

О.Е. Хоменко, В.Н. Почепов, В.И. Сулаев, А.Б. Владико, В.С. Фальштынский

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ШАХТ КРИВОРОЖСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО БАСЕЙНА

Визначена низка факторів, що впливають на зниження якості товарної руди і виробничих потужностей шахт Криворізького басейну. Розроблена технологія гірничих робіт з формування у виробленому просторі шахти штучних ціликів, розраховані технологічні параметри та запропонований ряд запірних елементів. Обґрунтований очікуваний економічний ефект від впровадження запропонованих технологічних рішень.

Определен ряд факторов, которые влияют на снижение качества товарной руды и производственных мощностей шахт Криворожского бассейна. Разработана технология горных работ по формированию в выработанном пространстве шахты искусственных целиков, рассчитаны технологические параметры и предложен ряд запорных элементов. Обоснован ожидаемый экономический эффект от внедрения предлагаемых технологических решений.

A number of factors which influence reduction in quality of commodity ore and capacities of mines Krivorozhskij's basin are determined. A line of close elements is offered, technological parameters are designed and the technology of mining works directed on formation in the produced space the artificial barriers is developed. The expected economic affect from introduction of offered technological solutions is proved.

Жесткие рыночные отношения, установившиеся в Украине за последние 10 лет, снизили темпы вскрытия и подготовки месторождений Криворожского бассейна. Это привело к закрытию 80% шахт и снижению до 40% производственных мощностей на действующих шахтах. Современные условия добычи богатых железных руд шахтами Кривбасса осложняются рядом геотехнологических факторов, которые влияют на снижение объемов добычи и качество товарной руды.

Отработка рудных залежей традиционными системами разработки до глубин 1100-1200 м обусловила образование выработанных пространств, которые представляют собой на поверхности воронки сдвигения, а в недрах – пустоты, частично заполненные обрушенными породами. Пустоты способствует перераспределению первоначальных напряжений нетронутого массива и образованию областей опорного давления в месте ведения очистных и подготовительных работ. Через выработанное пространство устанавливается аэродинамическая связь с поверхностью, что способствует увеличению утечек воздуха в вентиляционную сеть шахты, а гидродинамическая связь повышает вторичную обводненность блоков.

Результаты комплексного исследования поведения массива в зонах разгрузки, окружающих выработанные пространства [1,2], предоставили возможность разработки технологических решений, направленных на снижение негативного влияния на подготавливаемые и вынимаемые блоки.

Установленные закономерности распределения полей напряжений и характера разрушения массива вокруг выработанных пространств создают основу для разработки эффективных способов управления состоянием массива горных пород и снижения нагрузки на службы транспорта, водоотлива и вентиляции шахты.

Снижение горного давления в областях ведения горных работ сопровождается ресурсосбережением для подготовительных, нарезных и очистных работ. Это способствует применению менее металлоемкого крепления подготовительных выработок, увеличению размеров очистных камер, уменьшению размеров междукамерных и междуэтажных целиков и, уменьшению объема породы выдаваемой на поверхность, снижению нагрузки на главные вентиляционные установки шахты, улучшению условий труда горнорабочих, повышению техники безопасности горных работ и др.

Наличие в шахтных полях до 50% выработанных пространств, имеющих выход на земную поверхность, позволяет сменить их типологию и, как следствие, изменить степень и характер влияния на вмещающий массив. Так, например, возможно из выработанных пространств, имеющих выход на земную поверхность, сформировать «слепые». Это дает возможность изменения полей напряжений в массиве зоны разгрузки выработанных пространств и создания благоприятных условий по фактору горного давления в месте ведения горных работ. Разделение выработанного пространства предлагается осуществлять с помощью формирования в его полости искусственного целика.

Моделирование возможных вариантов преобразования выработанных пространств показало, что эффективным является формирование искусственных целиков, состоящих из вмещающих пород и массива закладки. Искусственные целики воспринимают давление коренных пород висячего бока и уменьшают напряженность в области опорного давления. Они также нарушают аэро- и гидродинамическую связь с земной поверхностью и снижают утечки воздуха через выработанное пространство, а также проникновение атмосферных осадков в подготовительные и очистные забои шахты.

Важным элементом предлагаемого технологического решения является формирование искусственных целиков с применением рациональных способов образования запорных элементов. Авторами разработан ряд способов образования запорных элементов искусственных целиков для широкого спектра горнотехнических условий северной группы шахт Криворожского бассейна.

На рис. 1, а представлен способ образования «затвора» путем отделения вертикальной плиты из пород висячего бока и опрокидывания ее на полость выработанного пространства. Область применения «затвора» – прочные породы висячего бока, возрастающая мощность выработанного пространства при углах распространения 60-90°.

На рис. 1, б представлен способ образования «пробки» путем отделения вертикальной трапеции из пород висячего бока выработанного пространства. Отделенная «пробка» под собственным весом и действием взрывной волны соскальзывает в полость выработанного пространства и расклинивается в ней. Применение данного запорного элемента возможно при прочных породах висячего бока, углах распространения 60-90° и убывающей мощности выработанного пространства.

На рис. 1, в представлен способ образования «задвигки» путем отделения наклонной плиты из пород висячего бока выработанного пространства. Плита движется перпендикулярно полости выработанного пространства и перекрывает его. Полость в породах лежащего бока образуют взрыванием и выпуском породы через дополнительные дучки. «Задвигку» применяют при прочных породах висячего бока, изменчивой мощности по падению с углами распространения выработанного пространства 20-60°.

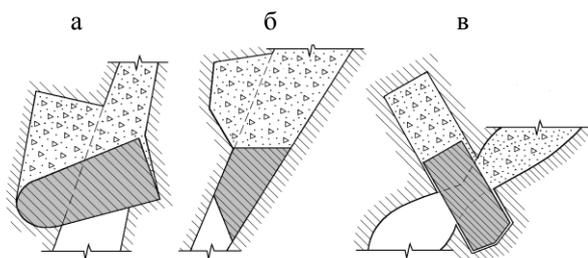


Рис. 1. Принципиальные схемы образования запорных элементов для формирования искусственных целиков: а – «затвор»; б – «пробка»; в – «задвигка»

Отделение запорных элементов предлагается производить отрезными оконтуривающими скважинами с взрыванием колонковых зарядов. Методика расчета параметров и проведения буровзрывных работ подробно изложена в работе [3]. При таком способе взрывания в плоскости расположения скважин образуется трещина. Процесс трещинообразования при контурном взрывании характеризуется пониженной энергоемкостью и гладкостенностью взрывания. Отделенный таким способом запорный элемент искусственного целика имеет заданные размеры и форму.

Выработанное пространство над целиком заполняется сухой или твердеющей закладкой. Опыт повторной разработки месторождений Кривбасса свидетельствует о том, что обрушенные в выработанное пространство породы, при условии отсутствия перемещения с течением времени, превращаются в монолит [4]. Опыт работы Иртышского рудника [5] говорит о том, что сухая закладка воспринимает значительную часть давления вмещающих пород. При моделировании процесса закладки в лабораторных условиях установлено, что при пористости 10-12% закладочный материал может воспринимать нагрузки до 5 МПа с усадкой, не превышающей 13%. При условии сохранения породной закладки в неподвижном состоянии и наличия влажной среды ее несущая способность приближается к несущей способности твердеющей закладки.

Омоноличивание массива сухой закладки под действием статических сил гравитации, динамических сил взрывных волн и инфильтрационного влияния атмосферных осадков способствует созданию искусственного целика, приближающегося по своим свойствам к естественному.

Образование искусственных целиков эффективно для северной группы шахт Криворожского бассейна. Так, например, на шахте им. Ленина очистные работы ведутся в этажах 1200-1125 и 1125-1050 м. Через выработанное пространство основных залежей «102-5», «69-1» и «ОК-2» осуществляется прогрессирующее вторичное обводнение очистных блоков и происходят интенсивные утечки воздуха из вентиляционной сети шахты.

Атмосферные осадки проникают по выработанному пространству в подготовительные и очистные забои, усложняя технологию выпуска и доставки руды, снижая безопасность труда и ухудшая технико-экономические показатели работы участков. Осложняющим фактором является то, что залежи шахты им. Ленина в основном сложены малоустойчивыми тонкозернистыми рудами, не содержащими цементирующих материалов и обладающими очень низкой водоотдачей. В результате увлажненная товарная руда имеет более низкую отпускную цену. Избыток воды откачивается на поверхность двумя ступенями шахтного водоотлива.

Порода, отбиваемая в подготовительных и нарезных забоях, выдается на поверхность, усложняя схемы движения грузопотоков и перегружая цепочки внутришахтного транспорта. Все вышеупомянутые факты способствуют перерасходу ресурсами службами проходки, добычи, вентиляции, водоотлива и транспорта шахты.

С формированием искусственных целиков в выработанных пространствах отработанных залежей, улучшаются технологические условия ведения подготовительных и очистных работ. Вода, проникающая в выработанное пространство, инфильтруется через сухую закладку искусственного целика и уплотняет ее. Затем вода улавливается запорным элементом и откачивается на поверхность одной ступенью водоотлива шахты. Пустая порода транспортируется к месту формирования целика, а не на земную поверхность. Предложенный способ образования искусственных целиков отличаются существенной новизной и требует обоснования основных технологических параметров.

Наклонная длина целика (с учетом запорного элемента), способная воспринять нагрузку области опорного давления, будет равна длине массива зоны разгрузки, вновь образованного выработанного пространства, выходящего на земную поверхность и определяется, согласно [1]

$$a_{цн} = \sqrt{\frac{(a^2 + \epsilon^2)(a\epsilon)^2}{(a\epsilon)^2 + 1}}, \text{ м}$$

где a и ϵ – размеры вертикальной и горизонтальной полуосей разгруженного массива выработанного пространства, имеющего выхода земную поверхность (рис. 2)

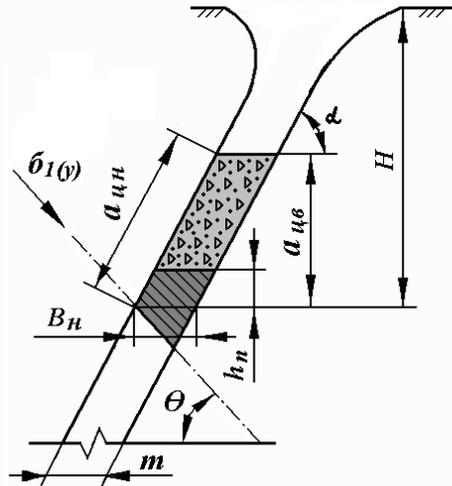


Рис. 2. Расчетная схема параметров искусственного целика

Вертикальная высота целика будет равна

$$a_{цв} = a \sin \alpha, \text{ м},$$

где α – угол распространения выработанного пространства, град.

Изменение напряжений в области опорного давления характеризуется прямолинейной и параболической зависимостями. Под углом распространения выработанного пространства равным α зависимость носит прямопропорциональный линейный характер. Следовательно, зависимость воспринимаемого давления от наклонной длины целика будет иметь вид

$$\sigma_p = 0,01a_{цн}, \text{ МПа}.$$

Отношение воспринимаемой нагрузки к длине искусственного целика позволяет определять, как напряжения при заданных размерах, так и размеры при заданных напряжениях.

Снижение до минимума растягивающих напряжений в запорном элементе искусственного целика (либо в нижней его плоскости) возможно при установке его под углом действия главного нормального напряжения $\sigma_{1(y)}$, действующего в нетронутом массиве пород под углом θ к горизонту

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \arctg \lambda, \text{ град},$$

где λ – коэффициент формы зоны разгрузки напряжений выработанным пространством, который изменяется от 1 до 0,87 в зависимости от глубины установки запорного элемента искусственного целика и прочности пород всяческого бока.

Длина запорного элемента по простиранию пород принимается по расстоянию между откаточными ортами равным 30-50 м и уточняется по технической характеристике станка глубокого бурения.

Прочная ширина запорного элемента определяется по давлению закладочного массива, действующего под углом α

$$T_1 = P \sin \alpha, \text{ МПа}.$$

Давление массива сухой закладки P , рассчитанное по методике [6] для усредненных условий северной группы шахт ($A = 250$ м, $\alpha = 60^\circ$, $\delta = 80^\circ$, $H = 1000$ м, $f = 14$, $\gamma_p = 3,0$ т/м³, $m = 35$ м), составляет 3,5 МПа или 0,12 γH .

Используемая для обоснования параметров «плавающей» потолочины методика института ВостГНИГРИ [7] эффективна для определения минимально возможной толщины запорного элемента

$$h_n = \frac{3B_n^2 \gamma_n + 1,7B_n \sqrt{3B_n^2 \gamma_n^2 + 16P[\sigma_{из}]}}{16[\sigma_{из}]}, \text{ м},$$

где γ_p – объемная масса породы в массиве; $B_n = 35$ м – ширина запорного элемента; $[\sigma_{из}] = 0,3[\sigma_{сж}] = 0,3 \cdot 140 = 42$ МПа – предел прочности пород на изгиб.

Для принятых горнотехнических условий минимальная толщина запорного элемента будет составлять 3,6 м. Технологически необходимая толщина запорного элемента составляет 35-50 м, что в 10-15 раз больше предельно допустимых размеров. То есть, при технологически необходимом коэффициенте запаса прочности равном 4, который был предложен М.М. Протодяконовым, принятая ширина запорного элемента искусственного целика удовлетворяет повышенному запасу прочности.

Разработанные мероприятия по снижению негативного влияния выработанного пространства позволяют рационализировать технологические параметры проведения подготовительных и очистных работ при доработке шахтами Криворожского бассейна основных запасов залежей. Ожидаемый экономический эффект только от снижения горного давления на подготовительные и очистные блоки составляет более 600 тыс. грн/год. Помимо этого, формирование искусственных целиков в полости выработанного пространства позволяет кроме успешного управления состоянием массива в области ведения подготовительных и очистных работ, производить снижение до 15-30% затраты на водоотлив, транспорт и вентиляцию шахты.

Список литературы

1. Хоменко О.Е. Моделирование выработанных пространств рудников Криворожского бассейна // Науковий вісник НГА України – 2002. – № 3. – С. 54-57.
2. Хоменко О.Е. Влияние пространственного ориентирования выработанного пространства на напряженность вмещающего массива // Науковий вісник НГА України. – 2002. – № 5. – С. 54-57.
3. Колосов В.А. Определение параметров расположения колонкового заряда при взрыве на обнаженную поверхность ограниченной ширины – (в

зажиме) // Разработка рудных месторождений. – 1999. – Вып. 68. – С. 24-29.

4. Исследование, выбор и внедрение эффективной технологии повторной подземной разработки месторождений Криворожского бассейна: Отчет о НИР / Научно-исследовательский горнорудный институт / НИГРИ; Руководитель В.К. Плеханов. № ГР 79024548. – Кривой Рог, 1981. – 216 с.

5. Разработка Иртышского месторождения под охраняемой поверхностью / В.Н. Линев, Н.И. Морозова, Б.Д. Лерман и др. // Горный журнал. – 1981. – № 2. – С. 32-34.

6. Лавриненко В.Ф., Лысак В.И. Расчет параметров системы подэтажного обрушения в условиях проявления горного давления // Разработка рудных месторождений. – 1989. – Вып. 48. – С. 37-44.

7. Капленко Ю.П., Колосов В.А. Моделирование технологии очистной выемки, обеспечивающей повышение показателей извлечения руды. – Кривой Рог: Минерал, 2001. – 177 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Бузилом 25.02.04