

Список литературы

1. Лубенец Н.А. Моделирование пластических свойств горных пород: в 2 т./Лубенец Н.А.// Днепропетровск: Сборник научных трудов НГУ. – 2003. – №17. – С. 574–576.
2. Лубенец Н.А. Явление сверхпластичности горного массива – ключ к пониманию причин и механизма возникновения некоторых динамических явлений /Лубенец Н.А.// Науковий вісник НГУ. – 2004. – №10. – С. 29–32.
3. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике / Фадеев А.Б. – Москва: Недра, 1987. – 222 с.
4. Кравченко А.В. Обоснование рациональных параметров крепей для магистральных выработок на угольных шахтах со слабометаморфизованными вмещающими породами (на примере шахт Западного Донбасса): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.02 „Підземна розробка родовищ корисних копалин“ / Анатолий Васильевич Кравченко/ – Дніпропетровськ, 1994. – 20 с.
5. Потапенко В.А. Проведение и поддержание выработок в неустойчивых породах / Потапенко В.А., Казанский Ю.В., Цыплаков Б.В. – Москва: Недра, 1990 – 336 с.

Обґрунтовано актуальність прогнозування стійкості підготовчих гірничих виробок в умовах шахт Західного Донбасу. З урахуванням способів транспортування, характеристик транспортних засобів і параметрів дилатансії масиву гірських порід навколо підготовчої виробки проведено аналіз її стійкості. Наведено рекомендації з прогнозування стійкості транспортних виробок, що вводяться в породах з низьким ступенем метаморфізації.

Ключові слова: дилатансія, масив гірських порід, арокне кріплення

An urgency of development mine workings stability prediction in the conditions of Western Donbas mines is proved. Taking into account ways of transportation, vehicles characteristics and dilatation parameters of rock massif around development mine working, the analysis of its stability is carried out. Recommendations about stability prediction of the transport mine workings driven in the rocks with low degree of metamorphism are given.

Keywords: dilatancy, rock massif, arched support

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.С. Пригуновим. Дата надходження рукопису 09.11.10

УДК 622.272:624.191.5

**С.А. Харин¹, канд. техн. наук,
В.В. Коваленко², канд. техн. наук**

1 – Криворожский технический университет, г. Кривой Рог, Украина
2 – Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина

**АНАЛИЗ СХЕМ ВСКРЫТИЯ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ
ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТ**

**S.A. Kharin¹, Cand. Sc. (Tech.),
V.V. Kovalenko², Cand. Sc. (Tech.)**

1 – Krivoy Rog Technical University, Krivoy Rog, Ukraine
2 – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine

**ANALYSIS OF SCHEMES OF MINING FOR DEEP LAYERS
OF IRON-ORE MINES**

Рассмотрены запасы природно-богатых железных руд на больших глубинах в Криворожском бассейне. Выполнен анализ способов вскрытия месторождения вертикальными скипо-клетевыми и наклонными конвейерными стволами. Для различных условий исследованы схемы строительства горизонтов второй ступени вскрытия с учетом возможной интенсивности ведения работ. Выполнен анализ использования различных схем строительства горизонтов второй ступени вскрытия в зависимости от количества точек приложения работ.

Ключевые слова: месторождение, железная руда, глубина, раскрытие, способ, выработка, ствол, квершлаг, штрек, точка встречи

В настоящее время разработка многих месторождений руд железа, никеля, меди, серебра, золота и других цветных металлов уходит на глубину. На золотых и медно-никелевых рудниках Канады в провинциях Онтарио и Квебек она колеблется в пределах 1500–3000 м, на золотых рудниках ЮАР и Индии горные работы ведутся на глубине свыше 3,5 км от поверхности. Очень глубоким является золотой руд-

ник „Вестерн Дип Левелз“ в ЮАР, где очистные работы превысили отметку 3,8 км.

В 80-е годы группой исследователей, которую, в частности, составляли академики Н.П. Семеновко и Я.Н. Белевцев, проф. Г.В. Тохтуев и др., было проведено изучение структуры рудных полей и залежей богатых железных руд Кривого Рога на глубоких горизонтах разработки. Сопоставим полученные, по данным [1], размеры прогнозных запасов природно-богатой железной руды и содержания в ней железа по различным рудникам (рис. 1).

⁵ © Харин С.А., Коваленко В.В., 2011

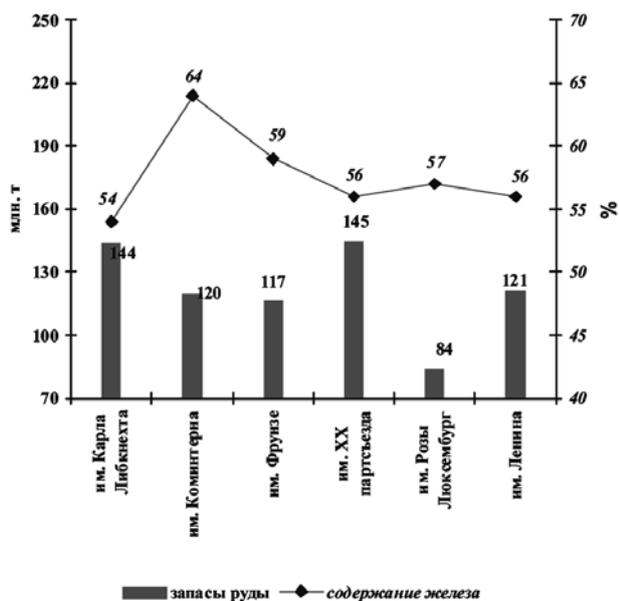


Рис. 1. Прогнозные запасы богатой руды в этаже 1500–2500 м

Можно предполагать наличие в Криворожском бассейне в диапазоне глубин 1500–2500 м суммарных прогнозных запасов богатой руды порядка 730 млн тонн. Указанная цифра может быть сопоставлена с величиной товарной руды, добытой подземным способом в бассейне за период, охватывающий практически всю историю его существования (1880–2006 гг.), которая оценивается в 2100 млн т. [2].

В этой связи важной и сложной проблемой является вскрытие и разработка месторождений на весьма больших глубинах с использованием нескольких ступеней вскрытия. Месторождения богатых железных руд в Криворожском бассейне в различное время вскрывались вертикальными и конвейерными стволами, в той или иной мере использовалась их комбинация.

Анализ применения способов вскрытия мощных наклонных рудных месторождений вертикальными скипо-клетевыми и наклонными конвейерными стволами, выполненный, в частности, с учетом работ [2–4], позволил установить следующее.

Вертикальные стволы могут быть пройдены высокими темпами, использованы одновременно для подъема руды, породы, для проветривания, доставки материалов и оборудования, спуска-подъема людей, прокладки трубопроводов и кабельных линий, что невозможно или неэкономично при наклонных конвейерных стволах. В связи с этим на глубокой шахте высокой производительности при вертикальном подъеме число стволов (главных и вспомогательных) на 30–50% меньше, чем при конвейерном подъеме в аналогичных условиях.

Проходка вертикальных стволов более безопасна даже в условиях высокого горного давления и горных ударов: число рудоподъемных стволов на крупных шахтах можно увеличивать по мере возрастания глубины разработки и уменьшать при доработке месторождения, используя освободившиеся стволы для вентиляции.

Конвейерные стволы требуется проходить сразу в запроектированном комплексе на глубину очереди, а затем нести по ним эксплуатационные расходы в полном объеме независимо от колебаний в добыче руды.

При конвейерном подъеме большую долю в затратах составляют амортизация капитальных вложений, стоимость конвейерных лент и поддерживающих роликов, расходы на электроэнергию и обслуживание стволов. Необходимы также дополнительные стволы для подачи воздуха в шахту и выполнения вспомогательных операций. Для перегрузочных узлов необходимы большие камеры (до 6–10 тыс. м³ каждая), что допустимо в особо прочных породах и на ограниченных глубинах.

К существенным недостаткам конвейерных стволов следует также отнести [4]: жесткость шахтного подъема (энергетическая мощность подъемных установок остается прежней даже при значительном снижении производительности шахты); жесткость способа вскрытия (мощность конвейерной линии остается прежней и в период затухания шахты); низкую надежность конвейерной системы, особенно при наличии нескольких погрузочных и перегрузочных точек, необходимость постоянного наблюдения и ухода, так как перекося, неосевая нагрузка, заклинивание кусков руды в выпускной точке, удары кусков по ленте и срезающее их действие при скольжении и переходе ленты через ролики, прилипание абразивной мелочи и т.п. вызывают повышенный износ ленты и аварии; высокую стоимость проходки, особенно углубки, из-за необходимости многократной перетранспортировки горной массы для выдачи ее из забоя на поверхность. Так, в самый благоприятный период проходки наклонных стволов стоимость выемки 1 м³ породы была в 1,5–2 раза выше, чем у глубоких вертикальных диаметром в проходке соответственно 8 и 7 м [4].

Достоинства конвейерных стволов – непрерывность подъема и сохранение производительности с глубиной разработки – проявляют себя лишь при небольшом числе ствов и наличии резервных емкостей.

В свое время [3, 4] при сравнении подъема руды конвейерными стволами с подъемом вертикальными скипо-клетевыми стволами типа шахты „Гигант-Глубокая“, оснащенными скипами грузоподъемностью 50 т., установлено, что вариант с вертикальными стволами по эксплуатационным расходам в 2,6 раза экономичнее конвейерного.

Основные причины высокой стоимости конвейерного подъема заключаются в значительной цене сооружений и оборудования, низкой надежности многоставной системы большой длины, неравномерном поступлении руды на конвейер из-за отсутствия резервных емкостей на линии и продолжительном включении системы при остановках, в результате чего увеличиваются износ оборудования, расход электроэнергии, простои, уменьшается коэффициент полезного использования конвейерной линии.

Постановка задачи. Как представляется в этой связи, для условий глубоких шахт Кривбасса можно рекомендовать вскрытие горизонтов с применением слепых вертикальных стволов.

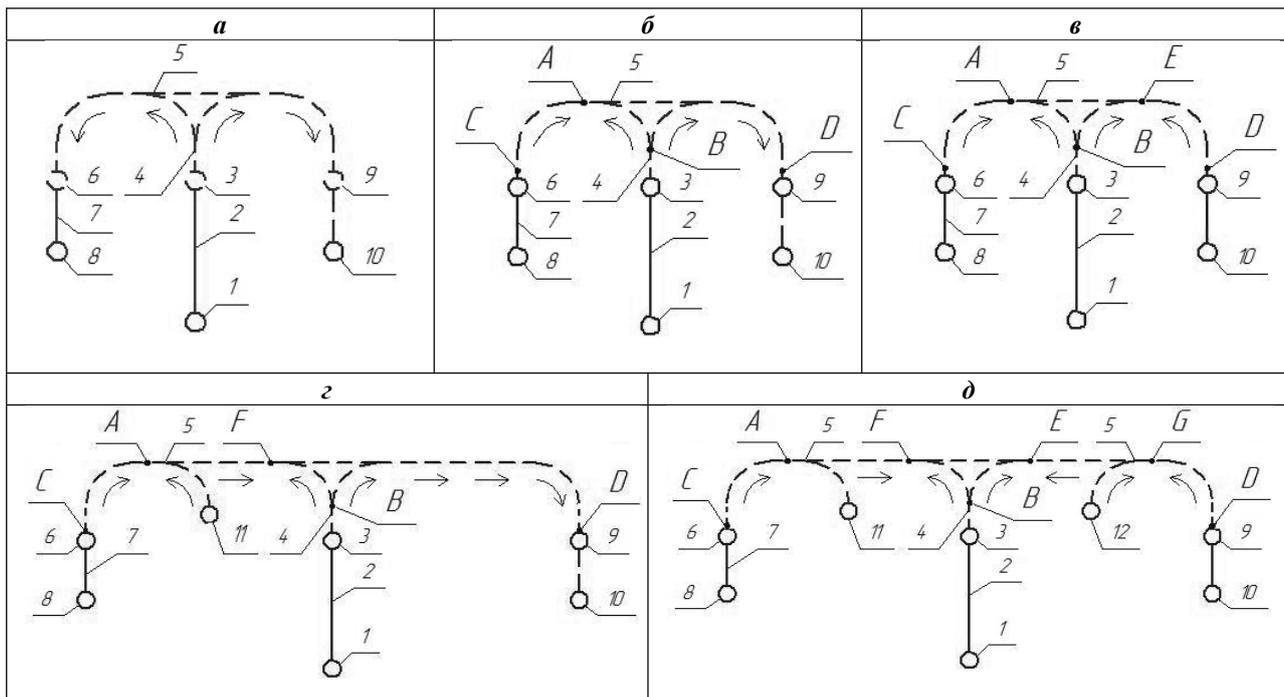


Рис. 2. Строительство горизонта второй ступени с использованием: а – одной точки приложения работ (от главного ствола); б – двух точек приложения работ (от главного ствола и одного из фланговых); в – трех точек приложения работ (от главного ствола и обоих фланговых); г – трех точек приложения работ (от главного ствола, флангового и временного околоштрекового); д – пяти точек приложения работ (от главного ствола, двух фланговых и двух временных околоштрековых); 1 – главный ствол горизонта первой ступени вскрытия; 2 – главный квершлаг горизонта первой ступени вскрытия; 3 – главный слепой вертикальный ствол, вскрывающий горизонт второй ступени вскрытия; 4 – главный квершлаг горизонта второй ступени вскрытия; 5 – штрек горизонта второй ступени вскрытия; 6, 9 – фланговые слепые вертикальные стволы, вскрывающие горизонт второй ступени; 7 – вентиляционный квершлаг горизонта первой ступени вскрытия; 8, 10 – фланговые стволы горизонта первой ступени вскрытия; 11, 12 – временные околоштрековые слепые стволы; А, Е, F, G – точки встречи; ← – направления развития проходческих работ

При строительстве горизонта второй ступени возможны 5 вариантов с различным использованием точек приложения (рис. 2):

1 вариант (рис. 2, а) - одной точки приложения работ (от главного ствола);

2 вариант (рис. 2, б) - двух точек приложения работ (от главного ствола и одного из фланговых);

3 вариант (рис. 2, в) - трех точек приложения работ (от главного ствола и двух фланговых);

4 вариант (рис. 2, г) - трех точек приложения работ (от главного ствола, флангового и временного околоштрекового);

5 вариант (рис. 2, д) - пяти точек приложения работ (от главного ствола, двух фланговых и двух временных околоштрековых).

При строительстве горизонта 2-й ступени вскрытия с использованием одной точки приложения работ (рис. 2, а) проходка выработок осуществляется следующим образом. Горизонт 2-й ступени вскрывается с помощью слепого ствола (3), находящегося вблизи главного квершлага (2) вышележащего горизонта. Работы включают в себя также проходку околоствольного двора, камер подъемной машины и других выработок, необходимых для обеспечения строительства.

Далее производится сооружение околоствольного двора на горизонте 2-й ступени вскрытия, проходка главного квершлага на этом горизонте (4), в дальнейшем осуществляется строительство штрека (5).

Схема характеризуется простотой, невысокими темпами строительства и, следовательно, сравнительно большой продолжительностью сооружения объекта. Вместе с тем при такой схеме не возникает необходимости в проведении значительного объема вспомогательных выработок, связанных с обеспечением строительства. Она может быть рекомендована в большинстве случаев, в особенности при сравнительно невысокой интенсивности отработки вышележащих этажей.

При строительстве горизонта 2-й ступени вскрытия с использованием двух точек приложения работ (рис. 2, б) проходка выработок осуществляется от слепого ствола, находящегося вблизи главного квершлага и одного из фланговых слепых стволов. В данном случае точка встречи А будет находиться на штреке. При этом продолжительность сооружения горизонта может быть определена из следующих соображений.

Если участки штрека BC и BD сопоставимы по протяженности, то возможны такие варианты:

– на участке *BC* используется менее производительное проходческое оборудование и продолжительность работ примерно соответствует участку *BD*, где используется более производительное оборудование;

– если оборудование сопоставимо по производительности, то продолжительность строительства горизонта будет определяться окончанием работ по сооружению участка *BD*;

– если участок штрека *BC* значительно превышает участок *BD*, то продолжительность строительства горизонта будет определяться временем достижения точки встречи *A*. Данная схема позволяет применять множество вариантов сочетаний различного проходческого оборудования для достижения определенных сроков окончания работ.

Строительство горизонта второй ступени с помощью трех точек приложения работ (от главного ствола и двух фланговых). В этом случае (рис. 2, в), в отличие от схем, рассмотренных ранее, необходимо наличие еще одного флангового слепого ствола.

Продолжительность работ по строительству горизонта определится достижением точек встречи направлений работ *A* или *E*. При проходческом оборудовании различной производительности возможен вариант, когда моменты достижения точек встречи будут близкими.

Схема позволяет осуществить строительство в сравнительно сжатые сроки и может быть рекомендована при высокой интенсивности отработки вышележащих этажей. К числу заметных недостатков схемы могут быть отнесены необходимость проходки значительных объемов вспомогательных выработок и более высокая стоимость работ.

Схемы (рис. 2, а-в) имеют место при сравнительно небольших размерах рудного тела по простиранию. Если же размеры рудного тела по простиранию весьма велики, то могут иметь место следующие схемы (рис. 2, г, д).

Строительство горизонта второй ступени с помощью трех точек приложения работ (от главного ствола, флангового и временного околоштрекового), рис. 2, г. Если использовать проходческое оборудование различной производительности, то участки штрека *AC*, *AF*, *BF*, *BD* могут быть пройдены за сопоставимые промежутки времени, при использовании же оборудования одинаковой производительности продолжительность строительства горизонта во многом будет зависеть от темпов сооружения участка штрека *BD*.

Строительство горизонта второй ступени с помощью пяти точек приложения работ (от главного ствола, двух фланговых и двух временных околоштрековых), рис. 2, д. Схема отличается наличием 5 точек приложения работ и может быть рекомендована в условиях очень высоких показателей интенсивности добычи полезного ископаемого и, соответственно, понижения очистных работ. В других случаях такую схему применять нецелесообразно ввиду наличия значительных объемов выработок, обеспечивающих строительство, и большой его стоимости.

Выводы. Таким образом, анализ позволяет предполагать наличие в Криворожском бассейне в диапа-

зоне глубин 1500–2500 м суммарных прогнозных запасов богатой руды порядка 730 млн т.

Для условий глубоких шахт Кривбасса можно рекомендовать вскрытие горизонтов с применением слепых вертикальных стволов. Строительство горизонта второй ступени возможно с использованием одной точки приложения работ – от главного ствола; двух – от главного ствола и одного из фланговых; трех точек – от главного ствола и двух фланговых или – от главного ствола, флангового и временного околоштрекового; пяти точек – от главного ствола, двух фланговых и двух временных околоштрековых.

Список литературы

1. Структура криворожских месторождений богатых руд и закономерности их развития на больших глубинах. / [Н.П. Семененко, Г.В. Тохтуев, В.М. Кравченко, Э.А. Ярошук и др.] – Киев, Наук. думка, 1981. – 188 с.
2. Криворізький залізорудний басейн. До 125-річчя з початку промислового видобутку залізних руд. / [Ю.Г. Вілкул, Л.В. Дояр, М.І. Дядечкін, О.С. Колодезнев та ін.] – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2006. – 583 с. – ISBN 966-8224-34-5
3. Агошков М.И. Подземная разработка рудных месторождений. / М.И. Агошков, Г.М. Малахов – М.: Недра, 1966. – 663 с.
4. Титов В.Д. Основы проектирования глубоких железорудных шахт. / Титов В.Д. – М.: Недра, 1977. – 229 с.

Розглянуто запаси природно-багатих залізних руд на великих глибинах у Криворізькому басейні. Виконано аналіз способів розкриття родовища вертикальними скипо-клітьовими і похилими конвеєрними стволами. Для різних умов досліджено схеми будівництва горизонтів другого ступеню розкриття з урахуванням можливої інтенсивності ведення робіт. Виконано аналіз використання різних схем будівництва горизонтів другого ступеня розкриття в залежності від кількості точок прикладання робіт.

Ключові слова: родовище, залізна руда, глибина, розкриття, спосіб, виробка, ствол, квершлаг, штрек, точка зустрічі

The article considers resources of naturally rich deep iron ore in the Krivoy Rog basin. The methods of mining of deposit by means of vertical skip-cage and inclined conveyer shafts is analysed. It is investigated the charts of building of horizons of the second stage of opening for different terms, taking into account possible intensity of works. It is analysed the use of various schemes of construction of horizons of the second stage of opening, depending on the number of points of application of works.

Keywords: deposit, iron ore, depth, opening, method, mine working, shaft, cross-cut, drift, point of contact,

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук А.М. Роєнком. Дата надходження рукопису 17.09.10