

УДК 622.013

**А.Б. Михеева, А.В. Тихонов, В.В. Агафонов**

**ВЫБОР СПОСОБА И СРЕДСТВ ЗАКЛАДКИ  
ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ  
ЦЕЛИКОВ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ**

*Рассмотрены способы и технические средства, предназначенные для закладки выработанного пространства при извлечении запасов из предохранительных и охранных целиков.*

*Ключевые слова: угольная шахта, охранные и предохранительные целики, технические средства.*

---

**Т**ак как запасы в целиках классифицируются как ограниченные, их отработка может производиться только с применением технологий, базирующихся на системах разработки короткими забоями. Значимыми факторами, характеризующими степень адаптации конкретных технологических схем, являются геометрические размеры и конфигурация участков отработки, пространственная ориентация и размеры целиков и выработанных пространств, схемы околовольных дворов, номенклатура технической базы. Однако применение данных технологий представляет определенные трудности, связанные с необходимостью соответствия требованиям, при которых развивающиеся деформации в массиве не должны превышать допустимых для шахтных стволов. Одним из вариантов решения данной проблемы является применение закладки выработанных пространств.

В работах ведущих специалистов, научно-исследовательских и проектных организаций в области технологий подземной добычи полезного ископаемого к настоящему времени на

базе камерных и камерно-столбовых систем, а также систем разработки короткими столбами уже сформирован ряд технологических схем выемки, большая часть из которых успешно эксплуатируется в мировой практике. Данные схемы адаптированы к различным горно-геологическим и горнотехническим условиям отработки, как крупных шахтных полей, так и небольших площадных запасов. Однако большинство из них, ввиду ряда причин, связанных, например, с ростом потерь угля в участковых целиках при увеличении глубины разработки или снижением прочности углей, с перенасыщенностью горно-подготовительными работами, с эксплуатационными характеристиками оборудования, с необходимостью применения дополнительных средств крепления и др., для отработки целиков различного функционального назначения может иметь лишь ограниченное применение. Одной из главных причин также является способ управления кровлей, предусматривающий ее полное обрушение в выработанных пространствах, которое в определенных условиях может привести к запре-

дельным деформациям крепи и армировки стволов.

К настоящему времени известно 6 основных способов закладки выработанных пространств: ручной, самоходный, механический, гидравлический, пневматический и комбинированные. В России и за рубежом наибольшее распространение получила гидравлическая и пневматическая закладки, достоинствами которых являются высокая производительность и низкая трудоемкость закладочных работ, а также высокая плотность закладочного массива. Однако наибольшей универсальностью с точки зрения ведения работ по различным направлениям залегания угольного пласта обладает пневматическая закладка, которая к тому же исключает подачу большого количества воды в шахту.

Требованию уменьшения объема выдаваемой горной породы на поверхность в максимальной степени удовлетворяют отечественные стационарный пневмозакладочный комплекс ПЗП и полустационарный дробильно-закладочный комплекс Титан-1. Комплекс ПЗП состоит из дробильно-сортировочных машин, устанавливаемых в специальных камерах и выработках, расположенных в районе околоствольного двора, главного откаточного или вентиляционного штрека, и пневмозакладочных машин типа ПЗБ, находящихся на выемочных участках в прилегающих выработках на расстоянии не более 170 м от очистного забоя.

Дальность транспортирования закладочного материала составляет 500 м.

Сокращение транспортных коммуникаций для подачи закладочного материала обеспечивается при использовании комплекса «Титан-1», который может находиться в непосредственной близости от грузовых ветвей,

служащих для доставки к стволам пустой породы. Однако данный комплекс имеет меньшую дальность транспортирования до 100—130 м, а установка его непосредственно в очистных выработках может быть возможна при вынимаемой мощности пласта не менее 2 м.

Таким образом, при сравнительно небольшой длине выработок или при мощности более 2 м целесообразным является применение комплекса типа «Титан-1» или его модификаций «Титан-1м» и «Титан-1м-01», а при большей длине транспортирования и меньшей вынимаемой мощности – комплекс ПЗП с пневмозакладочной машиной типа ПЗБ.

Наиболее сложным технологическим решением по размещению отходов выглядит вариант захоронения мелкофракционных (0—5, 0—10 мм) отходов теплостанций в выработанном пространстве очистных забоев. Вместе с тем, этот вариант оказывается весьма перспективным. По существу, лишь гидравлический способ обеспечивает соответствующие параметры технологической эффективности: производительность, экологическую безвредность, механизацию и др.

Подготовка транспортабельной обводненной массы включает достаточно много разных процессов: дробление, грохочение, смешение, распределение и т.д. Несколько упрощается технологическая цепочка при использовании отходов обогащения и пылевидной массы электрофильтровой очистки дымовых потоков и дымоотводов теплостанций, работающих на твердом топливе.

В общем виде технологическая структура гидротранспортной установки по реализации технологической схемы закладки выработанного пространства включает следующие звенья и элементы.

1. Блок подготовки мелкозернистых отходов. Основными процессами этой части установки является дробление (если исходный материал включает крупные фракции), грохочение и перемещение. В зависимости от характера исходной массы отходов (крупность, прочность) предусматриваются щековые или молотковые (возможен вариант совместного применения) дробилки. Грохочение отделяет крупные куски материала отходов, которые направляются в дробилку. Мелкозернистые фракции из-под грохота направляются конвейером в блок запасов компонентов смешения.

Дополнительные компоненты (измельченная резина, пластические добавки и др.) готовятся по специальной рецептуре и поступают в бункеры мелкодисперсной золы.

2. Блок запасов компонентов шихты отходов. Резервуары для формирования запасов предназначены для мелкозернистого материала породных и шлаковых отходов ( $150 \text{ м}^3$ ), для мелкодисперсной золы (два бункера по  $150 \text{ м}^3$ ) и для флотационных отходов обогащения (бункер  $150 \text{ м}^3$ ). В бункер мелкодисперсной золы добавляется измельченная резина и другие добавки.

3. Блок подготовки флотационных отходов. Важнейшей и значительной составляющей шихты отходов являются «хвосты» обогащения. Обводненная масса «хвостов» проходит последовательную подготовку по обезвоживанию. Эту функцию выполняет фильтр-пресс, а особо жидкой смеси — сгустители. Кроме этого оборудования в блок подготовки флотационных отходов включаются транспортные средства (ленточные и пластинчатые конвейеры).

В блоке подготовки флотационных отходов предусмотрены два пути передачи материала: в смеситель для приготовления смеси и в бункер запасов. Первый путь начинается от фильтр-

прессов, второй — из-под сгустителей. Сгустители принимают обводненную массу, сбрасываемую от распределительного трубопровода, находящегося на выходе блока смешения, а также из-под фильтр-прессов (жидкая фаза).

Удельный вес материала из отходов флотации может быть значительным, если гидротранспортная установка располагается недалеко от обогатительной фабрики.

4. Блок смешения. Этот блок отличается весьма тонкой технологией и насыщен разнообразным транспортным, распределительным, дозирующим, взвешивающим оборудованием.

Предусмотрены две основные линии смешения. Флотационные отходы, предварительно подготовленные в блоке подготовки, поступают в специальный смеситель. Мелкозернистые отходы из бункера  $150 \text{ м}^3$  посредством ленточного весового дозатора поступают в две шихтосборные емкости по  $15 \text{ м}^3$  каждая, взаимосблокированные для двух линий смешения. В эти же емкости поступает мелкодисперсионная зола, дозируемая барабанными дозаторами, и флотационные отходы из сборного бака емкостью  $150 \text{ м}^3$ , дозируемые дозирующими насосами.

Из смесительных емкостей  $15 \text{ м}^3$  готовая обводненная (соотношение воды и твердого материала 1:1) поступает в два параллельно работающих сборных бака по  $150 \text{ м}^3$  каждый. Из сборных баков готовая пастообразная смесь попадает в распределительный трубопровод, из которого поршневыми насосами подается системой наземных трубопроводов к стволу или скважине.

Предусмотрена подача смеси в шахтный трубопровод, а в случае остановки приема в очистных забоях — возврат пастообразной массы отходов в шихтосборные смесительные емкости,  $15 \text{ м}^3$ . В распределительном трубопроводе накапливается жидкая фаза отхо-

дов, поступающая в водосборник. Эта более обводненная масса возвращается в сгустители блока подготовки флотационных отходов. Изучение работы блока и установки в целом убедило в том, что координация и управление всеми многочисленными машинами, механизмами, приборами производится по весьма непростому алгоритму и требует системы автоматизированного управления на базе компьютерного контроля.

Важно подчеркнуть значительную степень резервирования линий подготовки, транспортирования, размещения и бункеризации исходных компонентов и подготовленной массы отходов.

5. Блок размещения (очистной забой). Этот блок включает транспортный трубопровод в квершлага диаметром 250—200 мм, затворные трубные ножницы для отсечения подачи обводненной массы отходов, трубопроводы очистного забоя, оснащенные шаровыми переключателями. В сопряжении штрека и очистного забоя предусмотрена предохранительная мембрана, контролирующая давление пастообразной массы отходов, для управления подачи через трубные ножницы. Через 15 м в трубопроводе очистного забоя вмонтированы шаровые переключатели, осуществляющие поворот обводненной массы отходов в выработанное пространство через девятиметровые трубы-волокуши. Большая часть труб-волокуш (находящаяся в завальной части выработанного пространства) перфорирована отверстиями.

Именно через эти отверстия обводненная масса отходов выдавливается в выработанное пространство, в обрушенные породы.

На выходе из труб-волокуш предусматривается давление в 10 бар, что означает примерно 10-ю часть от максимально допустимого давления. Этого конечного давления суспензии на вы-

ходе из труб-волокуш достаточно для заполнения пустот и трещин обрушенной кровли на высоту (мощность пласта) выработанного пространства 1,5—3,0 м. Учитывая специфические свойства обводненной массы отходов, а именно способность медленного затвердевания и «цементирующего» воздействия на обрушенные породы, можно рассчитывать на получение достаточно плотного конгломерата. В зависимости от характера обрушенных пород (кусковатость, блочность, цельность опускающихся слоев кровли) степень смешивания пастообразной массы отходов с породой кровли неодинакова. Необходимо оптимизировать режим заполнения выработанного пространства с тем, чтобы затвердевание суспензии происходило без негативного влияния закладочных работ на очистные работы.

Очистной забой оборудован обычными механизированными комплексами: механизированная крепь, очистной комбайн, скребковый конвейер. Механизированная крепь позволяет разместить закладочный трубопровод, специальные фронтальные действия гидродомкраты для подтягивания труб-волокуш вслед за передвижкой конвейера и секций крепи. Передвижка трубопровода производится полностью, всей длиной.

Подвигание очистного забоя более удобно вести по восстанию пласта, обратным ходом, хотя не исключаются и другие варианты систем разработки.

Общие параметры гидротранспортной установки следующие:

$H$  — глубина подачи материала,  
 $H = 800—1000$  м;

$D$  — диаметр основного (вертикального и горизонтального) трубопровода,  $D = 200—250$  мм;

$L$  — длина транспортирования по шахтному полю (до очистного забоя),  $L = 7—8$  км;

$D_2 = 150—200$  мм;

$T:Ж = 1—1,6$ ;

$p$  — максимальное давление в трубопроводе  $P = 250$  бар;  $Q$  — производительность установки при диаметре трубопровода  $D_2$ ;  $Q = 100$  м<sup>3</sup>/час и более.

Общая логическая формула работы гидротранспортной установки по подготовке и размещению в подземном пространстве шахт закладочного материала сводится к следующему. На поверхности производится подготовка мелкофракционных отходов производства. Исходным материалом служат «хвосты» обогатительных предприятий, металлургические шлаки, зола и пыль очистки дымоотвода тепловых станций, порода. Грохочение, дробление и повторное дробление позволяет получить мелкофракционную массу 0-5 мм (до 12 мм). «Хвосты» обогащения предварительно подвергаются обезвоживанию (пресс-фильтры, сгустители).

Затем производится дифференцирование бункеризации различного рода мелкофракционных отходов и специальных добавок, обеспечивающих в последующем пластичность и транспортабельность массы, а также затвердевание ее в выработанном пространстве. Производится дозирование составляющих компонентов отходов и смешивание вместе с водонасыщением. Подготовленная водонасыщенная масса поступает в сборные баки, а затем в распределительный трубопровод. Под воздействием поршневых насосов масса отходов транспортируется по трубопроводам на по-

верхности и по стволу (скважине). Давление насосов и гидростатическое давление в вертикальном трубопроводе позволяет доставлять массу отходов к очистным забоям. Параллельно с ведением очистных работ в лаве производится внедрение пастообразной массы отходов в выработанное пространство (в обрушенные породы).

Скоростной режим ведения очистных работ определяется темпом закладочных работ, затвердеванием и уплотнением закладочного массива.

Гидротранспортная установка укомплектована всем необходимым контролирующим, регулирующим и силовым оборудованием.

Анализ технического оборудования для выполнения закладочных работ показал преобладающую эффективность комплексов оборудования производства Германии для приготовления, гидротранспорта низкообводненной массы отходов с размещением ее в обрушенном выработанном пространстве очистных забоев угольных шахт.

Один из комплексов оборудования характеризуется следующими данными.

Производительность установки — 150 т/сутки.

Стоимость приготовления и доставки 1 тонны закладочного материала — 1—2 доллара.

Общая стоимость установки — около 20 млн. долларов (имеется возможность 50 % стоимости освоить отечественным оборудованием — трубы, стройматериалы и пр.)

Срок окупаемости установки — 3 года. **ИЗВ**

#### **КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

*Михеева А.Б.* — преподаватель,

*Тихонов А.В.* — аспирант,

*Агафонов В.В.* — доктор технических наук.

Московский государственный горный университет,  
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru