УДК 622.284.9

С.А.ТОЛСТУНОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

Использование традиционных технологий при разработке месторождений полезных ископаемых, имеющих труднообрушаемые слои кровли и почвы, осложняется трудностями управления горным давлением. В этих условиях получили распространение технологии, предусматривающие оставление целиков для поддержания основной кровли, что ведет к значительным потерям полезного ископаемого. Использование закладки вместо целиков способствует приросту запасов полезного ископаемого, повышает эффективность и безопасность горных работ. В работе приводятся данные об эффективных областях спуска и транспорта сухих закладочных материалов в горные выработки.

Use of traditional technologies by development of deposits of the minerals having hard layers of a roof and ground, becomes complicated difficulties of management of mountain pressure. In these conditions have gained distribution the technologies providing оставление of sights for maintenance of the basic roof. To leave a pillar sights conducts to significant losses of a mineral. Use of a bookmark instead of sights gives a gain of stocks of a mineral, raises efficiency and safety of mountain works. In work data about effective areas of descent and transport dry stowing materials in mountain developments are cited.

Необходимость разработки месторождений полезных ископаемых с использованием сухой сыпучей закладки определяется на основе совместного рассмотрения геомеханических и экономических расчетов [1, 2, 4]. Существует целый ряд месторождений полезных ископаемых, разработка которых характеризуется наличием труднообрушаемых кровель и сложной структуры залежей. К ним относятся месторождения горючего сланца, многолетнемерзлые породы россыпных месторождений, месторождения графита и др. В большинстве случаев при разработке таких месторождений используются камерно-лавные системы разработки с буровзрывной отбойкой горной массы и поддержанием основной кровли целиками. Потери в целиках при таких технологиях достигают 25 % и более. Применение в этих условиях традиционных столбовых систем разработки в сочетании с современными механизированными комплексами экономически неэффективно, а в ряде случаев опасно из-за непредвиденных завалов очистных забоев.

Повышение эффективности и безопасности горных работ в этих условиях возможно при замене междукамерных целиков на закладочные массивы, возводимые в выработанном пространстве, и использовании современных самодвижущихся машин, не связанных в пространстве с элементами крепления очистного забоя. Примером таких технологических решений является ис-

пользование пневмобаллонных крепей «Лена-2» в сочетании с частичной закладкой выработанного пространства [5]. Следует иметь в виду, что ранее на этих месторождениях применялась частичная закладка породой, получаемой после навалоотбойки, т.е. путем ручной сортировки горной массы в очистном забое. Сегодня в связи с изменением цены ручного труда возможна только механизированная доставка и возведение закладочного массива.

Механика и технология формирования закладочных массивов разработаны на достаточном уровне применительно к сухим дробленым материалам, заготавливаемым на дневной поверхности [3-5].

Спуск закладочных материалов с поверхности в горные выработки осуществляется различными способами. От эффективности технологии спуска закладочных материалов в горные выработки зависит общая экономическая сторона горных работ. В связи с тем, что сегодня при проведении закладочных работ на предприятиях горной промышленности необходимо одновременное налаживание разных технологических процессов на дневной поверхности по получению закладочных материалов, их спуск на необходимую глубину горных работ, транспорт непосредственно по горным выработкам и укладка в выработанном пространстве, риск экономической эффективности всех процессов одновременно становится значительным. Снижение общих затрат на проведение закладочных работ возможно при выборе рациональных и экономически эффективных способов спуска и транспорта по горным выработкам закладочных материалов. В настоящее время в Кузнецком бассейне доля систем разработки крутых пластов с закладкой выработанного пространства составляет не более 11 %, что обусловлено трудностями налаживания технологических закладочных процессов.

Наиболее часто спуск закладочных материалов в горные выработки осуществляется в клетях, по трубам, каскадным или спиральным спускам (желобам). Иногда в зарубежной практике используются специальные контейнеры для закладочного материала. В ряде стран (Турция, Польша, Бразилия и др.) закладочный материал получают путем переработки и подготовки породы от горно-проходческих работ. Для этих целей порода выдается на поверхность, перерабатывается и затем опускается в шахту для осуществления закладочных работ.

Наиболее универсальный способ – доставка породы в клетях. При этом все операции по транспортированию породы выполняются на имеющемся технологическом оборудовании. Спуск в клетях достаточно производителен. При наличии вагонеток емкостью 3 $м^3$ и при глубине спуска 400 м ориентировочно может быть пропущено до 1 млн т в год закладочных материалов. При спуске в клетях закладочный материал не измельчается и не истирает направляющие поверхности. При этом спуск материалов в клетях универсален, так как клетьевой подъем может быть одновременно использован для спуска людей, доставки леса и оборудования. Однако спуск закладочных материалов в клетях наиболее трудоемок.

На действующих предприятиях клетьевые подъемы, как правило, имеют достаточно плотную загрузку на основных технологических процессах, поэтому для спуска закладочных материалов необходимы специальные стволы.

Спуск закладочных материалов по трубам, установленным в клетьевых стволах, менее трудоемок. Использование гладкостенных трубопроводов требует установки воздушных компенсаторов через каждые 30 м вертикальной высоты для уменьшения пылеобразования и снижения шума при спуске материала. Предпочтение отдается ребристым трубам, поскольку срок их службы в 1,5-2 раза больше, чем гладкостенных трубопроводов. При движении материала по ребристым трубопроводам уменьшается площадь соприкосновения материала со стенками трубы и устраняется вращательное движение материала в процессе движения по трубе.

Конструкция ребристого трубопровода представляет собой набор трехметровых труб, из которых собирают секции. К внутренней стенке трубы вдоль оси привариваются сегменты из специальных профилей.

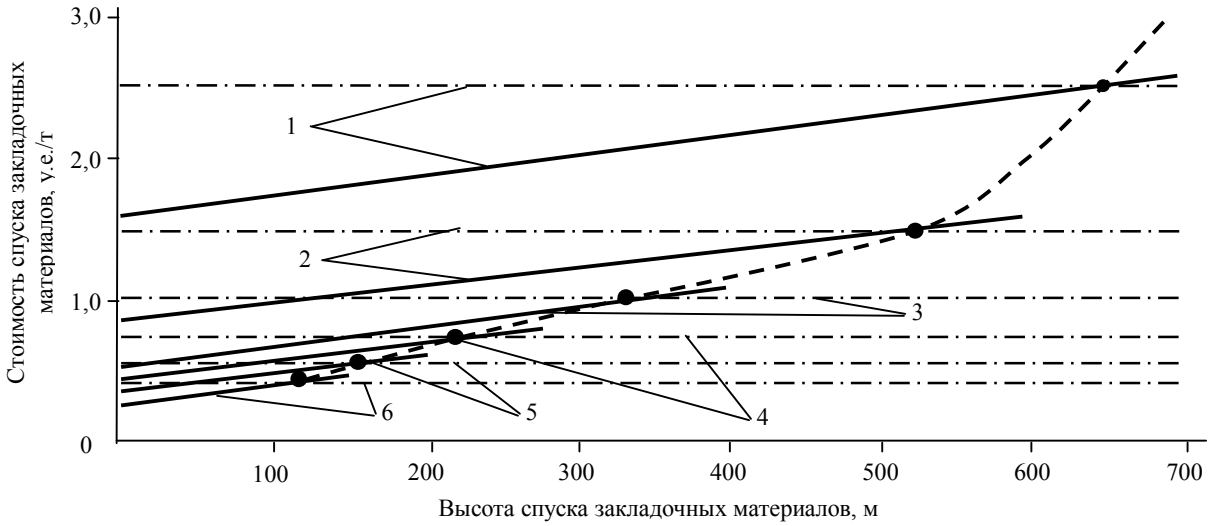


Рис.1. Эксплуатационные затраты по спуску закладочного материала в клетях (штрихпунктирные линии) и по трубам из углеродистой стали (сплошные линии)

1 – 400 т/год; 2 – 600 т/год; 3 – 800 т/год; 4 – 1000 т/год; 5 – 1200 т/год; 6 – 1500 т/год; пунктирная линия – линия равной стоимости спуска в клетях и по трубам

Соосность сборки секции обеспечивается точным размещением отверстий под болты, что дает возможность обеспечить параллельность ребер. В стволе на одной балке монтируют два трубопровода (рабочий и резервный) на расстоянии примерно 700 мм.

Использование гладкостенных трубопроводов диаметром 250-400 мм позволяет опускать закладочные материалы на глубину до 700 м при диаметрах 250-400 мм и максимальном диаметре кусков 80 мм. Имеющийся опыт использования гладкостенных трубопроводов показывает, что максимальная пропускная способность может составлять 200-250 м^3/ч. Дополнительным требованием к составу закладочных материалов является влажность не более 10 %. Трубы из углеродистой стали пропускают до полного износа 10000 м^3/мм толщины стенки трубы, трубы из марганцовистой стали – соответственно до 30000 м^3/мм. При потреблении закладочных материалов примерно 50000 м^3/мес. (добыча с закладкой до 1,5 млн т/год) трубопровод из углеродистой стали при толщине стенки 10 мм может служить до 2 мес., а аналогичный из марганцовистой стали – около полугода.

Ребристые трубопроводы более долговечны. Минимальный износ труб происходит при производительности до 100 м^3/ч. Наиболее часто используют трубопроводы диаметрами 400-500 мм, которые позволяют опускать материалы с крупностью кусков до 200 мм.

Использование трубопроводов с направляющей спиралью позволяет опускать закладочные материалы на глубину до 1000 м и производительностью до 500 м^3/ч. Промышленность изготавливает такие трубопроводы диаметром 500 мм со сменными вкладышами. Использование одного сменного вкладыша для трубопровода с направляющей спиралью позволяет пропустить до 1,5 млн т породы в течение года кусковатостью не более 80 мм.

Стоимость спуска закладочных материалов в клетях и по трубам определялась расчетным путем по нормативным справочникам в ценах 2000 г. с переводом через соответствующие коэффициенты, принятые в строительстве на 2005 г. Расчетная стоимость включает только эксплуатационные затраты с учетом износа труб и оборудования. Эксплуатационные затраты по спуску закладочных материалов в клетях мало зависят от глубины спуска. Стоимость спуска по трубам зависит от глубины спуска в связи с ростом стоимости труб (рис.1).

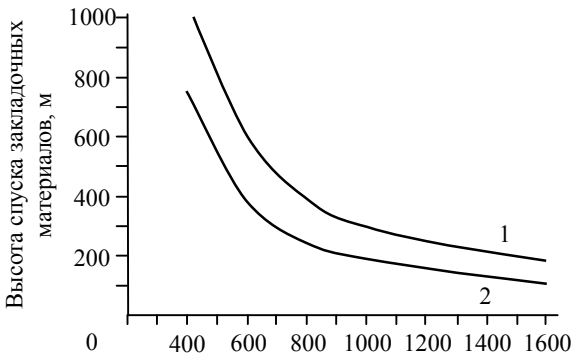


Рис.2. Зависимость стоимости спуска закладочных материалов в клетях и по трубам для труб из марганцовистой (1) и углеродистой (2) стали (глинистый сланец)

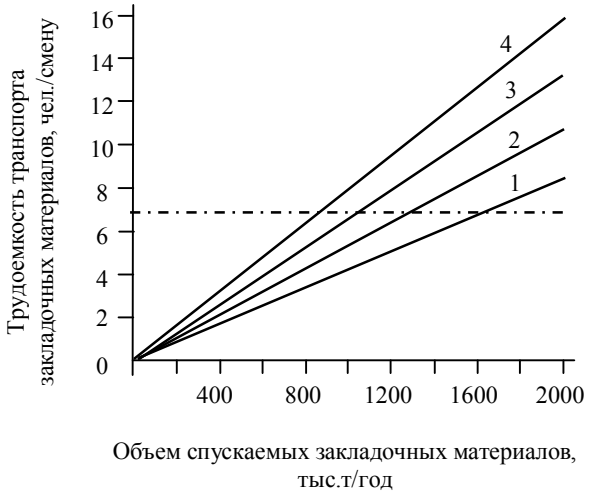


Рис.3. Изменение трудоемкости подземного транспорта при центральном расположении закладочного ствола при длине шахтного поля по простиранию 2 км (1); 4 км (2); 6 км (3); 8 км (4) Штрихпунктирная линия – трудоемкость спуска материала в шахту по стволу

Область глубин спуска закладочных материалов, находящихся левее кривой равной стоимости показывает, что стоимость спуска в клетях выше стоимости спуска по трубам, а для глубин спуска, находящихся правее кривой равной стоимости, наоборот, стоимость по трубам ниже стоимости спуска в клетях.

Глубина спуска при равенстве стоимости в клетях и по трубам (рис.1, черные точки) не постоянна, она уменьшается с увеличением производительности спуска при увеличении удельного веса стоимости износа труб.

На рис.2 приводятся зависимости равной стоимости спуска закладочных материалов по вертикальному стволу в клетях и по трубам с учетом глубины и производительности спуска закладки. Анализ представленных зависимостей показывает, что область соотношений глубины и производительности, расположенная между соответствующей кривой и осью координат, соответствует спуску по трубам. Для спусков, находящихся правее кривой равной стоимости, стоимость спуска по трубам выше стоимости спуска в клетях. Сопоставление удельных затрат на 1 т закладочных материалов по спуску в клетях и по трубам показывает, что спуск по трубам рационален лишь для определенных глубин, что подтверждается зарубежной практикой. В связи с тем, что с течением времени происходит отработка запасов полезного ископаемого и предприятие переходит на более глубокие горизонты, общие расходы будут определяться как среднее арифметическое от изменяющихся глубин спуска. Спуск закладочных материалов по трубам, располагаемым в стволах, экономически целесообразен только тогда, когда его стоимость не превышает стоимости спуска закладочных материалов в клетях для средней глубины спуска.

На рис.3 показано изменение трудоемкости подземного транспорта при центральном расположении закладочного ствола в зависимости от годовой производительности шахты и длины шахтного поля по простиранию, когда добыча с закладкой составляет 50 % добычи всей шахты. Графики построены для случая использования откатки 12-тонными аккумуляторными электровозами в вагонетках с объемом кузова 3 м^3. Разница в трудоемкости подземного транспорта при центральном или фланговом расположении стволов растет с повышением добычи шахты и размеров шахтного поля. При определенной производительности подземного транспорта его трудоемкость становится равной трудоемкости спуска материалов по стволу. Повышение эффективности подземного транспорта сокращает раз-

ницу в стоимостных показателях рассматриваемых вариантов.

Таким образом, большинство горных предприятий должны ориентироваться на наличие специального ствола для спуска закладочных материалов, располагаемого на центральной промышленной площадке. Снижение эксплуатационных затрат на спуск материалов по трубам возможно при использовании труб из износооустойчивых материалов или оборудованных сменными вкладышами из антифрикционных материалов. Увеличение сроков межремонтных работ на закладочных трубопроводах способствует стабильности и экономической эффективности закладочного комплекса в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Байконуров О.А.* Технология разработки рудных месторождений с твердеющей закладкой. Алма-Ата: Наука, 1978.

2. *Левченко А.К.* Экономическая целесообразность оставления породы в шахте / А.К.Левченко, Е.В.Петренко, А.Г.Сурков, М.: Недра, 1968.

3. Разработка крутопадающих пластов Кузбасса с закладкой / Под ред. Л.Д.Шевякова. М.: Углетехиздат, 1951.

4. *Рыжов Ю.А.* Механика и технология формирования закладочных массивов / Ю.А.Рыжов, А.Н.Волков, В.А.Гоголин. М.: Недра, 1985.

5. *Толстунов С.А.* Опыт формирования закладочного массива механическим способом в условиях многолетней мерзлоты / С.А.Толстунов, С.П.Мозер // Освоение минеральныхресурсов Севера, проблемы и решения: Сб. тр. 3-й Межд. науч.-практ. конференции. Воркута, 2005. Т.14.