

1. Шохин В.Н. Гравитационные методы обогащения / В.Н. Шохин, А.Г. Лопатин. – М.: Недра, 1980. – 400 с.
2. Потапов В.Д. Применение дешламации при обогащении железных руд/ В. Потапов, Л. Ломовцев. - М., "Черметинформация", 1980. - 37с.
3. Повх И.Л. Техническая гидромеханика / И.Л. Повх. – Л.: Машиностроение, 1969. – 524 с.

Рукопись поступила в редакцию 12.03.17

УДК 622.273.22

І.П. КУШНЕРЬОВ, Ю.Ю. КРИВЕНКО, кандидати техн. наук, доц.,
Криворізький національний університет

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДПРАЦЮВАННЯ ПОТУЖНИХ КРУТОСПАДНИХ РУДНИХ ПОКЛАДІВ

Актуальність. Найбільш перспективними системами розробки рудних покладів в Криворізькому басейні є системи з відкритим очисним простором, які на перевагу від систем з обваленням дозволяють зменшити втрати та засмічення руди за рахунок того, що більш ніж 30% балансових запасів виймальної одиниці випускаються практично чистими. Чим більше об'єм камери, тим кращі показники добування по системі розробці. Обов'язковою умовою застосування камерних систем - це природна стійкість руди та оточуючих порід, або ж технологічне штучне виконання ряду заходів по підвищенню стійкості оголень конструктивних елементів системи розробки. Аналіз робіт показує, що мало досліджень виконано щодо можливості застосування камерних систем і в подальшому на глибоких горизонтах ряду рудних шахт. Недостатньо нових заходів по підвищенню стійкості оголень в камерах та ціликах, зниженню тривалості існування підземних конструкцій за рахунок інтенсифікації випуску та доставки рудної маси і покращенню показників вилучення її при цьому. Практика показує, що на досягнутих глибинах на шахтах за умов незабезпечення стійкості конструктивних елементів існує відмова від ефективних камерних систем розробки на користь систем з обваленням, які гірші за показниками вилучення рудної маси.

Результати. Спосіб розробки родовищ дозволяє знизити витрати на проведення підготовчо-нарізних робіт за рахунок ефективних схем розбурювання масиву, оригінальних конструкцій днища блоку та компенсаційного простору. Оптимальна технологія відпрацювання міжкамерного цілика дає можливість знизити втрати та розубоження руди. Технологічна схема відпрацювання запасів блоку розширює область застосування камерних систем розробки.

Висновки. З глибиною на шахтах Криворізького басейну спостерігається відмова від ефективних у порівнянні з системами з обваленням камерних систем розробки. Це пов'язано з активними негативними проявами гірського тиску та вимушеним прийняттям збільшених розмірів ціликів та зменшенням камерних запасів, які відпрацьовуються з незначними втратами і засміченням у порівнянні з ціликами. Запропонована технологічна схема відпрацювання запасів блоку розширює область застосування камерних систем розробки. Впровадження цієї технології дозволяє знизити витрати на проведення підготовчо-нарізних робіт за рахунок ефективних схем розбурювання масиву, оригінальних конструкцій днища блоку та компенсаційного простору. Оптимальна технологія відпрацювання міжкамерного цілика дає можливість знизити втрати та розубоження руди.

Ключові слова: Системи з відкритим очисним простором, міжкамерні цілики, обвалення руди, випуск та доставки рудної маси.

Проблема та зв'язок з науковими та практичними задачами. Виймання запасів корисних копалин на глибоких горизонтах ряду шахт спряжене з активними проявами гірського тиску, що тягне за собою зменшення розмірів камер паралельно зі збільшенням параметрів різного роду ціликів, втрату контурів вибухових свердловин, гірничих виробок технологічного напрямку. При цьому погіршуються умови безпеки виконання гірничих робіт, значно зростають матеріальні та трудові витрати на їх проведення, а також показники вилучення рудної маси і, в цілому, ефективність видобутку корисних копалин. Найбільш перспективними системами розробки рудних покладів в Криворізькому басейні є системи з відкритим очисним простором, які на перевагу від систем з обваленням дозволяють зменшити втрати та засмічення руди за рахунок того, що більш ніж 30% балансових запасів виймальної одиниці випускаються практично чистими. Чим більше об'єм камери, тим кращі показники добування по системі розробці. Обов'язковою умовою застосування камерних систем - це природна стійкість руди та оточуючих порід, або ж технологічне штучне виконання ряду заходів по підвищенню стійкості оголень конструктивних елементів системи розробки.

Аналіз досліджень та публікацій. З метою удосконалення систем з відкритим очисним простором виконана значна кількість досліджень. Вони, як правило, направлені на розробку нових варіантів систем, удосконалення існуючих, визначення ефективних параметрів очисного

виймання, способів проведення підготовчо-нарізних виробок [1,2,3,4]. Для камерних систем розробки рудних покладів Криворізького басейну дослідження приведені в роботі [5], де наведені основні наукові та практичні результати щодо підвищення їх ефективності. Викладена технологія відпрацювання багатих та бідних залізних руд, яка дозволяє спростити конструкцію системи розробки. Також виконано удосконалення методу розрахункових функціональних характеристик врахуванням впливу кута падіння, коефіцієнта міцності на стійкість оголень, виявлення взаємозв'язку між параметрами оголень та засміченням рудної маси. В роботі [6] автором розроблено принципову розрахункову схему для визначення параметрів між камерних та бар'єрних ціликів згідно гіпотези склепіння тиску. Існує спосіб підвищення ефективності розробки покладів корисних копалин за рахунок зниження негативного впливу високого гірського тиску на технологічні процеси очисного виймання [7]. Пропонується обвалення руди виконувати підповерхами знизу вгору, підривання віял свердловин за приведеними формулами в контурах криволінійних трикутників на пірамідальний компенсаційний простір вибуховими речовинами типу акваніти.

Аналіз робіт показує, що мало досліджень виконано щодо можливості застосування камерних систем і в подальшому на глибоких горизонтах ряду рудних шахт. Недостатньо нових заходів по підвищенню стійкості оголень в камерах та ціликів, зниженню тривалості існування підземних конструкцій за рахунок інтенсифікації випуску та доставки рудної маси і покращенню показників вилучення її при цьому. Практика показує, що на досягнутих глибинах на шахтах за умов незабезпечення стійкості конструктивних елементів існує відмова від ефективних камерних систем розробки на користь систем з обваленням, які гірші за показниками вилучення рудної маси. В той же час на ринку рудної сировини стали жорсткішими вимоги з якості продукції. Тому розробка технологічних схем відпрацювання рудних покладів на глибоких горизонтах, які забезпечують зниження обсягу робіт на процесах очисного виймання, безпечні умови та інтенсифікацію відробки покладів з мінімальним часом існування підземних конструкцій і зменшення втрат та засмічення рудної маси в очисних блоках є актуальною задачею.

Викладення матеріалу та результати. Розроблено технологічну схему відпрацювання рудних родовищ, яка передбачає орієнтований по вертикалі двокрилий фронт обвалення руди в камері по взаємопов'язаному порядку, її магазинування та послідовний випуск. Це дозволяє підвищити ефективність камерної системи за рахунок зниження обсягів підготовчо-нарізних робіт, інтенсифікування випуску та доставки, підтримки оголень і часу їх активного стояння. Сутність технології полягає в наступному (рис. 1-4).

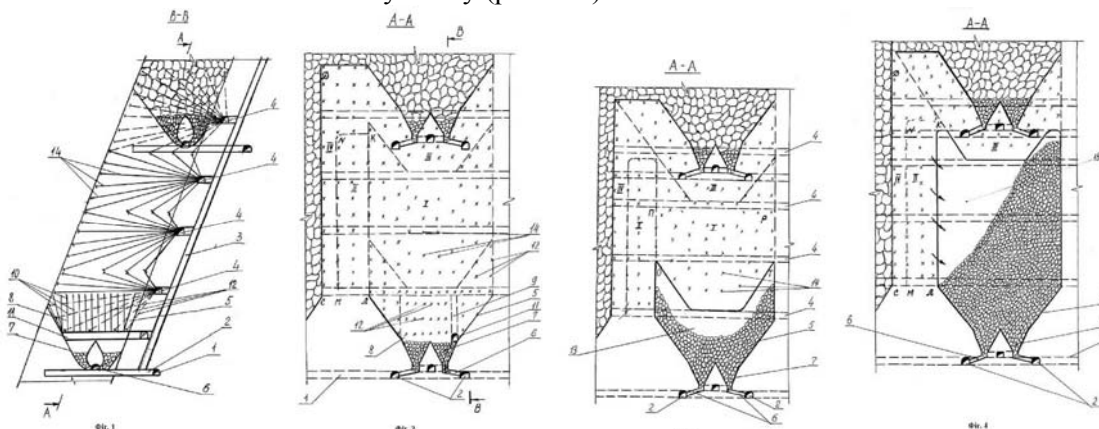


Рис. 1. Вертикальна проекція навхрест простягання з похилим днищем, підсічкою та схемами розбурювання; фіг. 2 - вертикальна проекція за простяганням з похилим днищем, віялами свердловин, контурами запасів стеліни та міжкамерного цілика; фіг. 3 – вертикальна проекція з обваленими запасами, двокрилим компенсаційним простором після часткового випуску першого підповерху; фіг. 4 – вертикальна проекція з обваленими запасами камери та компенсаційним простором для відбійки частини міжкамерного цілика

Вона передбачає виймання запасів поверху блоками з поділенням їх на камери, міжкамерні цілики та стеліни, свердловинну відбійку верхньої частини блоку в межах камери з наступним обваленням стеліни, міжкамерних ціликів і налягаючих порід, магазинуванням цих запасів з наступним послідовним їх випуском через щілину та воронки днища блоку.

Запаси руди розбурюються з підповерхових бурових виробок лежачого боку, формується похилий під кутом більшим природного укіс днища як нахрест простягання, так і за простяганням, утворюється компенсаційна щілина для першого обвалюваного вертикальними шарами двокрилого похилого під кутом природного укісу підповерху, виконується частковий випуск обваленої при цьому рудної маси, та наступних підповерхів камерного запасу, причому, останні обвалюються в межах підповерху двокрилими шарами на компенсаційний простір такої ж форми, магазинуються запаси відбитої руди і забезпечується тимчасове підтримання оточуючих порід. Потім здійснюється випуск рудної маси з воронки з боку міжкамерного цілика, який відпрацьовується, відбиваються запаси частини цього цілика на утворений компенсаційний простір, виконується масовий випуск замагазинованої рудної маси з камери, обвалюються та випускаються запаси стелини та залишеної частини міжкамерного цілика. Таким чином міжкамерний цілик відпрацьовується у 2 стадії: спочатку частина на камеру, та випуск її з показниками запасів камери, а потім залишена частина (огороджуючий цілик). Параметри ціликів визначаються з урахуванням часу їх існування. Форма та розміри між камерного цілика визначаються стійкістю рудного масиву та оточуючих порід і регламентують вплив на показники добування при його відпрацюванні та за системою в цілому. Існують методики розрахунку параметрів конструктивних елементів системи розробки. Але вони не завжди враховують працездатність ціликів з урахуванням реологічних властивостей порід та в умовах змінення полів напружень. Виходячи з теорії акад. Л.Д. Шев'якова, інтерпретації характеру напружено-деформованого стану налягаючих порід та тривалої їх взаємодії з підземними конструкціями, розміри міжкамерного цілика можливо визначити з рівняння

$$A_1 a^3 - B_1 a^2 - C_1 a - D = 0, \quad (1)$$

де $A_1=4A$; $B_1=4B$; $C_1=5Bl_k$; $D=Bl_k^2$ - для ціликів з відношенням його довжини (висоти) до ширини, яке дорівнює 4.

Прийнято

$$A = \sigma_{cr}/m_z; \quad B = \gamma H(\operatorname{tg}\alpha + \lambda)n_t; \quad C = \gamma H(\operatorname{tg}\alpha + \lambda)n_t l_k,$$

де γ – середня об'ємна вага налягаючих порід, Мн/м^3 ; H – глибина до горизонтальної вісі цілика, м; a , l_k – відповідно, ширина цілика та камери за простяганням, м; λ – коефіцієнт бокового розпіру; α – кут падіння покладу, град; σ_{cr} – тривала межа міцності на однісіне стискання, МПа; n_t - тривалий запас міцності цілика.

Його можливо визначити з формули

$$t = [(n_t - 1) k_\phi^{-1}]^{1/m}, \quad (2)$$

де t – заданий строк існування цілика, міс.; k_ϕ – коефіцієнт форми цілика; m – реологічний коефіцієнт, який характеризує зміну властивостей та стан гірських порід з часом.

Вкажемо, що формули (1,2) приведені для форми цілика з відношенням для вигляду $am_r^{-1} > 1$, при $k_\phi = am_r^{-1}$. Якщо в результаті розрахунків буде встановлено, що величина відношення ширини цілика до його висоти виявиться меншою, або дорівнюватиме 1, то послідовність визначень треба приймати для відношення розмірів, яке характеризується $k_\phi = (am_r^{-1})^{0,5}$.

Для підвищення показників видобування руди, відбійка запасів камери ведеться похилими шарами за простяганням по чергово зі сторони раніше відпрацьованого блоку та блоку який готують до виймання, на утворений частковим випуском похилий компенсаційний простір.

Послідовність операцій технології виконується таким чином. Поверх відпрацьовується блоками, які поділяються на камери, стелини та міжкамерні цілики. Причому, міжкамерний цілик СДКЛ поділяють на дві частини II - MNKL і IV - CDKNM. Виймаються запаси блоку за такої послідовності: камери (I), частини міжкамерного цілика (II), а потім з уповільненням стелини (III) і огороджуючого цілика (IV).

Конструктивні параметри стелини розробки визначають згідно діючих методичних вказівок, причому, розміри міжкамерного цілика СДКЛ розраховуються на весь термін відпрацювання блоку, а огороджуючого - CDKNM - на термін масового випуску замагазинованих запасів камери I. Підготовка блоку виконується шляхом проведення відкотного штреку 1, ортів-заїздів 2, блокового підняттевого 3, бурових штреків 4. Готується похиле під кутом, більшим природного укісу, днище блоку як у проекції нахрест простягання, так і за простяганням. Для цього проходяться доставочні виробки 6, воронки 7, утворюється компенсаційна щілина 8. Остання

виконується шляхом проведення відрізного підняттявого 9, його розширення свердловинами 10, які вибурюються з підсічного орту 11 та відбійкою свердловин 12 так, щоб компенсація у проєкції за простяганням після випуску частини руди мала вигляд двокрилого простору 13. Причому, вертикальні віяла свердловин 12 відбиваються на попередньо утворену щілину над воронками 7 (фіг. 1,2). Такий компенсаційний простір забезпечує відбійку наступних шарів рудного масиву камери в межах ОПРТ при підтриманні замагазинованою рудою оточуючих порід. Для відбійки зазначених запасів камери свердловини 14 у віялах комутуються так, щоб шар відбійки мав вигляд двокрилого масиву руди (фіг. 3).

Після відбійки рудних запасів камери (I) до стелини (III) замагазинована рудна маса частково випускається через воронки, які розташовані з боку раніше відпрацьованого блоку так, щоб забезпечити компенсаційний простір (15) для відбійки частини міжкамерного цілика MNKL (фіг. 4). Після відбійки цих запасів замагазинована рудна маса масово випускається. З уповільненням відбиваються запаси стелини III та огорожуючого цілика IV та проводиться випуск відбитої руди. Отже, оточуючі породи в камері підтримуються замагазинованою рудою, а для зменшення часу стояння оголень при масовому випуску рудної маси пропонується оригінальна маловитратна конструкція днища та інтенсифікація випуску застосуванням віброконвеєрів або самохідної техніки. Порівняно зі скреперною доставкою продуктивність на доставці зростає у 3-4 рази і, відповідно, час експлуатації конструктивних елементів системи розробки на стільки ж зменшується.

Для підвищення показників видобування руди, відбійка запасів камери також може вестись похилими шарами за простяганням почергово зі сторони раніше відпрацьованого блоку та блоку, який готується до виймання, на утворений частковим випуском похилий компенсаційний простір.

Впровадження запропонованого способу розробки родовищ дозволяє знизити витрати на проведення підготовчо-нарізних робіт за рахунок ефективних схем розбурювання масиву, оригінальних конструкцій днища блоку та компенсаційного простору. Оптимальна технологія відпрацювання міжкамерного цілика дає можливість знизити втрати та розубоження руди. Крім того, запропонована технологічна схема відпрацювання запасів блоку розширює область застосування камерних систем розробки.

Висновки та напрям подальших досліджень. З глибиною на шахтах Криворізького басейну спостерігається відмова від ефективних у порівнянні з системами з обваленням камерних систем розробки. Це пов'язано з активними негативними проявами гірського тиску та вимушеним прийняттям збільшених розмірів ціликів та зменшенням камерних запасів, які відпрацьовуються з незначними втратами і засміченням у порівнянні з ціликами. Запропонована технологічна схема відпрацювання запасів блоку розширює область застосування камерних систем розробки. Впровадження цієї технології дозволяє знизити витрати на проведення підготовчо-нарізних робіт за рахунок ефективних схем розбурювання масиву, оригінальних конструкцій днища блоку та компенсаційного простору. Оптимальна технологія відпрацювання міжкамерного цілика дає можливість знизити втрати та розубоження руди. Подальші дослідження направлені на встановлення раціонального співвідношення геометричних розмірів конструктивних елементів запропонованої технологічної схеми відпрацювання очисного блоку, виду і типорозміру застосовуваної геотехніки шляхом їх оптимізації.

Список літератури

1. Патент на корисну модель №38406, Україна. Спосіб підземної розробки похилих родовищ корисних копалин / **Кушнерьов І.П., Кривенко Ю.Ю.** / Номер заявки u200810803, заявл. 01.09.2008; Опубл. 12.01.2009. - Бюл. № 1.
2. Системы разработки для подземных рудников Криворожского бассейна (типовые паспорта). - Кривой Рог, НИГРИ, 1986. - 76 с.
3. **Жуков В.В.** Расчет элементов системы разработки по фактору прочности. - М.: Наука, 1977. - 205 с.
4. **Кушнерьов І.П., Кривенко Ю.Ю.** Удосконалення технології відпрацювання рудних покладів камерними системами на глибоких горизонтах / Вісник КНУ, 2012. - Вип. 30. - С. 23-26.
5. **Цариковський В.В., Цариковський Вал.В., Ляшенко В.І.** Підвищення ефективності камерних систем розробки родовищ на шахтах Кривбасу. *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2011, - №1. - С. 82-88.
6. **Ветров С.В.** Допустимые размеры обнажений горных пород при подземной разработке руд / М.: Наука, 1975. - 230 с.
7. **Кушнерёв И. П.** Совершенствование технологии выемки рудных залежей на глубоких горизонтах / Разраб. рудн. месторожд., 2005. - Вып. 88. - С.39-41.
Рукопис подано до редакції 15.03.17