

турного режима шахты с учетом влияния локальных участков охлажденного закладочного массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потураев В.Н., Волошин А.И., Перепелица В.Г. К концепции создания экологически чистых технологий при разработке глубоких шахт. Уголь Украины. - 1994. - № 2. - С. 3-4.
2. Перепелица В.Г. Комплексный подход к решению задач утилизации отходов промышленных производств, закладки выработанного пространства и охлаждения воздуха глубоких шахт // Геотехническая механика. - Сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины. - Днепропетровск. - 1997. - вып. 2. - С. 14-21.
3. Щербань А.Н., Кремнев О.А. Научные основы расчета и регулирования теплового режима глубоких шахт. Из-во АН Украинской ССР, Киев. - 1959, - 279 с.
4. Руководство по проведению тепловых съемок на угольных шахтах. - Макеевка-Донбасс: Изд. МакНИИ, 1982. - 68 с.
5. Разработка исходных требований на создание технических средств утилизации отходов производства путем приготовления из них замороженных брикетов и пневмотранспортирования их в выработанное пространство с целью охлаждения шахтной атмосферы.: Отчет о НИР по теме А 219211010 / ИГТМ НАН Украины; Руководитель А.И. Волошин. - Днепропетровск, 1996.
6. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Основы моделирования и первичная обработка данных. - М.: Финансисты и статистика, 1983. - 471 с.

УДК 622.273.217.5:622.603.26.002.8:622.272.332

В.Г. Перепелица

СНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ГЛУБОКИХ ШАХТ ПУТЕМ ЗАКЛАДКИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ОХЛАЖДЕННЫМ БРИКЕТИРОВАННЫМ МАТЕРИАЛОМ

Подземная добыча полезных ископаемых оказывает значительное влияние на состояние земной поверхности в районах расположения шахт, формируя так называемый техногенный ландшафт: образуются провалы, оползни,

овраги, котлованы, вызывается опускание поверхности, происходит ее затопление и образование болот. Наносится ущерб жилому фонду, промышленным и сельскохозяйственным объектам, другим сооружениям. Их приходится охранять и многократно восстанавливать, а в ряде случаев - переносить, что требует огромных затрат. В связи с развитием угле- и рудодобычи масштабы этих явлений растут, а увеличение глубины разработки значительно расширяет площадь воздействия указанных явлений на земную поверхность [1].

Еще одним следствием увеличения глубины разработки является повышение температуры вмещающих горных пород и температуры шахтной атмосферы. В настоящее время только в Донецком бассейне 25 шахт ведут работы на глубине свыше 1000 м. На таких глубинах температура вмещающих пород достигает 40-45°C, что существенно затрудняет эксплуатацию шахт. Существующие системы кондиционирования не могут понизить температуру до необходимых величин в очистных забоях из-за отсутствия систем рассредоточенного охлаждения по длине лавы [2]. Зарубежный опыт эксплуатации глубоких (1500-2000 м и более) шахт свидетельствует о том, что существуют предельные значения глубины, после которой традиционные методы охлаждения воздуха становятся не только экономически нецелесообразными, но и технически невозможными [3]. При реально ожидаемом увеличении глубины разработки шахт Украинского Донбасса и имеющемся температурном градиенте вопрос снижения температуры шахтной атмосферы и создания комфортных условий труда становится чрезвычайно актуальным.

Оценивая возможные нетрадиционные способы охлаждения воздуха глубоких шахт установлено, что размещенный в шахте один метр кубический охлажденной до температуры -10°C горной породы позволяет охладить от +60°C до +18°C 2000 м³ воздуха. При этом наиболее энергоемким, т.е. поглощающим наибольшее количество тепла, является процесс фазового перехода материала из твердого в рыхлое и жидкое состояние.

В связи с этим одним из путей решения проблемы охлаждения воздуха глубоких шахт может быть закладка выработанного пространства охлажденной до отрицательных температур пустой породой. При этом комплексно решаются три важные задачи горнодобывающей отрасли:

- обеспечивается снижение температуры шахтной атмосферы до вели-

чин, определяющих комфортные условия труда;

- осуществляется закладка выработанного пространства, что в ряде случаев является определяющим условием возможности добычи полезного ископаемого;
- осуществляется захоронение отходов горнодобывающего и горноперерабатывающего производств, что является единственно возможным способом создания экологически чистой технологии ведения горных работ [4].

С целью реализации такого нетрадиционного подхода к охлаждению шахтной атмосферы разработаны способ и устройство для формирования порций сыпучего материала в виде шаров под воздействием низких температур. Исследованиями, выполненными на полигонной модели брикетного пневматического транспорта, доказаны техническая возможность и экономическая целесообразность такого вида транспорта, определен ряд его преимуществ перед имеющимися способами доставки. Подаваемый в транспортный трубопровод сбрикетированный в форме шаров материал движется под действием сжатого воздуха путем качения. Так как при качении сила сопротивления движению существенно ниже сил сопротивления при трении и не требуется дополнительной энергии на поддержание частиц сыпучего материала во взвешенном состоянии, то удельные энергозатраты на транспортировку уменьшаются по сравнению с существующими примерно на два порядка, и при проведенных экспериментах снижались до $0,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т} \cdot \text{км}$ [5]. При таком способе транспортирования шарообразных брикетов исключается необходимость монтажа обратной (порожняковой) ветви трубопровода, повышается производительность систем (так как плотность материала в шарах значительно больше его плотности во взвеси) и дальность (так как при транспортировании не происходит осаждения материала в трубопроводе), которую практически можно достичь в сотни километров. Использование предлагаемой транспортной системы позволит осуществить высокопроизводительную бесперегрузочную транспортировку утилизированных в виде шаров любых материалов с малыми энергетическими затратами на практически неограниченное в пределах шахтных полей расстояние. При этом вопрос расположения пунктов загрузки системы может определяться лишь по соображениям технологической целесообразности, без ограничений по величине предельной

дальности транспортирования одним комплексом. Использование такой транспортной системы для подачи в определенные участки шахтного поля дозированного количества охлажденного закладочного материала в увязке со схемой вентиляции выработок позволит понизить температуру рудничного воздуха до величин, определяющих комфортные условия труда. Существенным преимуществом предлагаемой системы способов является также то, что доставляемый в виде брикетов материал позволит создавать массив необходимой плотности. Этому способствует возможность приготовления брикетов заданного состава и влажности, материал которых после размораживания способен формировать массив с нужными физико-механическими свойствами.

Технологическая привязка и экономическая оценка способа выполнены применительно к условиям строящейся шахты "Добропольская - Капитальная" ГХК "Добропольеуголь как альтернативный вариант проекту с использованием установок для кондиционирования воздуха и закладочных комплексов для глубин до 1600 м. Анализом возможных грузопотоков определено подземное расположение пунктов подготовки и охлаждения породы. Принято, что порода, поступающая с обогатительной фабрики, спускается по вентиляционному стволу, расположенному у нижней границы шахтного поля, с разгрузкой скипов в приемный бункер, соединенный с аккумулялирующим бункером емкостью не менее 1000 м³ (примерно сменный запас). Из аккумулялирующего бункера порода поступает на пункт подготовки, где соединяется с потоком породы от проходки полевых магистральных выработок и других внутришахтных источников, очищается от металла и других посторонних предметов, дробится и подается в брикетирующее устройство, где в качестве хладоагента по данному проекту предусмотрено использование жидкого азота. Сформированные брикеты поступают в домораживающее устройство, а оттуда через загрузочное устройство вводятся в магистральный трубопровод, по которому поступают в три лавы. Поскольку лавы находятся на разных крыльях, в околоствольном дворе установлено устройство распределения потока брикетов в трубопроводы разных лав, закладка которых происходит по строгому графику и контролируется диспетчером шахты. Для обеспечения надежной работы закладочного хозяйства в околоствольном дворе нижнего горизонта размещены два одинаковых брикетирующих и домораживающих устройства, работающих каждое на свое крыло и один ре-

зервный комплекс. Суточный объем породы, необходимый для закладки одной лавы, составляет 870 м^3 , а на три лавы - 2610 м^3 ; производительность брикетно-транспортной системы при диаметре трубопровода $0,3 \text{ м}$ и интервале ввода брикетов $1 \text{ сек} - 224 \text{ т/час}$ ($125 \text{ м}^3/\text{час}$) - теоретическая, примерно $60 \text{ м}^3/\text{час}$ - эксплуатационная, составляющая при двух установках $120 \text{ м}^3/\text{час}$. Закладка выработанного пространства на пологом падении осуществляется следующим образом: комбайн движется от вентиляционного ходка (штрека) к конвейерному с подачей угля на забойный конвейер, который после прохода комбайна передвигается к забою без перемещения механизированной крепи. Второй проход комбайна производится от конвейерного ходка (штрека) к вентиляционному и смещается с закладкой выработанного пространства в такой последовательности: отход комбайна на длину одной секции закладочного трубопровода (ориентировочно $6-8 \text{ м}$), закладка выработанного пространства брикетами, движение на длину другой секции с одновременной закладкой. По мере заполнения выработанного пространства перемещаются к забою на две полосы прохода комбайна ($1,6 \text{ м}$) секции крепи, размещенные против последней секции закладочного трубопровода, а эта секция отсоединяется от остального трубопровода и вместе с крепью подается на забой. Закладка продолжается из следующей трубы под очередные секции крепи и т. д. до вентиляционного штрека (ходка). После закладки всей полосы шириной $1,6 \text{ м}$ комбайн начинает движение от вентиляционного штрека (ходка) к конвейерному уже без закладки и цикл повторяется. Таким образом один проход комбайна осуществляется без закладки, второй с закладкой. За сутки в среднем осуществляется четыре прохода комбайна и два цикла закладки в каждой лаве, шесть циклов закладки в трех лавах за три смены.

Определенная на стадии проектных решений экономическая эффективность способа составила $1,3 \text{ млн. долларов США}$. По данным института Днепрогипрошахт этот эффект для глубоких шахт Донбасса составит $1,2-1,5 \text{ долл. США/т}$.

Ряд технических решений по настоящей работе, в частности способы и конструкция брикетирующих устройств ввода брикетов в пневмотранспортный трубопровод, способы закладки выработанного пространства шарами-брикетами защищены авторскими свидетельствами и патентами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стариков А.В. Комплексное освоение угольных месторождений. - М.: Наука, 1990 - 184 с.
2. Проектирование и эксплуатация шахтных систем кондиционирования воздуха. /Цейтлин Ю.А., Абрамова Т.Г., Могильный В.И. и др. - М., Недра, 1983. - 261 с.
3. Фосс Й. Охлаждение рудничного воздуха льдом. Глюкауф, 1987. - № 7. - С. 13-19.
4. Потураев В.Н., Волошин А.И., Перепелица В.Г. К концепции создания экологически чистых технологий при разработке глубоких шахт. - Уголь Украины. - 1994. - № 2. - С. 3-4.
5. Потураев В.Н., Волошин А.И., Пономарев Б.В. Вибрационно-пневматическое транспортирование сыпучих материалов. - Киев: Наукова думка, 1989. - 252 с.

УДК 622.234.5(088.8)

В.П. Кухаренко, С.Ю. Андреев, С.Ю. Макеев

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИСТЕЧЕНИЯ УГОЛЬНОЙ ПУЛЬПЫ ИЗ ДОБЫЧНОЙ СКВАЖИНЫ

В процессе нетрадиционной добычи угля завершающим этапом является выпуск его через скважину, пробуренную в пласт. Истечение пульпы через скважину может рассматриваться как одномерное движение, и уравнение этого движения записывается в виде:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(z + \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} \right) + \frac{\partial v}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

где x – координата перемещения верхнего края столба пульпы относительно длины скважины; z – разница высот между верхним краем столба пульпы и уровнем устья скважины; p – давление на верхнем крае столба пульпы; ρ – плотность пульпы; v – скорость движения пульпы; t – время движения пульпы.