

УДК 622.268.2

О повышении устойчивости капитальных горных выработок шахт Западного Донбасса

Определены основные направления повышения устойчивости капитальных горных выработок для условий шахт Западного Донбасса. Рассмотрены проблемные моменты технологии тампонажа закрепного пространства и предложены варианты их решения. Рекомендации и технические решения прошли опытно-промышленное внедрение, показав хорошие результаты и качество работ.

Ключевые слова: капитальная горная выработка, комбинированная крепь, тампонаж закрепного пространства, торкретирование.

Контактная информация: soldyankinO@nmu.org.ua

Иntenсификация горных работ на шахтах ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» направлена на повышение объемов добычи угля, что требует реализации комплекса мероприятий, обеспечивающих надежное и эффективное выполнение всех операций технологического цикла, в том числе обеспечения устойчивости протяженных выработок. Однако осуществление этой задачи усложняется тяжелыми горно-геологическими условиями Западного Донбасса, в частности наличием слабометаморфизированных вмещающих пород и их склонностью к размоканию с потерей несущей способности; ярко выраженной тонкослоистой текстурой массива пород и слабым контактом между слоями (в отдельных случаях отсутствием его); интенсивным пучением пород почвы, расслоением и обрушением пород кровли [1].

Анализ состояния протяженных горных выработок показывает, что влияние горного давления не в полной мере компенсируется крепью, поэтому сохранение выработок в удовлетворительном состоянии достигается лишь благодаря регулярному проведению ремонтных работ. Для уменьшения их объема или исключения необходимо применение эффективных способов поддержания горных выработок.

Основные направления повышения устойчивости выработок для условий Западного Донбасса: рациональное расположение очистных и подготовительных выработок; разработка новых и совершенствование традиционных конструкций крепей; использование окружающего выработку породного массива в совместной работе с крепью.

Опыт сооружения и эксплуатации шахт в сложных горно-геологических условиях показывает, что наибольший эффект в повышении устойчивости выработок дают мероприятия, направленные на создание взаимодействующей системы крепь-массив, упрочнение и предупреждение расслоений приконтурных пород: частичное или полное заполнение закрепного пространства; глубинное или приконтурное упроч-



В. В. КОРОБЧЕНКО,
инж.

(ПСП «Шахтоуправление им. Героев космоса»
ПАО «ДТЭК Павлоградуголь»)



А. В. СОЛОДЯНКИН,
доктор техн. наук

(Национальный горный университет)



М. А. ВЫГОДИН,
канд. техн. наук

(Национальный горный университет)



А. З. ПРОКУДИН,
аспирант

(Национальный горный университет)



Рис. 1. Классификация способов создания системы крепь–массив путем заполнения закрепного пространства твердеющими составами.

нение массива вяжущими веществами либо анкерами.

Наиболее эффективный способ создания системы крепь–массив – полное заполнение закрепного пространства. Классификация способов приведена на рис. 1. При этом в результате равномерного распределения нагрузки, уstra-



Рис. 2. Расслоение пород приконтурного массива.

нения вредного влияния сосредоточенных нагрузок и перекоса более рационально используется и материал самой металлической крепи, снижаются изгибающие моменты, эффективнее работают узлы податливости, появляется дополнительный несущий слой из затвердевшего (уплотненного) материала. Крепь работает не на поддержание потерявших устойчивость пород, а в режиме взаимовлияния с окружающим массивом. Несущая способность крепи в этом случае увеличивается в несколько раз. Как показал опыт применения разных способов повышения устойчивости выработок на шахтах Украины, тампаж – наиболее радикальное и доступное, а на ряде шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» – единственное приемлемое средство

сохранения выработок в сложных горно-геологических условиях [2].

Результаты исследований, приведенные в работе [3], свидетельствуют, что заполнение закрепного пространства выработок, закрепленных арочной металлической крепью, и использование анкеров для укрепления боковых пород штрека способствуют уменьшению конвергенции примерно на треть, а применение механизированного заполнения закрепного пространства более экономично, чем перекрепление или проходка новой выработки. Данная технология хорошо отработана, в частности и для шахт Западного Донбасса, в 1970–1980-е годы.

В настоящее время ситуация существенно изменилась. За прошедшие 30–40 лет ухудшились условия сооружения и эксплуатации выработок: увеличилась площадь их поперечного сечения, возросла глубина разработки, повысилась геологическая нарушенность пластов и техногенная нарушенность породного

массива. Практически все выработки проходят в зонах под- или надработки нескольких пластов. Капитальные выработки в той или иной степени испытывают влияние очистных работ. Широко внедряется анкерная крепь, и теперь на шахтах объединения «ДТЭК Павлоградуголь» более 50 % выработок крепят анкерами. Разработаны новые типы крепей, применяемые как основной элемент крепей АНТ, – например, крепи Западно-Донбасского центра «Геомеханика». Появились новые материалы и оборудование для тампонажных и набрызг-бетонных работ, в частности различные составы смесей зарубежных компаний – «Минова», «Басф», «А. Вебер» и др.

Эти обстоятельства потребовали дополнительных исследований и решений для дальнейшего совершенствования технологии тампонажа.

В ходе исследований состояния протяженных выработок шахт, выполненных в 1980-е годы, установлено, что в массиве пород вокруг выработок, не подверженных влиянию очистных работ, формируется с некоторым разрывом во времени несколько зон разрушения (рис. 2). Процесс их образования показан на рис. 3 [4].

Деформация пород кровли реализуется как деформация защемленной с торцов плиты под воздействием равномерно распределенной нагрузки (в основном от собственного веса деформирующейся толщи кровли). При деформациях пород кровли узлы защемления поворачиваются и смещаются внутрь выработки, отрывая от массива по трещинам усыхания или другим плоскостям ослабления вертикальный слой боковых пород. Под воздействием собственного веса и нагрузок, вызванных деформациями пород кровли, вертикальный слой деформируется с отрывом от окружающего массива горных пород и потерей устойчивости. При этом происходит прогиб (выпучивание) слоя к массиву ненарушенных пород и смещение его центра вниз.

На контакте массива ненарушенных пород с потерявшими устойчивость вертикальными слоями и происходит отпор боковых пород. Под воздействием деформированных вертикальных слоев породы подошвы выдавливаются внутрь выработки, вследствие чего происходит их пучение. Принимая во внимание такую модель деформирования приконтурного массива, для замедления первоначальных смещений породного контура прежде всего необходимо предотвратить деформацию пород кровли. Для своевременного

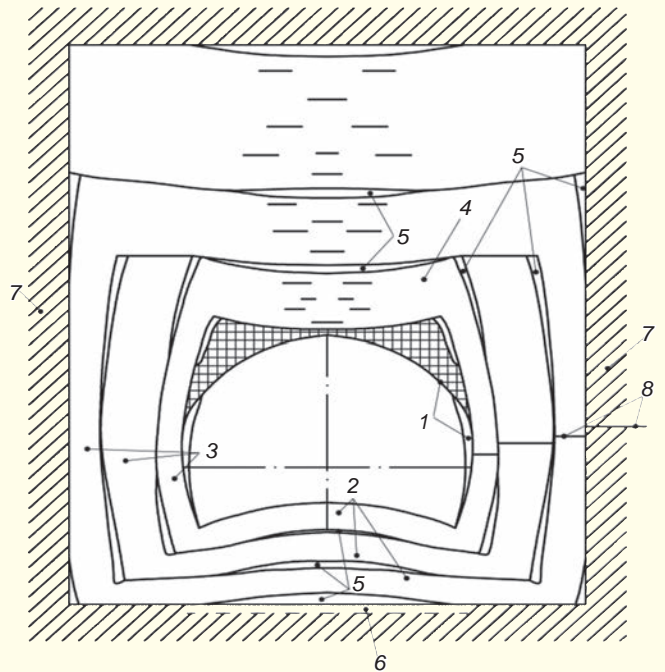


Рис. 3. Схема деформирования (разрушения) пород приконтурного слоя и образования зон разрушения: 1 – металлическая арочная податливая крепь; 2 – деформированные породы подошвы выработки; 3 – деформированные боковые породы; 4 – деформированные породы кровли; 5 – пустоты и трещины в деформированных (разрушенных) породах приконтурного слоя; 6 – вода; 7 – ненарушенный массив вмещающих пород; 8 – маркирующий слой.



Рис. 4. Деформация межрамных затяжек.

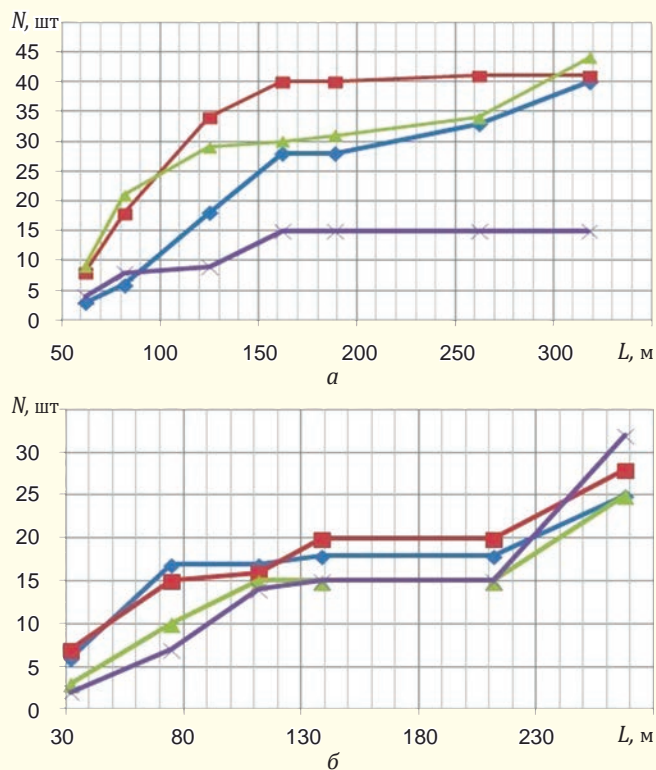


Рис. 5. Изменение количества поломанных затяжек по периметру выработки по мере удаления от забоя на замерных станциях № 1 (а) и № 2 (б): —♦— рама 1; —■— рама 2; —▲— рама 3; —×— рама 4.

воздействия требуется знать временные параметры развития перемещений. С этой целью и были проведены натурные наблюдения при сооружении северного конвейерного уклона горизонта 470 м шахты им. Героев космоса ПСП «Шахтоуправление им. Героев космоса».

Отдельные участки данной выработки крепили крепью с обратным сводом либо кольцевого типа. Результаты измерений деформаций замкнутой крепи оказались недостаточно информативными. Более показательным в этом плане количество поломанных затяжек между рамами крепи (рис. 4), разрушение которых – закономерный процесс. Разрушение затяжки свидетельствует о превышении допустимой нагрузки на крепь и нарушении ее режима работы. На рис. 5 показаны зависимости изменения количества поломанных затяжек по мере удаления от забоя. Эти данные, а также результаты предыдущих исследований доказывают, что разрушение приконтурного массива и смещение пород наиболее интенсивно происходят на расстоянии 30–40 м от забоя выработки, а в дальнейшем наблюдается активное нагружение крепи, разрушение затяжки и появление пучения пород подошвы выработки, если она не закреплена.

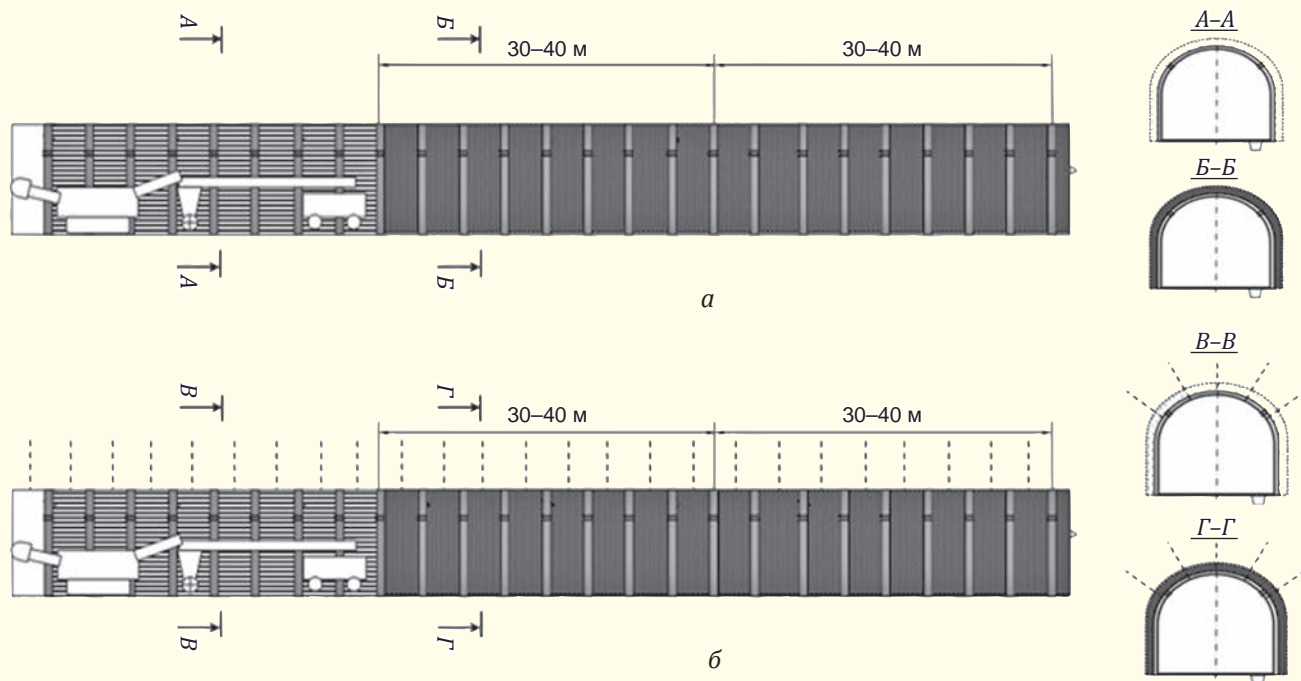


Рис. 6. Технологические схемы возведения крепи с тампонажем закрепного пространства: а – за один прием; б – с упрочнением пород кровли за счет установки анкеров.

Поскольку в капитальных выработках железобетонная затяжка используется в качестве опалубки при тампонаже закрепного пространства, возникает необходимость заделывать стыки между затяжками (пикотаж), что чаще всего выполняется вручную и является весьма трудоемким, растянутым во времени процессом. Это вызывает отставание тампонажа от забоя выработки и проведение его на значительном удалении от забоя (400–500 м). Как следствие – невозможность обеспечить полный контакт крепи с массивом горных пород, так как в основном значительные деформации приконтурного массива уже произошли.

Наличие поломанной затяжки еще больше увеличивает трудоемкость тампонажных работ из-за появления дополнительных щелей (трещин), требующих герметизации, и необходимости замены.

Повысить устойчивость пород кровли до проведения тампонажа в зоне расположения технологического оборудования для проходки (именно на этом участке происходят интенсивные деформации приконтурного массива пород) можно установкой анкеров или расклинкой сводчатой части крепи непосредственно в забое выработки.

Чтобы обеспечить своевременное тампонирувание закрепного пространства, предлагаются технологические схемы (рис. 6). Схема с возведением крепи с тампонажем за один прием (рис. 6, а) предусматривает проведение тампонажа сразу за перегружателем комбайна, на расстоянии 30–40 м от забоя выработки (такая схема возможна и целесообразна только при механизированном пикотаже с применением установки для торкретирования [5]). Схема крепления с установкой анкеров в забое выработки для поддержания пород кровли (рис. 6, б) позволяет сохранить их устойчивость до проведения тампонажа закрепного пространства и увеличить его отставание от забоя [6].

Для механизированной чеканки стыков железобетонной затяжки можно использовать торкретирование, например с помощью торкрет-установки АС-1 (рис. 7).

Установка предназначена для нанесения бетонных смесей методом сухого торкретирования. Считается, что основной недостаток метода – чрезмерное пылеобразование в процессе выполнения операции. Однако, как показал опыт применения установки на шахте им. Героев космоса,



Рис. 7. Торкрет-установка АС-1 (производитель – АО «Альпсервис», г. Харьков).

фактическое пылеобразование было минимальным (рис. 8). Единственный отрицательный момент – необходимость тщательной сушки компонентов, поскольку в противном случае происходит тромбообразование и забивка шлангов, подающих сухую смесь. Но этот недостаток устраняется перед спуском в шахту предварительной сушкой песка в сушильном аппарате, установленном на поверхности.

Внедрение указанной технологии позволит свести к минимуму использование ручного тру-

Основная техническая характеристика установки АС-1

| | |
|---|--------------|
| Теоретическая производительность, м ³ /ч | 0,5–2,5 |
| Вместимость барабана, дм ³ | 3 |
| Максимальный размер частиц помещаемого материала, мм | 8 |
| Давление воздуха, МПа | 0,5–0,6 |
| Мощность электродвигателя, кВт | 2,2 |
| Основные размеры: длина × ширина × высота с ситом, мм | 1100×830×960 |



Рис. 8. Применение торкрет-установки в выработке на шахте им. Героев космоса.

да и увеличить скорость проведения пикотажа, что даст возможность проводить тампонаж без отставания от технологического комплекса. Предлагаемая технология была реализована на специально созданном участке. Все операции по тампонажу в ремонтно-подготовительную смену выполняло звено из трех горнорабочих. При такой организации и штате сотрудников участок обеспечивал проведение тампонажа закрепного пространства с механизированным пикотажом со скоростью 90–120 м/сут, что соизмеримо со средними темпами сооружения капитальных выработок.

Выводы. Длительную устойчивость капитальных и основных подготовительных выработок в сложных геомеханических условиях шахт Западного Донбасса можно обеспечить за счет применения тампонажа закрепного пространства, который необходимо проводить с минимальным отставанием от забоя, т. е. сразу за ленточным перегружателем. Для дости-

жения требуемой скорости тампонажных работ и устранения ручных операций пикотажа швов железобетонной затяжки следует выполнять механизированным способом, используя торкрет-бетонную установку. Чтобы повысить устойчивость кровли до проведения тампонажа, целесообразно устанавливать анкеры в сводчатой части непосредственно в забое выработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Особенности деформирования слабых метаморфизированных пород протяженных выработок шахт Западного Донбасса* / [М. А. Выгодин, А. В. Солодянкин, Е. В. Масленников и др.] // Форум гірників-2011: матеріали міжнар. конф. – Дніпропетровськ, 2011. – С. 50–57.
2. *Совершенствование технологии проведения капитальных выработок в сложных геомеханических условиях шахт Западного Донбасса* / [А. Н. Шашенко, М. А. Выгодин, А. В. Солодянкин и др.] // Форум гірників-2012: матеріали міжнар. конф. – Дніпропетровськ, 2012. – Т. 2. – С. 107–114.
3. *Руппель У.* Проектирование выемочных штреков методом цифровых расчетов на Украине / У. Руппель, Р. Скиор // Глюкауф. – 2008. – № 2 (3). – С. 44–49.
4. *Выгодин М. А.* Обоснование параметров армопородных грузонесущих конструкций на базе рамно-анкерных крепей и технология их сооружения в выработках шахт Западного Донбасса: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.04 / Выгодин Михаил Александрович. – Днепропетровск, 1990. – 215 с.
5. *Солодянкин А. В.* Шахтные исследования геомеханических процессов при проведении протяженных выработок в сложных горно-геологических условиях ПСП «Шахта им. Героев космоса» / А. В. Солодянкин, М. А. Выгодин, А. З. Прокудин // Розробка родовищ: щоріч. наук.-техн. зб. – Дніпропетровськ, 2015. – С. 349–354.
6. *Айнхофф Ю.* Техника и технология анкерного крепления в системе штрековой крепи // Глюкауф. – 2008. – № 2 (3). – С. 28–35.