

УДК 622.833

А. В. СОЛОДЯНКИН, доктор техн. наук (Национальный горный университет)

С. Н. ГАПЕЕВ, доктор техн. наук (Национальный горный университет)

М. А. ВЫГОДИН, канд. техн. наук (Национальный горный университет)

С. А. ВОРОНИН, инженер (ЧАО «ДТЭК Павлоградуголь»)

В. Г. СНИГУР, канд. техн. наук (ПСП «Шахтоуправление «Терновское» ЧАО «ДТЭК Павлоградуголь»)

С. В. МКРТЧЯН, инженер (ПСП «Шахтоуправление имени Героев космоса» ЧАО «ДТЭК Павлоградуголь»)

Конструкция и технология сооружения комбинированных систем крепи капитальных выработок

Рассмотрена новая технология повышения устойчивости выработок на разных этапах сооружения путем заполнения закрепного пространства твердеющими смесями пневматическим способом. Приведены результаты внедрения этой эффективной технологии при сооружении капитального квершлага в сложных условиях шахт Западного Донбасса.

Ключевые слова: устойчивость выработки, заполнение закрепного пространства, тампонаж, торкретирование.

Контактная информация: E-mail: alex.solodyankin@mail.ru

Развитие горных работ на шахтах ЧАО «ДТЭК Павлоградуголь» направлено на повышение объемов добычи угля, что требует надежного и эффективного функционирования всех подсистем предприятий, в том числе комплекса капитальных выработок. С увеличением глубины разработки существенно возрастает горное давление, меняются физико-механические свойства породной среды и ее поведение, снижается степень геологической разведанности месторождения. Сооружение выработок вызывает перераспределение начального поля напряжений, приводит к разрушению массива пород, его сдвиганиям, изменению пространственной структуры массива. Все чаще эти процессы носят катастрофический характер, сопровождаются человеческими и материальными потерями. В связи с этим одной из наиболее актуальных проблем на горном предприятии является выбор способов и средств обеспечения длительной устойчивости выработок, который должен быть основан на особенностях развития геомеханических процессов при ведении горнопроходческих работ.

Анализ опыта поддержания капитальных выработок в сложных горно-геологических условиях. Опыт эксплуатации глубоких шахт 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, упрочнение массива вяжущими веществами либо анкерами.

Наиболее эффективный способ повышения устойчивости выработок на шахтах Западного Донбасса – тампонаж закрепного пространства твердеющими смесями (гидромеханический способ). В результате равномерного распределения нагрузки, устранения сосредоточенных усилий и перекоса более рационально используется материал самой крепи, снижаются изгибающие моменты, эффективнее работают узлы податливости, появляется дополнительный несущий слой из затвердевшего материала. Крепь работает в режиме взаимовлияния с окружающим массивом. Ее несущая способность в этом случае увеличивается в несколько раз.

Технология выполнения работ по заполнению закрепного пространства, с точки зрения геомеханики деформирования вмещающих пород и организации труда, может проводиться по разным схемам, и суммарная эффективность должна учитывать как фактор технологичности, так и возможность снижения затрат на последующий ремонт выработки.

Цель исследований и экспериментальных работ, результаты которых представлены в статье, состояла в усовершенствовании технологии заполнения закрепного пространства выработок твердеющими смесями при их проведении.

Совершенствование традиционной технологии тампонажа закрепного пространства

при креплении капитальных выработок. При традиционной технологии тампонажные работы удобнее выполнять за зоной расположения горнопроходческого оборудования, причем операции по проведению и тампонажу разносятся по длине выработки, что упрощает организацию работ, а призабойная часть не загромождается оборудованием.

Для увеличения темпов выполнения тампонажных работ, устранения ручных операций, связанных с пикетажем железобетонной затяжки перед проведением тампонажа, на шахте им. Героев космоса была внедрена технология механизированного торкретирования стыков железобетонной затяжки с помощью установки АС-1 [1]. Внедрение этой технологии позволило свести к минимуму ручной труд и до 90–120 м/сут увеличить скорость ведения тампонажных работ без отставания от проходки выработки. Все операции по тампонажу производило звено из трех горнорабочих в ремонтно-подготовительную смену. В целях повышения устойчивости пород кровли до проведения тампонажа в зоне расположения проходческого оборудования (интенсивных деформаций приконтурного массива) в забое предусмотрена установка анкеров (рис. 1).

Однако, несмотря на полученные хорошие результаты от применения рассмотренной технологии, следует отметить ее существенный недостаток.

Заполнение закрепного пространства твердеющими составами и укрепление массива пород производится за пределами технологического комплекса, т. е. на расстоянии 40–50 м от забоя. Как показывают результаты исследований, выполненных на шахтах Западного Донбасса [2], на этом этапе вокруг выработки уже сформировалась значительная зона расслоив-

шихся пород, создающих нагрузку на крепь и вызывающих деформации ее элементов. В случае, когда выработка пересекает зоны геологических нарушений, области под- или надработки, возникает вероятность обрушения пород кровли, интенсифицируются процессы деформирования боковых пород, в том числе и пучение подошвы.

Технология заполнения закрепного пространства выработок твердеющими смесями пневматическим способом. Чтобы сохранить прочность приконтурных пород, снизить сдвига на начальных стадиях пластических деформаций и максимально быстро создать систему крепь–массив, целесообразно закрепное пространство заполнять непосредственно в забое выработки способом торкретирования (набрызг-бетонирования). Твердеющий материал посредством торкрет-струи или иным способом поступает в закрепное пространство [3].

За крепь материал подается радиальным или осевым способом [4]. *Радиальным способом* слой твердеющего материала можно подавать через специальную затяжку с крупными ячейками, позволяющую производить работы как в забое, так и на некотором удобном от него расстоянии. Этот процесс выполняют за одну рабочую операцию при небольшом зазоре между крепью и породой, и целесообразнее его применять в выработках с комбайновой проходкой. Общее требование к материалам для закрепного пространства – интенсивный рост прочности, способствующий быстрому вступлению в работу крепей.

В конце 1970-х годов в институте «Днепрогипрошахт» был разработан быстротвердеющий состав на основе природного ангидрита, названный впоследствии торкрет-ангидритом.

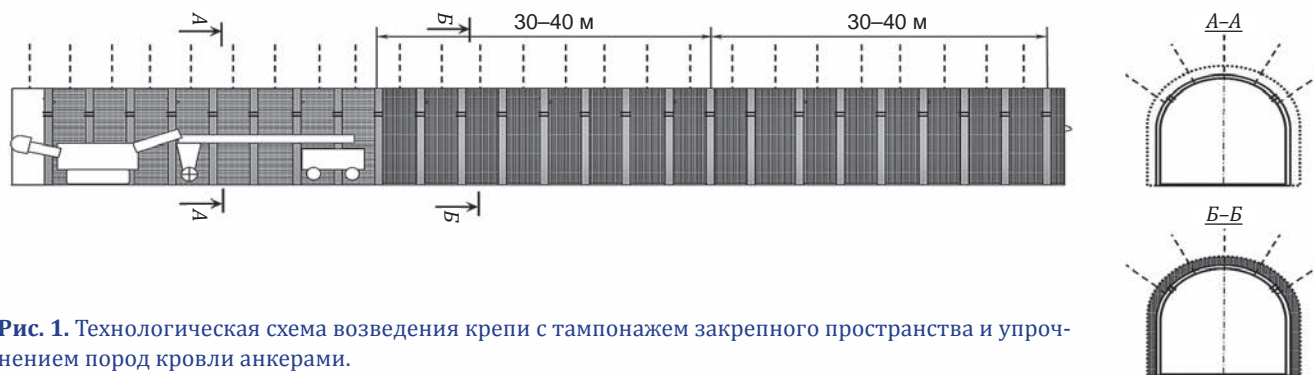


Рис. 1. Технологическая схема возведения крепи с тампонажем закрепного пространства и упрочнением пород кровли анкерами.

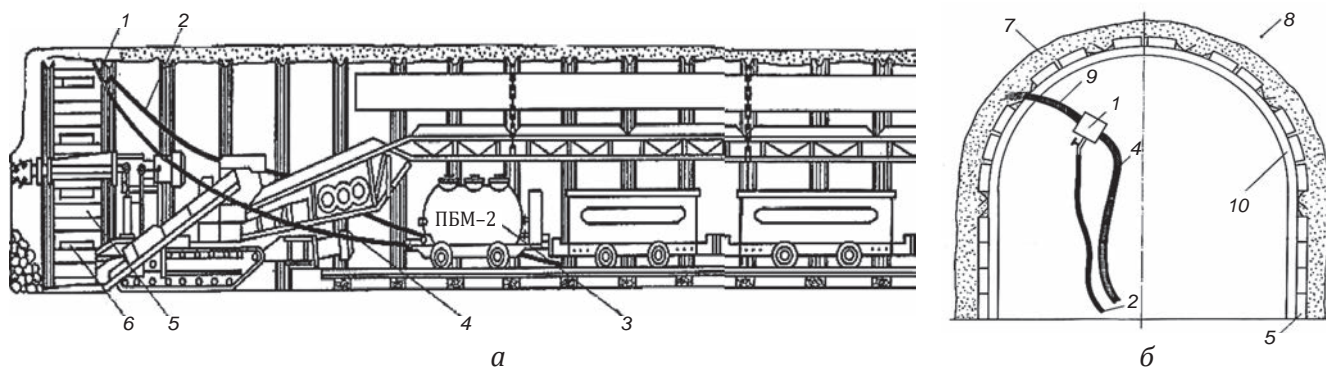


Рис. 2. Технология заполнения закрепного пространства торкрет-ангидритом: *а* – схема расположения технологического оборудования; *б* – порядок заполнения закрепного пространства твердеющей смесью; 1 – узел затворения (смачивания); 2 – рукав подачи жидкости в узел затворения; 3 – пневмозакладочная машина ПБМ-2; 4 – рукав подачи сухой смеси торкрет-гипсоангидрита; 5 – железобетонная затяжка; 6 – специальная затяжка листовая металлическая; 7 – закрепное пространство; 8 – породный массив; 9 – сопловой наконечник; 10 – арочная крепь.

Это зернистая масса природного ангидрита, прошедшая термическую обработку, с добавками до 1,5 % сульфатов натрия и железа, а также алюмокалиевых квасцов. В 1976–1977 гг. научные сотрудники института с использованием торкрет-ангидрита провели шахтные испытания возведения охранной околострековой полосы (шахта «Днепровская») и заполнения закрепного пространства (шахта «Западно-Донбасская»). Испытания показали техническую и экономическую целесообразность производства торкрет-ангидрита.

Схема заполнения закрепного пространства радиальным способом приведена на рис. 2. В соответствии со схемой, транспортируемый сжатым воздухом сухой твердеющий материал

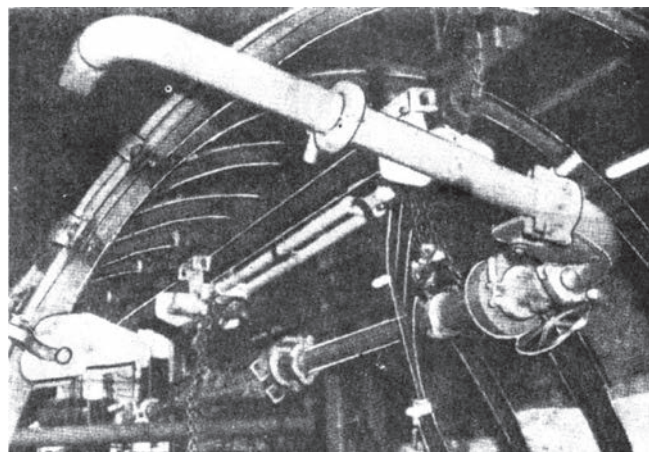


Рис. 3. Подача материала в закрепное пространство осевым способом.

смачивается в устройстве для затворения материала и через выходное сопло и специальные «окна» в крепи последовательно от подошвы к кровле с двух сторон выработки подается в закрепное пространство. «Окна» для подачи материала формируют специальными затяжками из листового железа (устанавливают «вразбежку» между тремя-четырьмя обычными железобетонными), которые обеспечивают полный доступ к закрепному пространству.

В целях выполнения работ быстротвердеющими растворами технологическая схема предусматривает приготовление раствора торкрет-ангидрита на последнем этапе, т. е. непосредственно перед закладкой в закрепное пространство.

Осевой способ подачи твердеющих материалов в закрепное пространство выполняется в осевом направлении со стороны забоя выработки после каждого цикла проходки (рис. 3). Способ позволяет практически совмещать проходку с заполнением закрепного пространства, а при использовании быстротвердеющих материалов максимально быстро включить в работу крепь. Однако указанный способ подачи требует строгой временной увязки с проходческим циклом, что возможно только при надежном и высокопроизводительном пневмозакладочном оборудовании, отлаженных операциях по снабжению и доставке материала. В противном случае это скажется либо на темпах проходки, либо на качестве заполнения закрепного пространства.

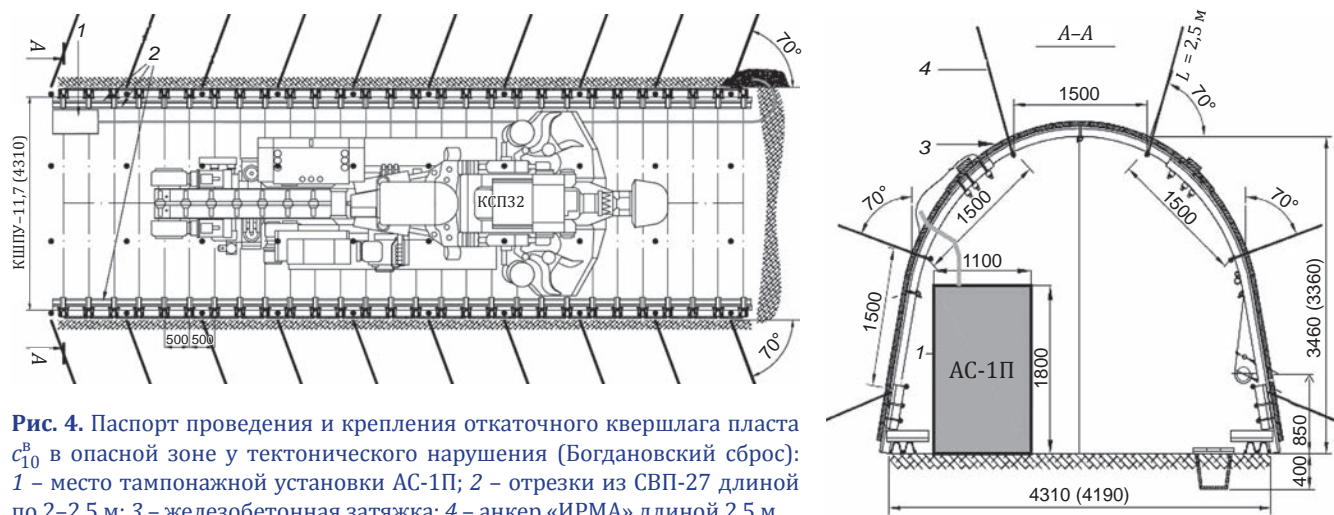


Рис. 4. Паспорт проведения и крепления откаточного квершлага пласта c_{10}^B в опасной зоне у тектонического нарушения (Богдановский сброс): 1 – место тампонажной установки АС-1П; 2 – отрезки из СВП-27 длиной по 2–2,5 м; 3 – железобетонная затяжка; 4 – анкер «ИРМА» длиной 2,5 м.

Кроме того, проведение работ по указанной технологии связано с установкой вблизи проходческого забоя пневмозакладочного оборудования, которое вместе с проходческим загромождает призабойную зону выработки, затрудняя проведение работ, особенно при комбайновой проходке.

В 2015 г. на шахте «Самарская» (ПСП «Шахтоуправление «Терновское») во время сооружения капитальной выработки был внедрен один из вариантов описанной технологии.

Для подготовки пласта c_{10}^B к отработке с горизонта 300 м шахты «Самарская» проводили откаточный квершлаг, пересекающий зону Богданов-

ского сброса. Планируемый срок эксплуатации квершлага составляет 15 лет. Поддержание выработки будет осуществляться в опасной зоне, пересекаемой сбросом, что связано с риском потери устойчивости квершлага и большими затратами на ремонт.

Квершлаг проходили комбайновым способом, крепление производили рамно-анкерной крепью с использованием металлической податливой крепи КШПУ-11,7 и анкеров (рис. 4). Шаг установки рам крепи и анкерного ряда варьировали по мере подхода к сбросу от 0,8 до 0,5 м.

На участке выработки с ПК 160 м по ПК 167 м устанавливали крепь КШПУ-11,7 с железобетон-



а



б

Рис. 5. Торкрет-смесь «Текхард», уложенная за крепь: *а* – в боках; *б* – в кровле.

ной затяжкой, девять сталеполимерных анкеров $L = 2,4$ м в кровлю и два анкера $L = 1,5$ м в подошву. Шаг установки рам крепи – 0,5 м, анкеров – 1 м. Для усиления арочной крепи на участке выработки с ПК 159 м по ПК 170 м в целях уменьшения ее давления на подошву у бортов вплотную к стойкам рам укладывали на подошву опорные балки из двух рядов отрезков СВП-27. Опирали стоек крепи на эти балки осуществлялось с помощью упоров из отрезков СВП, сваренных друг с другом в виде «сапожка». Породы приконтурного массива укрепляли закачкой полимерного состава MasterRoc через шесть инъекционных анкеров типа «ИРМА».

Для обеспечения работы рам крепи в рабочем режиме сопротивления нагрузке пространство между крепью и породой заполняли твердеющей смесью «Текхард-Т» в режиме торкретирования со стороны забоя с использованием торкрет-машины АС-1П. Для максимального снижения расхода смеси выемку породы комбайном производили с минимальными переборами. Первоначальный шаг заходки торкретирования составлял 2 м, но учитывая, что ширина пространства для укладки смеси за рамой всего 0–10 см (рис. 5), шаг тампонирующего был уменьшен до 1 м. Это позволило более качественно заполнять закрепное пространство между крепью и породным массивом и обеспечивать лучшее проникновение смеси по глубине объема торкретирования. При этом средний расход сухой смеси составил 1,9 т/м.

Рассмотренные технологии заполнения закрепного пространства можно существенно усовершенствовать, что будет дополнительно способствовать ресурсосбережению, снижению трудоемкости работ, а также уменьшению затрат на транспортирование крепежных материалов.

В использовании этого способа возможно замять:

железобетонную затяжку, выполняющую роль опалубки, – профнастилом или, в комбинации с металлической сетчатой затяжкой, – рулонными материалами (например, стекловолокнистым полотном, конструкционной тканью из стеклянных нитей и т. п.);

торкрет-смесь «Текхард-Т» – измельченной породой, получаемой на подземном дробильном комплексе, испытания которого успешно прошли на шахте им. Героев космоса.

При достаточно плотной укладке подаваемой породной смеси можно отказаться от цемента, поскольку основной эффект для повышения устойчивости выработки будет достигнут в результате своевременного и полного заполнения закрепного пространства.

Выводы. Рассмотренный способ торкрет-тампошажа – достаточно технологичен, его можно применять в сложных геомеханических условиях поддержания капитальных выработок. Данная технология заполнения закрепного пространства позволяет сохранить высокую прочность приконтурного массива пород, стабилизировать сдвиги пород на начальных стадиях деформаций и максимально быстро создать взаимодействующую систему крепь выработки–массив. За счет этого повышается устойчивость выработки и снижаются затраты на ее последующее поддержание. Недостаток способа – более сложная организация работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коробченко В. В. О повышении устойчивости капитальных горных выработок шахт Западного Донбасса / В. В. Коробченко, А. В. Солодянкин, М. А. Выгодин, А. З. Прокудин // Уголь Украины. – 2015. – № 12. – С. 23–30.
2. Выгодин М. А. Обоснование параметров армопородных грузонесущих конструкций на базе рамно-анкерных крепей и технология их сооружения в выработках шахт Западного Донбасса / Михаил Александрович Выгодин: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.04. – Днепропетровск, 1990. – 215 с.
3. Шашенко А. Н. Технология заполнения закрепного пространства торкрет-ангидритом для капитальных выработок шахт Западного Донбасса / А. Н. Шашенко, А. В. Солодянкин, М. А. Поздняков, В. И. Пилюгин // Форум гірників-2012: матеріали міжнар. конф. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2012. – С. 94–98.
4. Гетце В. Требования к совершенствованию технологии возведения околострековых полос и заполнения закрепного пространства / В. Гетце // Глюкауф. – 1980. – № 19. – С. 17–22.