техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування самохідної техніки на шахтах Кривбасу / Науковий вісник НГУ.–Дніпропетровськ. – 2012. – №5(131). – С.39 – 43.
2. Калініченко В.А. Тенденції в розвитку горнодобиваючого комплексу і проблеми технічного переобладнання підземних рудників / Калініченко В.А., Жуков С.А., Калініченко Е.В. / Кривий Ріг : Мінерал, 2007. – 172 с.
3. Ступнік Н.І., Калініченко В.А., Колосов В.А., Бах І., Поздняков В. Основні аспекти формування підземних пунктів обслуговування і заправки горношахтного і самохідного обладнання / Розробка родовищ : щорічний наук.-техн. збірник. – Д: ТОВ «ЛізуновПрес». – 2014. – С. 199–202.
4. Олейников І. А. Технологія і механізація підземної добычі руд цвітних металлов за рубежом/ Олейников І. А. – М. – 1969. – 288 с.
5. Кальницький Я. Б. Самохідне погрузочне і доставочне обладнання на підземних рудниках/ Я. Б. Кальницький, А. Т. Філімонов // Москва: Недра. – 1974. – С. 3–5, 123–140.
6. Байконуров О. А. Комплексна механізація підземної розробки руд (2-е изд.)/ О. А. Байконуров, А. Т. Філімонов, С. Г. Капошин// М.: Недра. – 1981. – 264 с.
7. Чернокур В.Р., Шкрєбко Г.С., Шелегеда В.И. Добыча руд с подэтажным обрушением./ В.Р.Чернокур, Г.С.Шкрєбко, В.И.Шелегеда // М.: Недра, 1992. – 271 с.
8. Chadwick J. Ironclad Kiruna // International Mining. – 2010. – July. – С. 8-15.
9. Кузьмін Е.В., Узбекова А.Р. Технології с самообрушенням. Развитие и новые возможности. / Е.В.Кузьмін, А.Р.Узбекова //«Горная Промышленность», №3, 2005.
10. Малахов Г.М., Безух В.Р., Петренко П.Д. Теорія і практика випуску руди. – М.: Недра, 1968. – 311 с.

Рукопис подано до редакції 24.03.15