

3. Социальные – благотворно влияет на состояние здоровья людей, проживающих вблизи горнодобывающих предприятий (карьеры и шахты).

4. Технологические – позволяет своевременно обеспечить материалами горные работы, снижает грузопоток по стволу и протяженным выработкам за счет уменьшения объема выдаваемой из шахты породы, повышает сохранность подземных выработок шахт

Список литературы

1. Коваленко В.В., Гаркуша В.С. Особенности использования шахтной породы в качестве замены части заполнителя при приготовлении торкретбетона // Уголь Украины. – 2014. – № 12. – С. 38-42.

2. Коваленко В.В., Гаркуша В.С. Исследование физико-механических характеристик торкрет-бетонных составов на основе пустой породы // «Форум горняков»: Материалы международной конференции. Том 2. – Днепропетровск: ООО «Лизунов Пресс». – 2014. – С. 130-138.

3. Гаркуша В.С. Торкрет-бетонні суміші на основі відходів добування кам'яного вугілля для кріплення гірничих виробок // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2015. – № 3. – С. 17-23.

4. Тампонажные и торкрет-бетонные смеси для крепления капитальных выработок угольных шахт / А.В. Солодянкин, М.А. Выгодин, В.С. Гаркуша и др. // Гірничий вісник Криворізького національного університету. – Вип. – 2015. – С. 111-116.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

*А.В. Солодянкин, С.Н. Гапеев, М.А. Выгодин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»,
С.А. Воронин, В.Г. Снигур, С.В. Мкртчян, ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», Украина*

На основе анализа литературных источников и натуральных наблюдений выделены 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.

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 обеспечения устойчивости протяженных выработок. Однако эта задача 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, слабым контактом между слоями пород (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 установкой крепи и сохранение выработок в удовлетворительном состоянии достигается лишь благодаря регулярному проведению ремонтных работ. Для уменьшения или полного исключения этих работ необходимо применение эффективных способов поддержания горных выработок.

Для условий Западного Донбасса основными направлениями повышения 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.

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 либо анкерами.

Наиболее эффективный способ создания системы крепь–массив – полное заполнение закрепного пространства с помощью тампонажа твердеющими смесями. При этом в результате равномерного распределения нагрузки, устранения вредного влияния сосредоточенных нагрузок и перекоса более рационально используется и материал самой металлической крепи, снижается величина изгибающих моментов, эффективнее работают узлы податливости, появляется дополнительный несущий слой из затвердевшего (уплотненного) материала. Крепь работает не на удержание потерявших устойчивость пород, а в режиме взаимовлияния с окружающим массивом. Несущая способность крепи в этом случае увеличивается в несколько раз. Как показал опыт поддержания выработок в сложных горно-геологических условиях шахт Украины, тампонаж закрепного пространства является наиболее радикальным и доступным, а на ряде шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» – единственным приемлемым средством сохранения выработок в эксплуатационном состоянии [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 1/3, а применение механизированного заполнения закрепного пространства более экономично, чем перекрепление или проходка новой выработки. Данная технология хорошо отработана, в частности и для условий шахт Западного Донбасса, в 1970–80-х годах.

В настоящее время ситуация существенно изменилась. За прошедшие 30-40 лет ухудшились условия строительства и эксплуатации выработок. Прежде всего, повысилась глубина разработки, которая на шахтах «Западнодонецкая» и имени Героев космоса составляет уже 400...550 м. Увеличилась площадь поперечного сечения горных выработок, возросла 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.

Указанные причины привели к тому, что сейчас при сооружении капитальных выработок, из-за сложной организации работ, технология заполнения закрепного пространства либо не проводится, либо это делается с большим отставанием от забоя, что не обеспечивает длительной устойчивости выработок и требует в последующем выполнения дорогостоящих и трудоемких ремонтных работ.

Таким образом, **целью исследований**, результаты которых представлены в статье, является обоснование рациональных параметров технологии сооружения комбинированной крепи с заполнением закрепного пространства твердеющими составами для сложных условий шахт Западного Донбасса.

Материалы и результаты исследований. Причинами несвоевременного проведения тампонажа закрепного пространства являются следующие. Во-первых, ручная чеканка швов железобетонной затяжки, что увеличивает время подготовительных операций перед подачей тампонажного раствора за крепь. Это вызывает отставание тампонажа и проведение его на значительном удалении от забоя выработки (400...500 м).

Во-вторых, интенсивное развитие деформаций в приконтурном массиве пород, обусловленное большими размерами обнажений (габаритами выработки) и наличием слабых неустойчивых трещиноватых пород. Последний фактор приводит к тому, что деформирование крепи и поломка железобетонной затяжки, вызванные обрушением приконтурных пород, главным образом – пород кровли, происходит на расстоянии 30-40 м от забоя, т.е. в зоне расположения проходческого оборудования. Выполнение тампонажа в этой зоне невозможно из-за больших технических и организационных сложностей.

Визуальное обследование выработок, как длительного срока службы в местах их перекреплений, так и сооружаемых в настоящее время показало, что в приконтурном массиве пород вокруг выработок, не подверженных влиянию очистных работ, формируется с некоторым разрывом во времени несколько зон разрушения (рис. 1).

В ходе 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 (рис. 2) [4].

Деформация пород кровли реализуется как деформация защемленной с торцов плиты под воздействием равномерно распределенной нагрузки (в основном от собственного веса деформирующейся толщи кровли).

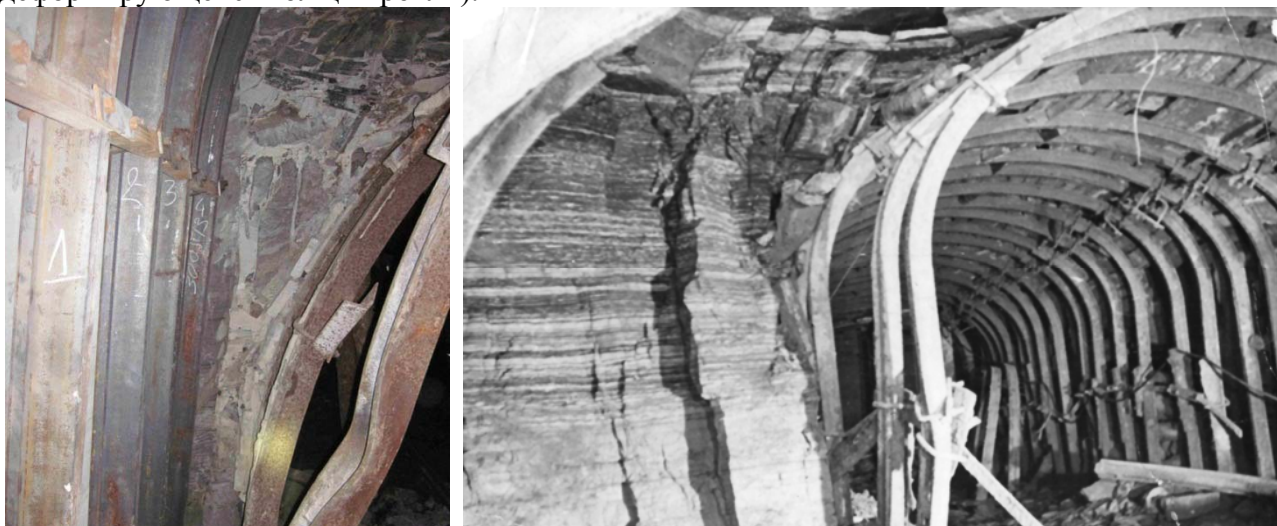


Рис. 1. Развитие зон трещиноватости в приконтурном массиве пород

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 почвы выдавливаются внутрь выработки, вследствие чего происходит их пучение.

В условиях шахт Западного Донбасса этот процесс реализуется на расстоянии 30...50 м от забоя выработки и может быть описан функцией влияния забоя выработки $k(L)$ (рис. 3).

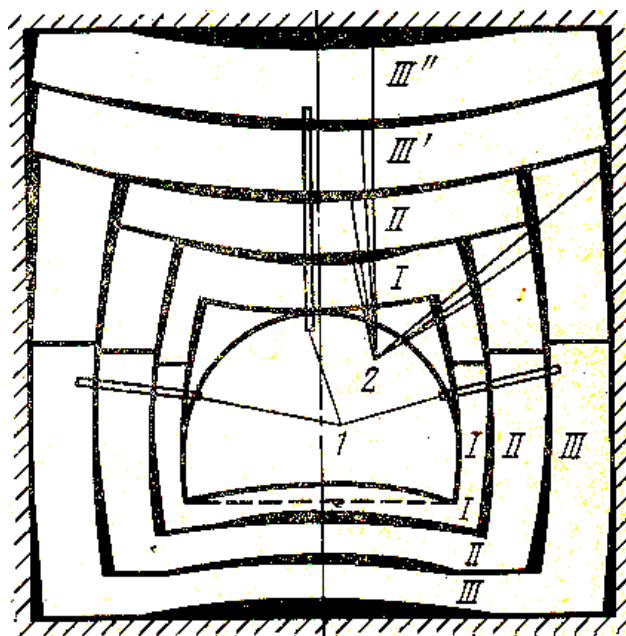


Рис. 2. Схема деформирования (разрушения) пород приконтурного слоя и образование зон разрушения: I, II, III – зоны разрушения вмещающего массива; 1 – шпур для тампонажа, 2 – пустоты

Ее значения изменяются от некоторой минимальной величины непосредственно у плоскости забоя $k(L)_{min} \approx 0.1 \dots 0.2$ до $k(L) = 1$ на расстоянии 30...50 м. Эта функция как-бы снижает гравитационные силы – γH в пределах влияния забоя, по мере уменьшения которых происходит изменение геомеханического состояния массива с образованием трех характерных зон.

В пределах зоны I образуется область неупругих деформаций (ЗНД). В пределах зоны II реализуется вспучивание почвы. В пределах зоны III продолжается деструкция вмещающих пород, сопровождающаяся развитием трещин в боках и кровле выработки, что приводит к росту свода естественного равновесия, в пределах которого формируется нагрузка на крепь.

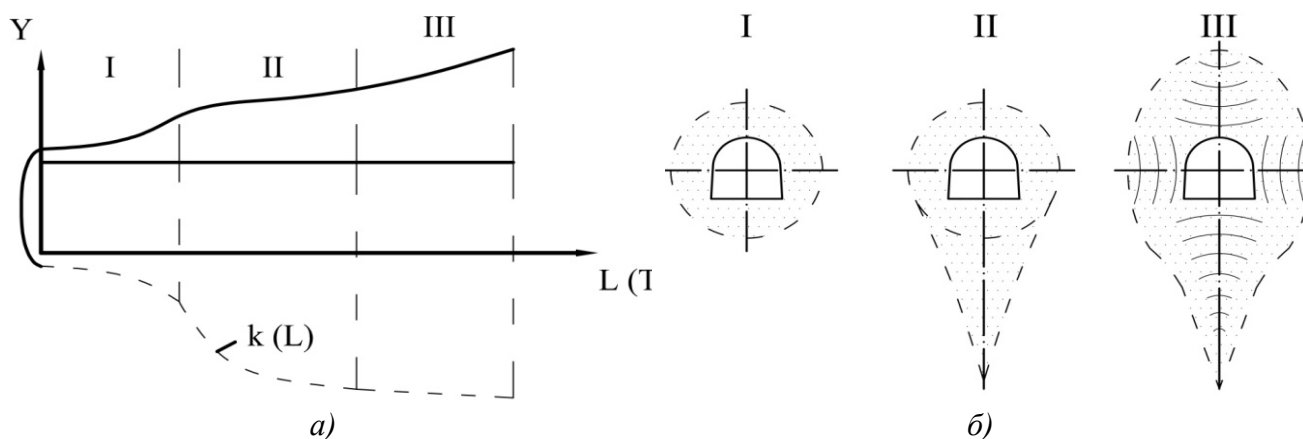


Рис. 3. Развитие геомеханических процессов по мере перемещения забоя выработки: продольный (а) и поперечный (б) разрезы

Для устранения первой причины несвоевременного проведения тампонажа – ручной чеканки, была внедрена технология механизированного пикотажа стыков железобетонной затяжки способом торкретирования с помощью установки АС-1 (рис. 4), основные технические характеристики которой приведены в табл. 1.

Установка предназначена для нанесения мелкозернистых бетонных смесей методом сухого торкретирования.

Внедрение данной технологии на шахте им. Героев космоса позволило свести к минимуму использование ручного труда и увеличить скорость проведения пикотажа, что, в свою очередь, дало возможность проведения тампонажа без отставания от технологического комплекса со скоростью 90...120 м/сут. Все операции по тампонажу производились в ремонтно-подготовительную смену звеном из трех горнорабочих.

Для повышения устойчивости пород кровли до проведения тампонажа в зоне расположения горнопроходческого оборудования (именно на этом участке происходят интенсивные деформации приконтурного массива пород) предусматривается установка анкеров в забое выработки. Это позволит сохранить на определенное время устойчивость пород кровли и увеличить отставание тампонажа от забоя.

Технологическая схема возведения крепи с тампонажем закрепного пространства и упрочнением пород кровли анкерами показана на рис. 5.

На предварительном этапе внедрения данной технологии параметры анкерования могут



Рис. 4. Торкрет- установка АС-1 (АО «Альпсервис», г. Харьков)

быть приняты по результатам опыта использования анкеров в конкретных условиях. Для определения оптимальных параметров анкерования необходимо проведение численных исследований. При этом численная модель должна соответствовать предложенной выше физической модели развития трещин в окрестности одиночной выработки.

Таблица 1. Технические характеристики торкрет-установки АС-1

Наименование показателя	Количество
Теоретическая производительность, м ³ /ч	0,5...2,5
Вместимость барабана, дм ³	3,0
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	100×830×960

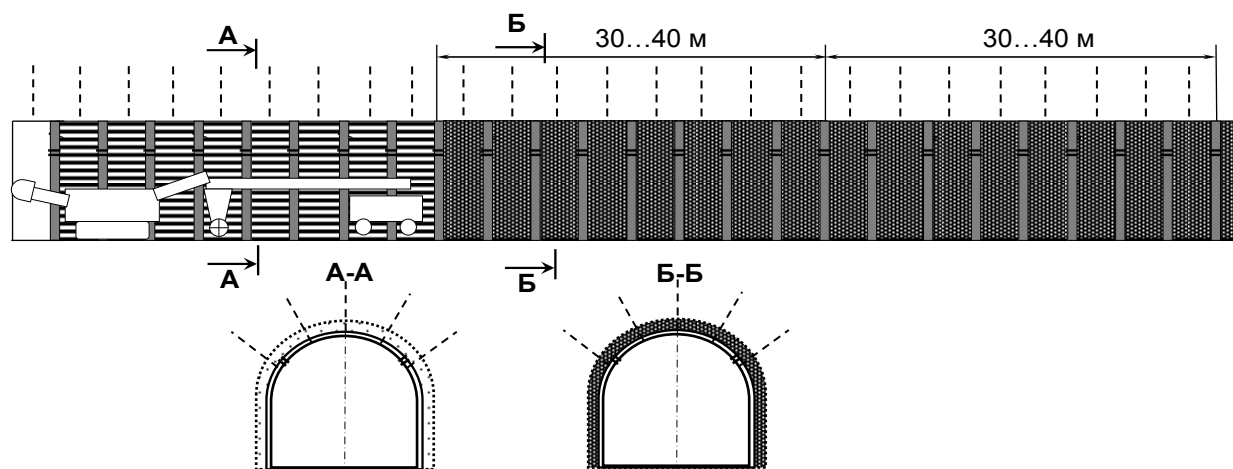


Рис. 5. Технологическая схема возведения крепи с тампонажем закрепного пространства с упрочнением пород кровли анкерами

Выводы. Длительная устойчивость капитальных и основных подготовительных выработок в сложных геомеханических условиях шахт Западного Донбасса может быть обеспечена за счет применения тампонажа закрепного пространства, выполнение которого необходимо проводить сразу за технологическим комплексом оборудования. Для достижения требуемой скорости тампонажных работ и устранения операций, выполняемых вручную, пикотаж швов железобетонной затяжки должен осуществляться механизированным способом с применением торкрет-бетонной установки. Для повышения устойчивости кровли до проведения тампонажа целесообразно применение анкерной крепи или расклинки сводчатой части крепи.

Список литературы

1. Особенности деформирования слабометаморфизированных пород вокруг протяженных выработок шахт Западного Донбасса / М. А. Выгодин [та ін.] // 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 [та ін.] // Форум гірників – 2012: Матеріали міжнар. конф. – Дніпропетровськ, 2012. – Т. 2. – С. 107–114.
3. Руппель У. Проектирования 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.