

А.В. Солодянкин, М.А. Выгодин, В.В. Коробченко, А.В. Смирнов, А.З. Прокудин

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТАМПОНАЖА ЗАКРЕПНОГО ПРОСТРАНСТВА В СЛОЖНЫХ ГОРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ШАХТ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

Выполнен анализ направленный по повышению устойчивости протяженных горных выработок в сложных геомеханических условиях шахт Западного Донбасса. Приведены результаты шахтных исследований деформационных процессов в окрестности капитальных выработок. Предложены способ механизации трудоемких процессов, оборудование и технологические схемы для тампонажа закрепного пространства капитальных выработок.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТАМПОНАЖУ ЗАКРІПНОГО ПРОСТОРУ В СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Виконано аналіз напрямів підвищення стійкості протяжних гірничих виробок у складних геомеханічних умовах шахт Західного Донбасу. Наведено результати шахтних досліджень деформаційних процесів в околиці капітальних виробок. Запропоновано спосіб механізації трудомістких процесів, обладнання та технологічні схеми для тампонажу закріпного простору капітальних виробок.

IMPROVEMENT OF SKIN GROUTING TECHNOLOGY IN COMPLICATED GEOLOGICAL CONDITIONS OF WESTERN DONBASS MINES

Directions for improvement stability of long workings in complicated geotechnical conditions of Western Donbass mines are analyzed. The results of mining research of deformation processes in the vicinity of permanent workings are given. The method of mechanization of labor-intensive processes, equipment and technological schemes for skin grouting in permanent workings is proposed.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсификация 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 обеспе-

чения устойчивости протяженных выработок. Однако задача усложняется наличием тяжелых горно-геологических условий Западного Донбасса, таких как слабометаморфизированные вмещающие породы, склонность их к размоканию с потерей несущей способности; ярко выраженная тонкослоистая текстура массива пород, наличие слабого контакта между слоями пород (в от-

дельных случаях отсутствием его), интенсивное пучение пород почвы, расслоение и обрушение пород кровли [1].

Анализ состояния протяженных горных выработок показывает, что влияние горного давления не в полной мере компенсируется крепью, и сохранение выработок в удовлетворительном состоянии достигается лишь за счет регулярного проведения ремонтных работ. Для уменьшения или полного исключения проведения этих работ необходимо применение способов поддержания горных выработок эффективных в рассматриваемых горно-геологических условиях.

Для условий Западного Донбасса основными направлениями по повышению устойчивости выработок являются: рациональное расположение очистных и подготовительных выработок, разработка новых и совершенствование традиционных конструкций крепей; вовлечение окружающего выработку породного массива в совместную работу с крепью.

Так расположение выработок в разгруженных от горного давления зонах (наработка или подработка пласта), а также про-

ведение их вприсечку или по выработанному пространству значительно повышает их устойчивость. Затраты на поддержание и ремонт выработок снижаются в 1,5 – 2 раза, а смещения породного контура в отдельных случаях – в 5 – 7 раз [2].

Основными видами крепей в настоящее время являются крепи поддерживающего типа – металлические и монолитные бетонные, железобетонные и металлобетонные.

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 упрочнение массива вяжущими веществами или анкерами.

Наиболее эффективным способом создания системы «крепь-массив» является заполнение закрепного пространства. Классификация таких способов приведена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация технологии возведения крепи с заполнением закрепного пространства твердеющими составами

При этом в результате более равномерного распределения нагрузки, устранения вредного влияния сосредоточенных нагру-

зок и перекоса более рационально используется и материал самой металлической крепи, снижается величина изгибающих

моментов, более эффективно 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. Тампонаж – один из способов заполнения закрепного пространства. Как показал опыт применения его на шахтах Украины, тампонаж является наиболее радикальным и доступным, а на ряде шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» единственным приемлемым средством сохранения выработок в сложных горно-геологических условиях [3].

Результаты исследований, приведенные в работе [4] свидетельствуют, что заполнение закрепного пространства при арочной металлической крепи и использование анкеров для укрепления боковых пород штрека способствуют уменьшению конвергенции примерно на 1/3, а применение механизированного заполнения закрепного пространства экономичнее, чем перекрепление или проходка новой выработки. Данная технология хорошо отработана, в частности и для условий шахт Западного Донбасса в 1970 – 80 гг. В настоящее время ситуация существенно изменилась. За прошедшие 30 – 40 лет ухудшились условия строительства и эксплуатации выработок: возросла глубина разработки, увеличилась геологическая нарушенность пластов, увеличилась 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 в данный момент на шахтах объединения «ДТЭК Павлоградуголь» более 50% выработок крепят анкерами. Разработаны новые типы крепей, которые являются основным элементом крепей АНТ, например, крепи Западно-Донбасского центра «Геомеханика». Появились новые материалы и оборудование для тампонажных и набрызгбетонных

работ. В первую очередь, различные составы смесей зарубежных компаний – MINOVA, BASF, «A. WEBER» и др.

В связи с этим необходимы дополнительные исследования, уточнения параметров способа и дальнейшие совершенствования технологии тампонажа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате исследований состояния протяженных выработок шахт Западного Донбасса, 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, каждая из которых имеет идентичный характер (рис. 2).

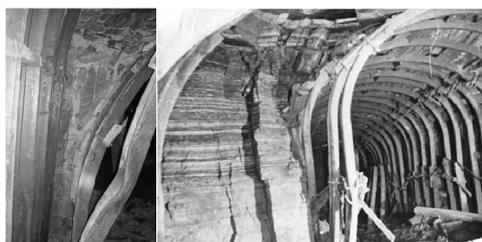


Рис. 2. Расслоение пород приконтурного массива

Процесс образования зон разрушений представлен на рис. 3 [5]. 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 по трещинам усыхания или другим плоскостям ослабления от массива 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.

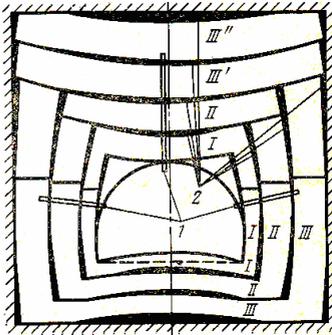


Рис. 3. Схема деформирования (разрушения) пород приконтурного слоя и образование зон разрушения: I, II, III – зоны разрушения вмещающего массива; 1 – шпурсы для тампонажа разрушенного массива; 2 – пустоты

На контакте массива ненарушенных пород с потерявшими устойчивость вертикальными слоями и происходит отпор боковых пород. Под воздействием деформированных вертикальных слоев породы почвы выдавливаются внутрь выработки, вследствие чего происходит пучение пород почвы.

Обследование текущего состояния выработок и результаты измерений смещений пород представлены на рис. 4.

Незатухающий рост смещений боковых пород в выработках обусловлен, в первую очередь, отсутствием забутовки закрепного пространства. Тампонаж закрепного пространства в таких выработках либо не проводился, либо выполнялся с большим отставанием от забоя (80 м и более).

Установлено, что смещения контура выработки (см. рис. 4), достаточно близко описываются зависимостями:

– для пород кровли

$$U = \frac{1,24 \cdot 58,3 + 330,9 \cdot T^{1,2}}{58,3 + T^{1,2}}; \quad (1)$$

– для пород почвы

$$U = \frac{1 \cdot 30,7 + 582,3 \cdot T^{1,05}}{30,7 + T^{1,05}}; \quad (2)$$

– для боковых пород

$$U = \frac{-8,2 \cdot 20,6 + 318,7 \cdot T^{0,7}}{318,7 + T^{0,7}}, \quad (3)$$

где U – величина смещений пород, мм;
 T – время наблюдения, сут.

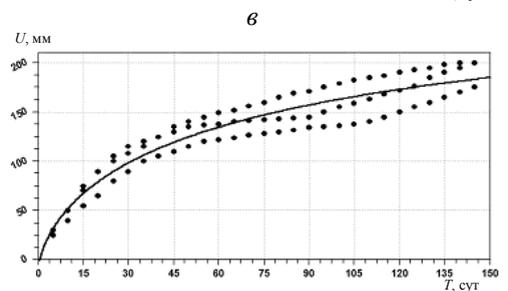
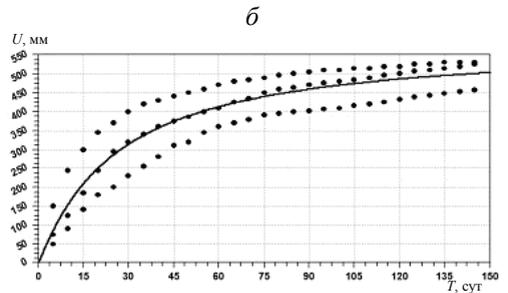
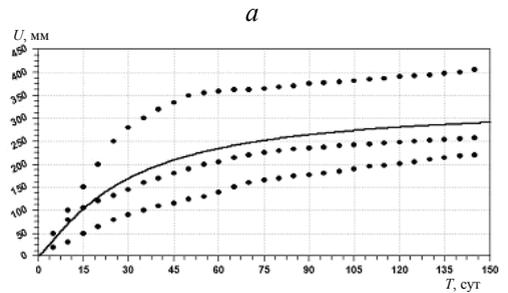


Рис. 4. Зависимость смещений контура выработки во времени для пород: а – кровли; б – почвы; в – боковых пород

Следует отметить, что данные результаты были получены в выработках арочной формы с незакрепленной почвой. Также из

графиков следует, что по прошествии времени увеличивается величина смещений пород. Наблюдаемое можно объяснить недостатками технологических схем, при использовании которых в процессе крепления не обеспечивается плотный контакт крепи с приконтурным массивом, что провоцирует деформационные процессы в выработках. В большинстве своем это происходит из-за отсутствия возможности проведения тампонажа закрепного пространства непосредственно после процесса крепления либо с небольшим отставанием от забоя.



Рис. 5. Деформация межрядных затяжек

В настоящее время наблюдения за состоянием выработок проводятся на шахте им. Героев Космоса, крепление которых производится крепью с обратным сводом либо кольцевого типа. Как показали результаты измерений деформаций замкнутой крепи, полученные значения не являются достаточно информативными. Более показательными в этом плане является количество поломанных затяжек между рамами крепи (рис. 5). При этом факт разрушения затяжки свидетельствует о превышении допустимой нагрузки на крепь и нарушении ее режима работы. На рис. 6 изображены зависимости количества поломанных затяжек от времени.

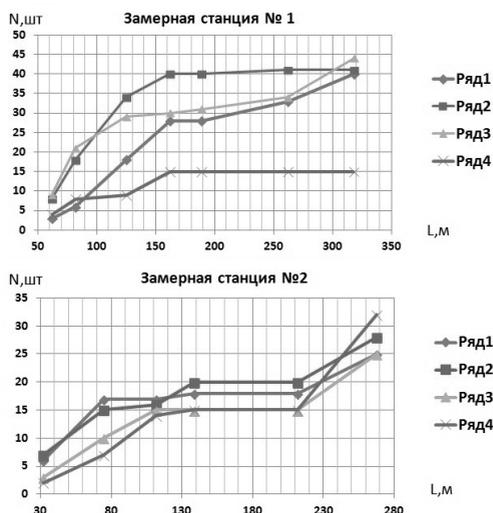


Рис. 6. Зависимость количества поломанной затяжки по периметру выработки от времени проведения выработки

Полученные результаты измерений свидетельствуют, что на участке в 30 – 160 м от забоя происходят наиболее интенсивные разрушения затяжки.

Узкими местами в рассматриваемой технологии тампонажа закрепного пространства являются: допустимые отставания тампонажа от забоя и пикотаж швов по железобетонной затяжке крепи. Это объясняется следующим. Так как в исследуемых выработках железобетонная затяжка используется в качестве опалубки при тампонаже закрепного пространства, возникает необходимость производить заделку стыков между ними (пикотаж), которая сейчас выполняется вручную и является весьма трудоемким процессом. При этом необходимо обеспечить полный контакт крепи с массивом горных пород, т.е. провести тампонаж до значительных деформаций приконтурного массива.

Рекомендуются следующие решения этих вопросов: внедрение механизированной чеканки стыков и поэтапное тампонирующее закрепное пространство.

Технические данные	Единица измерения	Значение
Теоретическая производительность	м ³ /ч	0,5 – 2,5
Объем барабана	дм ³	3,0
Максимальный размер частиц материала	мм	8
Давление воздуха	МПа	0,5 – 0,6
Мощность электродвигателя	кВт	2,2
Основные размеры		
Длина	мм	1100
Ширина	мм	830
Высота с ситом	мм	960

В качестве механизированной чеканки стыков предлагается использовать торкретирование с помощью установки АС-1 (рис. 7). Внедрение данной технологии позволит свести к минимуму использование ручного труда и увеличить скорость проведения пикетажа, что в свою очередь даст возможность проводить тампонаж с небольшим отставанием от забоя. Технологическая схема представлена на рис. 8.

Для тампонирувания закрепного пространства предлагается следующие технологические схемы (см. рис. 9).



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

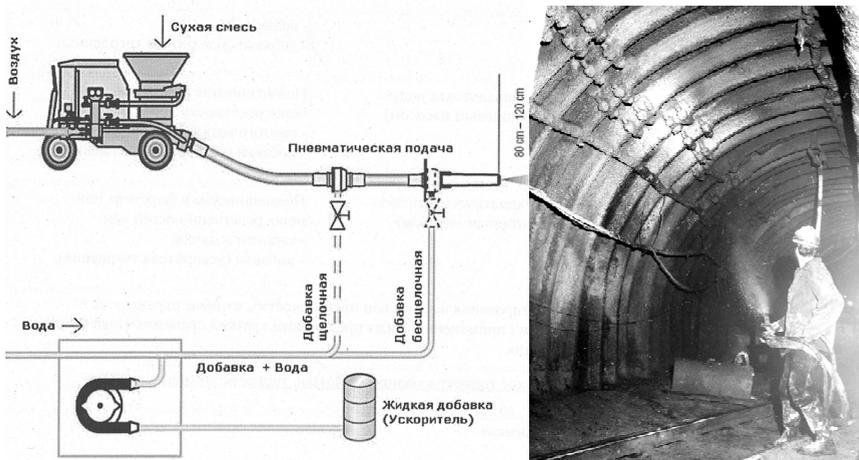


Рис. 8. Пневматическая подача смеси при сухом торкретировании

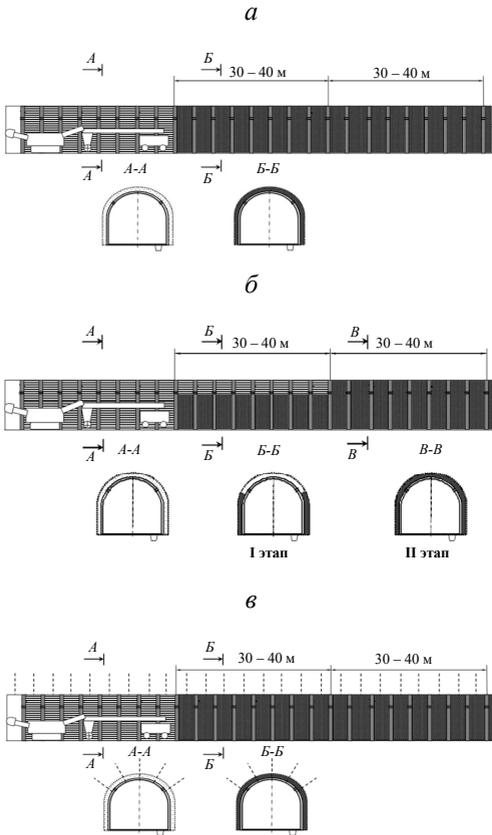


Рис. 9. Технологические схемы возведения крепи с тампонажем закрепного пространства: а – за один прием; б – в два этапа; в – с установкой анкеров

Схема с возведением крепи с тампонажем за один прием (рис. 9, а), предполагает проведение тампонажа закрепного пространства сразу за перегружателем комбайна, на расстоянии 30 – 40 м от забоя выработки (данная схема возможна и целесообразна только при механизированной чеканке). Опыт показывает, что деформации крепи и деформационные процессы по контуру выработки существенно снижаются, если затампонируются только бока вы-

работки. Схема с поэтапным тампонажем закрепного пространства изображена на рис. 9, б. На 1-м этапе, сразу за перегружателем комбайна, на расстоянии 30 – 40 м от забоя проводится заполнение закрепного пространства боков выработки тампонажным раствором, а на 2-м – заполнение пустот в кровле. Установка анкеров в забое выработки для поддержания пород кровли (рис. 9, в) выполняет ту же роль что и предыдущая схема. Это позволяет сохранить устойчивость пород кровли до момента проведения тампонажа закрепного пространства и увеличить его отставание от забоя [6].

ВЫВОДЫ

Анализ состояния протяженных горных выработок на территории Западного Донбасса показывает о необходимости разработки эффективных способов поддержания горных выработок для существующих горно-геологических условий. Наиболее эффективным из существующих способов повышения времени безремонтного поддержания выработки является тампонаж закрепного пространства, поэтому проводимые исследования направлены на уточнение его технологических параметров. В процессе исследований были установлены зависимости смещений контура выработки во времени. Также, как показали наблюдения, наибольшие деформации элементов крепи, в частности межрамных затяжек, происходят на расстоянии 30 – 160 м от забоя. В связи с этим рекомендуется применять поэтапное тампонирувание и уменьшить отставание тампонажа от забоя за счет механизированного пикотажа с помощью торкрет-установок.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности деформирования слабометаморфизированных пород вокруг протяженных выработок шахт Западного Донбасса / М.А. Выгодин, А.В. Солодянкин, Е.В. Масленников [и др.] // Форум гірників: матеріали міжнар. конф. – Д., 2011. – С. 50 – 57.

2. Мартовицкий А.В. Обоснование комплекса эффективных мероприятий по повышению устойчивости выработок шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» / А.В. Мартовицкий // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 3. – С. 45 – 53.

3. 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: матеріали міжнар. конф. – Д., 2012. – Т.2. – С. 107 – 114.

4. Руппель У. Проектирования выемочных штреков методом цифровых расчетов на Украине / У. Руппель, Р. Скиор // Глюкауф. – 2008. – № 2(3). – С. 44 – 49.

5. 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 А.В. – Д., 1990. – 215 с.

6. Айнхофф Ю. Техника и технология анкерного крепления в системе штрековой крепи / Ю. Айнхофф // Глюкауф. – 2008. – № 2(3). – С. 28 – 35.

ОБ АВТОРАХ

Солодянкин Александр Викторович – д.т.н., профессор кафедры строительства, геотехники и геомеханики Национального горного университета.

Выгодин Михаил Александрович – к.т.н., доцент кафедры строительства, геотехники и Национального горного университета.

Коробченко Владислав Васильевич – главный инженер шахты им. Героев Космоса ПАТ «ДТЭК Павлоградуголь».

Смирнов Андрей Викторович – кандидат политических наук, действительный член Академии горных наук РФ, директор по добыче угля ООО «ДТЭК».

Прокудин Александр Зотикович – аспирант кафедры строительства, геотехники и геомеханики Национального горного университета.