УДК 622.273.2

С.А.ТОЛСТУНОВ, *доцент, канд. техн. наук, тел.(812)2188633*
А.В.МОНТИКОВ, *доцент, канд. техн. наук, тел.(812)2188633*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

S.A.TOLSTUNOV, *associate professor, PhD in eng. sc., phone (812)2188633*
A.V.MONTIKOV, *associate professor, PhD in eng. sc., phone.(812)2188633*
National Mineral Resources University (University of Mines), Saint Petersburg

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ МАССИВОВ МЕХАНИЧЕСКИМ СПОСОБОМ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

На основе экспериментальных данных, полученных при возведении закладочного массива метательной машиной с нижним выбросом породы, в условиях отрицательных температур установлены закономерности распределения и траектории полета кусков породы различных размеров.

***Ключевые слова*:** закладочный массив, многолетняя мерзлота.

LEGITIMACIES OF FLUSHING METHOD FORMATION BY MECHANICALLY IN THE CONDITIONS OF LONG-TERM FROZEN GROUNDS

On the basis of the experimental data received at erection mass of a file by throwing car with the bottom emission of breed, in the conditions of negative temperatures laws of distribution and a trajectory of flight of pieces of breed of the various sizes are established.

***Key words*:** filling mass, frozen conditional of ground.

Отработка россыпных месторождений многолетнемерзлых пород подземным способом в большинстве случаев осуществляется с применением камерно-столбовых систем разработки. В силу отсутствия природной трещиноватости пород промышленного пласта и покрывающей толщи кровля выработок сохраняет значительные устойчивые пролеты без крепи при относительно низких показателях прочности в массиве на сжатие (2,5-3 МПа). Это условие создает потенциальную опасность динамических проявлений горного давления.

Аналогичные явления наблюдаются при отработке пластов графита и горючего сланца. Поэтому при отработке таких месторождений применяются сходные технологии, основанные на буровзрывной отбойке горной массы и поддержании основной кровли целиками, а непосредственной кровли – стоечной крепью. Щитовые гидрофицированные крепи, широко применяемые в угольных шахтах, в этих условиях не нашли применения из-за специфических условий их эксплуатации. Применение камерно-столбовых систем разработки в этих условиях предопределяет низкие технико-экономические показатели и, как следствие, снижается конкурентоспособность подземного способа разработки.

Наиболее реальный путь улучшения технико-экономических показателей и повышения безопасности горных работ открывается при переходе на столбовые системы разработки с частичной закладкой выработанного пространства. Большинство таких месторождений залегает на глубинах до 400 м, что создает благоприятные условия для экономического обоснования эффективности осуществления закладочных работ.

Санкт-Петербургским государственным горным институтом в содружестве с работниками АО «Лензолото» разработана гибкая циклично-поточная технология отработки россыпных месторождений, основой которой является пневмобаллонная крепь (А.с. СССР № 1432236), хорошо зарекомендовавшая себя в работе в условиях отрицательных температур.

Пневмобаллоные крепи, названные «Лена-1» и «Лена-2», созданы на основе длительных шахтных испытаний более простой конструкции «Лена П» [4].

Механика и технология формирования закладочных массивов разработаны на достаточном уровне применительно к сухим дробленым материалам, заготавливаемым на дневной поверхности [1, 3, 5].

Спуск закладочных материалов с поверхности в горные выработки может осуществляться различными способами. От эффективности технологии спуска закладочных материалов в горные выработки зависит общая экономическая сторона горных работ. Сегодня в связи с тем, что осуществление закладочных работ на предприятиях горной промышленности требует необходимости одновременного налаживания разных технологических процессов на дневной поверхности по получению закладочных материалов, их спуска на необходимую глубину горных работ, транспорта 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.

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 горнопроходческих работ. Для этих целей порода выдается на поверхность, там перерабатывается и затем опускается в шахту для осуществления закладочных работ.

Наиболее универсальным способом считается доставка породы в клетях. При этом все операции по транспортированию породы осуществляются 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 закладочных материалов год. При спуске в клетях закладочный материал не измельчается и не истирает направляющие поверхности. При этом спуск материалов в клетях универсален, так 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 трубопроводам в связи с тем, что срок их службы в 1,5-2 раза выше в сравнении с гладкостенными трубопроводами. При движении материала по ребристым трубам 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. 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 до 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 на 1 мм толщины стенки трубы, трубы из марганцовистой стали – соответственно до 30000 м^3 на 1 мм. При потреблении закладочных материалов в количестве 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 500м^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.

Технико-экономическое сравнение вариантов по способам возведения закладочных массивов показывает, что наиболее низкие эксплуатационные затраты в сравнении с пневмозакладкой имеют место при механической метательной закладке [2]. На основе опытных данных установлено, что на забрасывание 1 м^3 породы расходуется метательной машиной 0,8-1,0 кВт·ч электроэнергии. Несмотря на то, что метательная закладка начала применяться с 40-х годов XX в. [4,5], достоверных данных о гранулометрическом составе закладочной полосы не обнаружено. В связи с этим авторами произведено подробное изучение процесса механической метательной закладки. Метательная машина ленточно-барабанного типа с нижним выбросом материала загружалась на дневной поверхности дробленой горной породой и производилось ее метание. Исследованиями предусматривалось изучение дальности и траектории полета кусков породы.

Процесс полета кусков породы различной крупности снимался камерой СКС-2 и фиксировался относительно вешек, подвешенных на проволоке через каждые 2 м. Температура воздуха в месте испытаний составила –6 °С при относительной влажности воздуха 82 %, а скорость ветра не превышала 4 м/с. В качестве закладочного материала использовали глинистый сланец из горнопроходческих работ плотностью в массиве 2,7 т/м^3 и известняковый щебень плотностью 2,9 т/м^3.

При механическом способе возведения закладочного массива закладочный материал забрасывается в выработанное пространство с помощью метательной машины, причем кинетическая энергия сообщается закладочному материалу непосредственно исполнительным органом машины.

На основе обработки данных полета кусков породы и изучения гранулометрического состава закладочной полосы построены траектории полета. Характерные траектории полета кусков породы приведены на рис.1.



Рис.1. Характерные траектории движения закладочного материала различных фракций при угле вылета $\alpha = 23°$

1, 2, 3 и 4 – диаметр кусков 5-10, 10-40, 80-100 и 40-70 мм соответственно при начальной скорости 13,2 м/с; 5 – траектория полета кусков диаметром 40-70 мм при начальной скорости 16,6 м/с

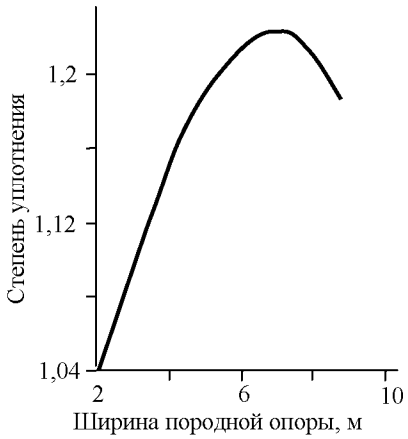


Рис.2. Характерное уплотнение закладочного материала, определенное в направлении метания кусков породы

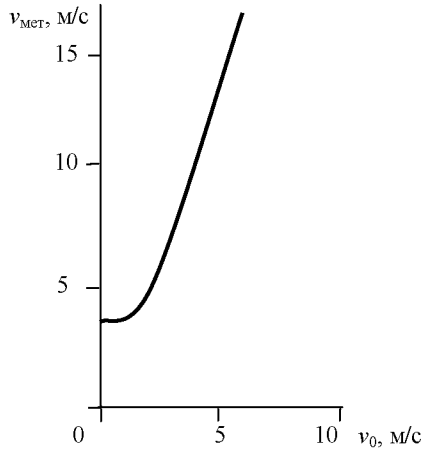


Рис.3. Зависимость скорости полета кусков $v_{мет}$ породы от начальной скорости v_0

На основании проведенных исследований установлено, что траектория полета кусков породы приближается к параболе. При одновременном метании различных по крупности кусков породы происходит их классификация по трассе полета. Сопротивление воздуха оказывает существенное влияние на дальность полета кусков породы. Мелкие фракции крупностью 5-10 мм выпадают на расстоянии 4,5-6,5 м. Крупные фракции породы размерами 80-100 мм имеют дальность полета 9,5-12 м. Наибольшую дальность полета имеют частицы размерами 40-70 мм.

Рассеивание материала в горизонтальной плоскости не превышало 1,8 м на предельной дальности полета кусков.

При укладывании породной полосы метательным способом происходит уплотнение закладки за счет кинетической энергии соударяющихся кусков породы (рис.2). Уплотнение закладки изучалось по методу В.И.Охотина в области фракций от 5 до 40 мм. Таким образом породная полоса, выкладываемая метательным способом представляет собой опору сложного строения. Различная крупность фракций предопределяет так же разную степень усадки опоры под действием горного давления по поддерживаемой площади.

Воспроизведение в подземных условиях приведенного режима работы закладочной машины позволяют создавать породную полосу шириной 18 м. На основе вышеизложенного становится ясным, что при выкладке породной полосы метательным способом использование шихты в качестве закладки становится затруднительным. Под оптимальной закладочной шихтой понимается смесь закладочного материала различной крупности, имеющая наибольшую плотность и дающая наименьшую усадку. Наибольшая эффективность может быть достигнута при наличии дробленой породы кусковатостью 40-80 мм.

Выкладка породной полосы для поддержания штреков требует постоянного изменения угла наклона площадки вылета породы для обеспечения полноты закладки. Оптимальные углы наклона площадки вылета породы составляют 21-23° при вынимаемой мощности пласта 2 м. При использовании стационарных закладочных машин это условие становится трудновыполнимым. Следует иметь в виду тот факт, что при увеличении скорости движения кусков породы свыше 15 м/с и высоте падения кусков до 0,5 м наблюдалось проскальзывание кусков породы о ленту. Устранение этого явления возможно только при увеличении начальной скорости падения кусков породы в закладочную машину. В противном случае скорость вылета кусков не должна превышать 15 м/с. Из графика (рис.3) видно, что достижение скорости полета кусков на выходе из метательной ма-

шины более 15 м/с возможно только при увеличении начальной скорости более 6 м/с. Иными словами увеличение дальности полета кусков породы возможно только при увеличении высоты падения этих кусков при загрузке закладочного материала, либо в конструкции машины должно быть специальное устройство для увеличения начальной скорости.

Появление новых образцов горной техники создает реальные предпосылки освоения процесса возведения породных опор с помощью передвижных транспортно-закладочных машин. Так, например фирма «Paus» выпускает машину PSWF UNI 50, которая совмещена с механическим метателем.

Кузов транспортно-закладочной машины объемом 4 м^3 освобождается и укладывается в породную полосу за 4 мин. Применение таких машин для доставки закладочного материала и выкладки породной полосы значительно упрощает схему транспорта и создает реальные перспективы улучшения технико-экономических показателей горных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

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

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

3 Разработка мощных крутопадающих угольных пластов Кузбасса с закладкой. М., 1951.

4. *Толстунов С.А., Монтиков А.В.* Перспективы применения гибкой технологии отработки многолетнемерзлых пород // Записки Горного института. СПб, 1995. Т.142(1).

5. *Толстунов С.А., Модестов Ю.А., Монтиков А.В.* Гибкая технология отработки пластов многолетнемерзлых пород // Горный журнал. 1990. № 7.

REFERENCES

1 *Baikonurov O.* Technology of working out of ore deposits by solid filling. Alma-Ata, 1978.

2 *Levchenko A., Petrenko E., Surkov A.* Economical reasons of rock storing in the mine. Moscow, 1968.

3 Working out of Kusbass thick abrupted. Moscow, 1951.

4. *Tolstunov S., Montikov A.* The prospects of application of frozen conditional rocks working out various technologies / Proceeding of Mining Institute. Saint Petersburg.1995. Vol.142(1).

5 *Tolstunov S., Modestov U., Montikov A., Gibkaia A.* Various technologies of frozen conditional rocks seams working out / Mining journal. 1990. N 7.