

УДК 622.27

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ВЫРАБОТОК
НА АРТЕМЬЕВСКОЙ ШАХТЕ ТОО “ВОСТОКЦВЕТМЕТ”

Л. А. Крупник¹, Ю. Н. Шапошник², Д. А. Шокарев³,
С. Н. Шапошник⁴, А. И. Конури²

¹Казахский национальный технический университет,
ул. Сатпаева, 22, 050013, г. Алматы, Казахстан

²Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: shaposhnikyury@mail.ru,
Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия

³ТОО “Expert PRO”, ул. А. Протозанова, 47, 070004, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

⁴Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
ул. Серикбаева, 19, 070000, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Рассмотрено состояние горных работ на Артемьевской шахте и дано описание применяемым и рекомендуемым видам крепления горных выработок. Для неустойчивых пород обоснована возможность замены тяжелого и трудоемкого в установке металлического рамного крепления на более дешевый и менее трудоемкий (без снижения несущей способности крепей) армированный торкрет-бетон с армокаркасами. Представлены варианты размещения завода по производству торкрет-бетона и проведены расчеты экономической эффективности предлагаемой технологии “мокрого” торкрет-бетона для условий Артемьевской шахты.

Устойчивость горных пород, крепи горных выработок, металлическая рамная крепь, усиленная комбинированная крепь с армокаркасами

DOI: 10.15372/FTPRPI20170614

В настоящее время Артемьевской шахтой ТОО “Востокцветмет” и подрядными организациями осуществляется вскрытие и подготовка запасов второй очереди Артемьевского месторождения полиметаллов (Промежуточная, Восточная, Юго-Восточная, Западная и Центральная залежи): балансовые запасы — 14267 тыс. т, глубина залегания — 600–1000 м, мощность рудных залежей — 0.3–29 м, угол падения — 0–59°.

Месторождение подготавливается выработками вентиляционно-закладочного, рудного и транспортного горизонтов. Небольшой угол падения и средняя мощность рудного тела позволили отказаться от традиционной схемы погоризонтной подготовки и отработки месторождения. Использование комплекса самоходного оборудования на всех технологических процессах обеспечивает проведение и эксплуатацию выработок с подъемом до 10–15°, поэтому принята схема подготовки шахтного поля одним рабочим горизонтом по всей площади залегания. Вентиляционно-закладочный горизонт располагается над рудной залежью на 20–40 м. Доставочные штреки рудного горизонта пройдены по падению основной залежи.

Применяемые виды крепления горных выработок: сталеполимерное анкерное крепление (СПАК) длиной 2.2 м; металлическая рамная крепь СВП-22; торкрет-бетон толщиной 3–9 см (в зависимости от категории устойчивости пород). Используется также комбинированное крепление (анкеры, сетки и торкрет-бетон). Применяемое оборудование для торкретирования — БМ-86 и Aliva-237.

Сложившаяся горнотехническая ситуация на шахте и дальнейшее накопление пустот способствуют ухудшению геомеханического состояния массива горных пород, провоцируют проявление горного давления в статической и динамической формах, что в свою очередь может привести к разрушению пройденных и необходимых для дальнейшей работы выработок [1]. Ухудшение горно-геологических и горнотехнических условий в связи с переходом горных работ на нижние горизонты при отработке второй очереди месторождения обусловило повышение удельного веса тяжелых рамных крепей. Однако рамное крепление при неустойчивых вмещающих породах и повышенном напряженно-деформированном состоянии массива вмещающих пород на нижних горизонтах не гарантирует сохранности горных выработок даже при установке двойных рам, но ухудшает условия проветривания и передвижения самоходного оборудования из-за уменьшения сечения горных выработок в свету. Кроме того, установка тяжелых рамных крепей в шахтных условиях весьма трудоемка и небезопасна. Выход из сложившейся ситуации — это переход от тяжелых и трудоемких в установке металлических рамных крепей к более дешевому и легковозводимому (без снижения несущей способности крепей) армированному торкрет-бетону с армокаркасами. Замена металлических рамных крепей на усиленные комбинированные крепи с толщиной торкрет-бетона 12–15 см приведет к резкому увеличению объемов таких работ (рис. 1).

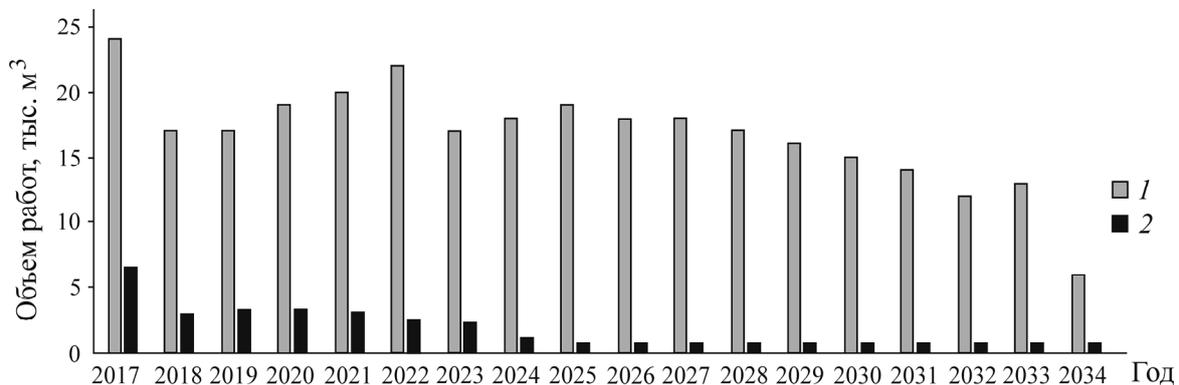


Рис. 1. Изменение годовых объемов торкрет-бетонных работ на Артемьевской шахте: 1 — при замене рамных крепей на комбинированные крепи с торкрет-бетоном; 2 — при существующей технологии крепления горных выработок

Достичь необходимых объемов торкрет-бетонных работ возможно при использовании “мокрого” метода торкретирования, имеющего ряд преимуществ перед “сухим” методом:

- снижение отскока торкрет-бетонной смеси от бортов выработки и вследствие этого потерь в 2 раза и более;
- увеличение производительности торкрет-работ;
- значительное улучшение условий труда рабочих благодаря снижению пылеобразования;
- повышение качества нанесенного торкрет-бетона за счет постоянства водоцементного соотношения.

Для практической реализации “мокрого” метода торкретирования в заданных объемах необходимо строительство завода по приготовлению смесей высокого качества, приобретение самоходного оборудования для доставки и нанесения торкрет-бетона на закрепляемые поверх-

ности горных выработок. От места расположения завода зависит состав торкрет-бетонных смесей, в частности удельный расход добавок пластификатора и ускорителя схватывания, удельные затраты на которые весьма высоки (рис. 2).

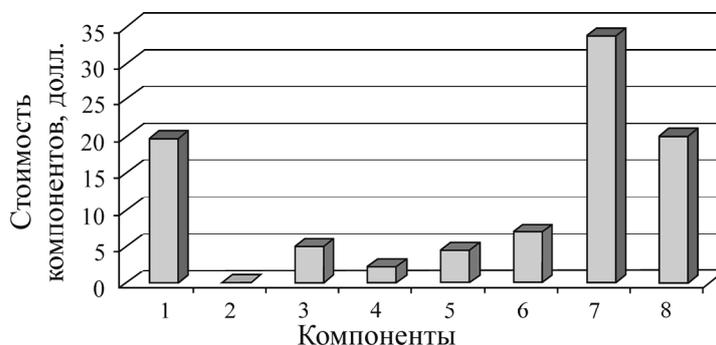


Рис. 2. Удельный расход компонентов торкрет-бетонной смеси: 1 — цемент производства ТОО «Бухтарминская цементная компания»; 2 — вода; 3 — песок; 4 — щебень; 5 — пластификатор TamCem 60; 6 — пластификатор Glenium® T 803; 7 — ускоритель схватывания TamShat 80 AF; 8 — ускоритель схватывания MasterRoc SA 160/167

ОБОСНОВАНИЕ ТОРКРЕТ-БЕТОННОГО КРЕПЛЕНИЯ

На основе данных шахтных исследований [2] разработана классификация горных пород и руд по Q -рейтингу для литологических доменов месторождения (таблица). Классификация включает 9 категорий [3–5], что позволяет более гибко выбирать тип крепи горных выработок (в отличие от 5 категорий устойчивости горных пород по действующим правилам технической эксплуатации (ПТЭ) [6]).

Интервалы Q -рейтингов относительно описаний горного массива

Категория по Q -рейтингу	Q -рейтинг	Описание горного массива	Категория по ПТЭ	Степень устойчивости
IX	0.01–0.001	Исключительно слабый	V	Весьма неустойчивый
VIII	0.01–0.1	Крайне слабый		
VII	0.1–1.0	Очень слабый		
VI	1–4	Слабый	IV	Неустойчивый
V	4–10	Средний	III	Средней устойчивости
IV	10–40	Крепкий	II	Устойчивый
III	40–100	Очень крепкий	I	Весьма устойчивый
II	100–400	Чрезвычайно крепкий		
I	400–1000	Исключительно крепкий		

В результате проведенных исследований, натурных измерений, выполненных расчетов и в соответствии с условиями отработки месторождения перечень рекомендуемых по действующим правилам [7, 8] креплений дополнен следующими типами (в зависимости от пролета выработки и коэффициента условий отработки ESR): набрызг-бетон (I–VI категории по Q -рейтингу); анкерование в отдельных местах (I–VI категории); систематическое анкерование набрызг-бетоном с фиброволокном (IV–VIII категории); систематическое анкерование двухуровневыми анкерами с тросовым креплением набрызг-бетоном с фиброволокном (VI–VIII категории); систематическое анкерование набрызг-бетоном с фиброволокном 12–15 см и армокаркасами (VII–IX категории). Коэффициент условий выемки ESR характеризует тип выработки, время ее существования (срок службы) и форму сечения.

Согласно табличным данным, для пород с категорией устойчивости по ПТЭ IV – V имеется возможность заменить металлическое рамное крепление на усиленное комбинированное (УКК), что позволит существенно снизить затраты при сохранении безопасных условий труда без снижения несущей способности крепей горных выработок. В неустойчивых породах (IV категория) для условий месторождения рекомендуется конструкция комбинированной крепи, включающая анкерное крепление и торкрет-бетон в сочетании с армирующими элементами (металлическая сетка). Металлическая сетка до момента нанесения торкрет-бетонного слоя предотвращает опасность вывалов, а после его нанесения служит в качестве армирующего элемента, повышающего прочность бетона на растяжение.

На подземных рудниках ТОО “Казцинк” имеется большой опыт использования фрикционных анкерных крепей [9, 10]. Анкерные крепи также широко применяются при креплении горных выработок на российских рудниках [11 – 13]. В состав крепи входят фрикционный самозакрепляющийся анкер длиной 2050 мм со стандартной опорной плитой 200×200 мм и армокаркасы размером 950×950 мм (рис. 3) [14, 15]. Технология крепления состоит из следующих этапов: в забое по периметру кровли и бортов выработки бурятся шпуров глубиной 2,2 м, в которые устанавливаются анкеры с армокаркасами при помощи буровой каретки и специальных устройств (люнет, пуансон); после подвигания забоя на 10–15 м наносится слой набрызг-бетона толщиной 5–8 см и доводится до общей толщины 12–15 см.

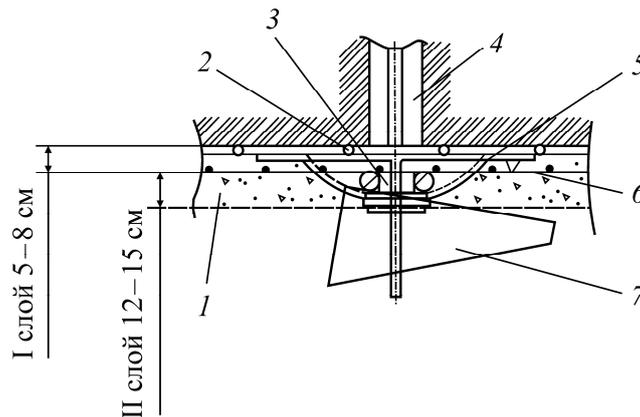


Рис. 3. Конструкция комбинированной крепи: 1 — торкрет-бетон; 2 — армокаркас; 3 — арматурный фиксатор; 4 — самозакрепляющиеся анкеры (СЗА); 5 — опорная плита СЗА–УКК; 6 — сетка УКК; 7 — клин

В весьма неустойчивых породах (V категория) после проведения взрывных работ и отгрузки горной массы рекомендовано по периметру выработки вновь образованной уходки наносить покрывающий защитный слой торкрет-бетона толщиной 1–3 см.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Ввиду того, что метод “мокрого” торкретирования на Артемьевской шахте пока еще не нашел практического применения, при установке комбинированных крепей использовался “сухой” метод на основе смесей MasterRoc STS 1510 производства компании BASF (Германия).

Определение прочности торкрет-бетона на одноосное сжатие проводилось на образцах кубической формы с размером ребра $70 \times 70 \times 70$ мм. Нагружение образцов выполнялось непрерывно с постоянной скоростью нарастания нагрузки до его разрушения. При этом время нагружения образца до его разрушения было не менее 30 с. Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принималось за разрушающую нагрузку. Предел прочности при сжа-

тии $R_{сж}$ (МПа) образца вычислялся по формуле $R_{сж} = a(P/S)$, где P — наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН; S — площадь поперечного сечения образца, m^2 ; a — поправочный коэффициент для образцов, равный 0.85. Зависимости прочности торкрет-бетона при сжатии от времени его твердения приведены на рис. 4.

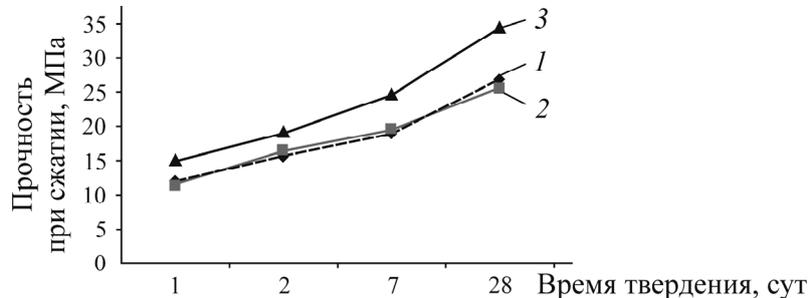


Рис. 4. Зависимость прочности торкрет-бетона при сжатии от времени его твердения при содержании сухой смеси и затворителя, $кг/м^3$: 1 — 1775 и 355; 2 — 1778 и 356; 3 — 2005 и 341

В испытаниях на изгиб образец-балочка устанавливалась в испытательную машину и нагружалась до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки (0.05 ± 0.01) МПа/с. Предел прочности при изгибе $R_{изг}$ (МПа) отдельного образца-балочки вычислялся по формуле $R_{изг} = 1.5Fl/b^3$ (F — разрушающая нагрузка, Н (по показаниям прессы); $l = 100$ мм — расстояние между осями опор; $b = 40$ мм — размер сторон квадратного сечения образца-балочки). Достигнут предел прочности при сжатии 34.4 МПа, что соответствует бетону В25 и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к торкрет-бетонам [16]. Испытания на несущую способность установленных анкеров проводились с использованием штанговывергивателя ПКА-3. При этом зафиксирована несущая способность 9.8–10.0 т, что отвечает заявленной несущей способности крепи. Расстояние между анкерами в ряду и рядами составило 0.8 м. Толщина торкрет-бетонного слоя 15–20 см.

Анализ зависимости предела прочности при сжатии от цементно-водного отношения (Ц/В) показал, что прочностные показатели торкрет-бетона класса В25 (32.7 МПа) достигаются при Ц/В = 2.2 или при водно-твердом отношении (В/Т), равном 0.17. Для получения класса В22.5 (29.4 МПа) необходимо Ц/В, равное 2.0, или В/Т = 0.19.

По результатам испытания адгезии торкрет-бетонного слоя с породой получены следующие значения прочности: через 30 мин — 0.87 МПа; через 1 ч — 1.21 МПа; через 3 ч — 1.73 МПа. Согласно [16], во всех случаях применения торкрет-бетонной крепи должно обеспечиваться сцепление с породой не менее сопротивления самой породы на растяжение “в куске” для слабых и сильнотрещиноватых пород и не менее 0.5 МПа для крепких скальных. При использовании сухой смеси требуемая адгезия достигается менее чем за 30 мин.

ВЫБОР МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТОРКРЕТ-БЕТОНА ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

С учетом годовых объемов торкрет-бетонных работ и режима предприятия техническая производительность завода по производству торкрет-бетонных смесей составляет не более $20 м^3/ч$. Рассмотрим возможные варианты размещения завода на Артемьевской шахте.

Вариант 1. Бетоносмесительный узел (БСУ) расположен в районе бетонозакладочных комплексов БЗК-1 и БЗК-2. Такое расположение завода позволяет иметь в непосредственной близости от БСУ поверхностные закрытые склады инертного материала, силосы вяжущего, а также

использовать имеющиеся автомобильные подъездные дороги. Доставка торкрет-бетонной смеси с БСУ в шахту осуществляется самоходными миксерами. При использовании миксера вместимостью 3.5 м^3 при плотности смеси 2.0 т/м^3 , торкрет-установки производительностью $4-30 \text{ м}^3/\text{ч}$, расстоянии транспортирования торкрет-бетона от БСУ до мест ведения работ по креплению выработок в районе второй очереди месторождения — 7190 м , полное время рейса миксера составит 89 мин [17].

Выполненные расчеты [18] показали, что при торкретировании выработок в районе второй очереди месторождения возможная производительность дизельного самоходного миксера составит $2.36 \text{ м}^3/\text{ч}$ при необходимой максимальной производительности БСУ — $1.9 \text{ м}^3/\text{ч}$. Минимальная производительность выпускаемых промышленностью БСУ равна $15 \text{ м}^3/\text{ч}$, что не дает возможности обеспечивать полную их загрузку. К существенным недостаткам варианта следует отнести также повышенную нагрузку на транспорт в шахте и дополнительные затраты на вентиляцию.

Вариант 2. БСУ расположен в районе второй очереди месторождения. Доставка торкрет-бетонной смеси с БСУ в шахту в самотечном режиме проводится по вертикальному стволу трубопровода глубиной 575 м , для чего с поверхности бурятся две скважины (рабочая и резервная) с обсадкой на отметку -251.5 м . Скважины с поверхности могут быть обураны с помощью станков Rhino фирмы Sandvik (Швеция) или Robbins фирмы Atlas Copco (Швеция). В Восточном Казахстане уже имеется опыт бурения вентиляционных шурфов глубиной 250 м и диаметром 3.13 м станком Rhino 1298 DC на Малеевском руднике Зыряновского ГОКа и Rhino 1200 и 400 на Тишинском руднике Риддерского ГОКа ТОО “Казцинк”. Бурение трех шурфов диаметром 3.1 м станком Rhino запланировано при вскрытии Долинного и Обручевского месторождений на Риддерском ГОКе (скорость проходки шурфов бурением принята: пилотной скважины — 300 м в месяц, расширение — 160 м в месяц) [19].

Длина транспортирования торкрет-бетонной смеси от подземного БСУ на отметке -251.5 м до мест ведения работ по креплению выработок в районе второй очереди месторождения — 2520 м . Полное время рейса миксера — 51 мин . Возможная производительность миксера составляет $4.12 \text{ м}^3/\text{ч}$ при необходимой максимальной производительности БСУ — $1.9 \text{ м}^3/\text{ч}$.

К существенным недостаткам данного варианта следует отнести изрезанный рельеф местности в районе строительства БСУ, отсутствие расположенных рядом складов инертного и вяжущего, подъездных дорог и линий электропередач.

Вариант 3. БСУ размещен в шахте на отметке -251.5 м . Предполагается использование подземной мобильной установки производства компании Normet производительностью $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ на стойках или на прицепе для установки в камере малого сечения $16-25 \text{ м}^2$ со складом цемента в мешках биг-бэг. Инертные материалы и цемент доставляются по стволу шахты “Камышинская” или по транспортному уклону самоходным оборудованием. Цемент в мешках биг-бэг по $1.0-1.5 \text{ т}$, ускоритель схватывания и пластификатор перепускаются в шахту по транспортному уклону самоходным вспомогательным оборудованием.

Рассмотренные варианты расположения БСУ имеют свои достоинства и недостатки. Предпочтение отдается варианту с размещенным БСУ в шахте (на 10-м горизонте в районе склада инертных материалов на отметке -251.5 м).

Капитальные затраты на приобретение основного технологического оборудования следующие: мобильный БСУ с конвейерной выдачей бетона — 95 тыс. евро ; миксер для доставки бетона Unimes MF500 Transmixer — 270 тыс. евро ; самоходная машина для набрызг-бетонирования с компрессором Spraymes MF050VC — 450 тыс. евро .

Сметная стоимость строительства объектов определена по объемам работ, расцененным по сметам объектов-аналогов и пересчитана в текущие цены с учетом следующих видов работ: проходка и крепление выработок под подземный БСУ; монтаж основных узлов и агрегатов БСУ; дополнительные первоначальные затраты на строительство [20, 21]. Суммарные капитальные затраты на строительство БСУ, приобретение оборудования и разработку рабочей документации проекта составят 2735 тыс. долл.

Анализ проведенных расчетов экономической эффективности сравниваемых вариантов технологий крепления на основании анализа дисконтированных чистых потоков реальных денег (Net Present Value — NPV) показал, что для Артемьевской шахты при объемах рамного крепления на 2017–2034 гг., равных 80 % от объемов проходки горизонтальных горно-капитальных и подготовительных выработок, значение условного NPV (без учета реализации продукции, принимая доход равным нулю), при ставке дисконта 0.3 будет отрицательным и составит: по существующей технологии в 2034 г. — 23 127 тыс. долл., по предлагаемой — 21 107 тыс. долл., что свидетельствует об эффективности технологии “мокрого” торкрет-бетона.

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ УСИЛЕННОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ КРЕПИ

В рамках опытно-промышленных испытаний усиленной комбинированной крепью взамен рамной металлической крепи были закреплены два участка в выработках доставочного штрека № 6 и закладочного штрека на отметке +184 м, пройденных в породах IV категории устойчивости. В качестве фрикционного анкерного крепления использовались самозакрепляющиеся анкеры производства ООО “УралЭнергоРесурс”, в качестве торкрет-бетона — сухая смесь MasterRoc STS 1510 производства компании BASF.

На участке доставочного штрека № 6 длиной 18 п. м. установлено 178 комплектов СЗА, израсходовано 38 т торкрет-бетонной смеси. На опытном участке закладочного штрека на отметке +184 м израсходовано 314 комплектов СЗА и 80 т торкрет-бетонной смеси. В породах неустойчивой (IV) и весьма неустойчивой (V) категорий, подверженных интенсивному изменению прочностных свойств и потере устойчивости в результате воздействия шахтной атмосферы, после производства взрывных работ и отгрузки горной массы предварительно наносился покрывающий защитный слой торкрет-бетона толщиной 1–3 см. Величина отскока торкрет-бетона на основе сухой смеси MasterRoc STS 1510 составила 5 %.

Результаты испытаний технологии крепления подземных горных выработок усиленной комбинированной крепью по итогам 40 сут стояния закрепленных участков показали, что данная крепь способна обеспечить устойчивость пород по контурам строящихся выработок и предотвратить опасность вывалов горной массы и образование “куполов” в кровле и бортах выработки.

При достижении нормируемых показателей качества УКК отмечены частичные недостатки при практической реализации данной технологии крепления выработок. При осмотре участка доставочного штрека № 6, закрепленного усиленной комбинированной крепью, обнаружено механическое разрушение ковшом погрузочно-доставочной машины слоя торкрет-бетонной крепи у почвы при зачистке “плинтусов”. Имелись две трещины в кровле, предположительно от воздействия буровзрывных работ. Развитие динамики трещинообразования не наблюдалось. Рекомендовано устранить выявленные недостатки путем частичной разборки торкрет-бетонного слоя и нанесения нового до проектной толщины.

На участке закладочного штрека на отметке +184 м допущено отставание торкрет-бетонного слоя от забоя более 11 м, имелись места обнажения армокаркасов в кровле выработки. Сечение выработки в проходке было не выдержано, высота завышена, что явилось следст-

вием значительного временного отставания (3 сут) работ по креплению после выполнения буровзрывных работ. В результате породы от воздействия шахтной атмосферы потеряли свою устойчивость и обрушились в процессе бурения шпуров под анкеры. Для ликвидации аварийной ситуации проведена установка фрикционной анкерной крепи с армокаркасами, в дополнение к торкрет-бетонированию обнаженной части забоя осуществлено торкретирование поверхности армокаркасов до полного их замоноличивания (до проектной толщины 15 см).

Отмеченные недостатки при внедрении УКК объясняются перебоями в поставках материалов крепи и низкой культурой производства персонала шахты. Установленная на участках горных выработок, пройденных в породах IV категории устойчивости, УКК обеспечила сохранность выработок и не допустила разрушения пород по контурам выработок. В 2018 г. Артемьевская шахта ТОО “Востокцветмет” приобретает необходимое оборудование для перехода на технологию “мокрого” торкретирования выработок и крепления выработок УКК, включающее фрикционное анкерное крепление и торкрет-бетоном в сочетании с армирующими элементами.

ВЫВОДЫ

Усиленная комбинированная крепь с армокаркасами способна обеспечить устойчивость пород по контурам строящихся выработок и предотвратить опасность вывалов частей пород в кровле и бортах выработки, даже при отставании торкрет-бетонного слоя крепи от забоя. Установлено, что не всегда обеспечивается качество возведения крепи, в том числе торкрет-бетонного слоя (не соблюдается запланированный график возведения крепи, не выполняется полное прилегание опорной плиты и армокаркаса к закрепляемым породам; отмечена низкая прочность (адгезия) торкрет-бетона по “холодным” швам, а также трещинообразование в приконтактной к выработке зоне).

Основные причины потери качества — несоответствующее регулирование в процессе нанесения водотвердого отношения и, как следствие, наличие повышенной запыленности и увеличенный отскок материала; формирование “холодного” шва между слоями вследствие некачественной подготовки поверхности, а также высокой запыленности; большая толщина торкрет-бетонного слоя (до 15–20 см) с образованием холодных швов либо не имеющая армировки; в случае нанесения торкрет-бетона на армокаркасы армированной остается часть на контакте с породой (толщиной 5–10 см), последующие слои имеют меньшую прочность из-за отсутствия армирующих элементов.

При сравнении способов крепления выработок на Артемьевской шахте установлено, что применение крепи на основе фрикционных анкеров взамен сталеполимерных анкеров в соответствующих категориях устойчивости пород позволяет снизить себестоимость крепления 1 п. м выработки с 5 до 15 %. В сравнении с металлической рамной крепью использование усиленной комбинированной крепи увеличивает экономию по затратам на 1 п. м. закрепляемой выработки с 3 до 8 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Оценка** устойчивости руд, пород и искусственного массива на Артемьевском руднике в зависимости от времени стояния обнажений: отчет о НИР. — Усть-Каменогорск: ВНИИцветмет, 2009. — 71 с.
2. **Разработка** “Технологического регламента (инструкции) по выбору типов, параметров крепи и технологии их возведения на Артемьевском месторождении”: отчет о НИР. — Караганда: ТОО “Mining Research Group”, 2015. — 99 с.
3. **Зенько Д. К., Узбекова А. Р.** Основные факторы, влияющие на устойчивость массивов в критериях Бенявского (RMR) и Бартона (Q) // ГИАБ. — 2004. — № 6. — С. 273–275.

4. **Губинский Н. О.** Определение рейтинга массива горных пород по геомеханической классификации Д. Лобшира для условий алмазного месторождения // Вестн. МГТУ. — 2009. — Т. 12. — № 9. — С. 694–701.
5. **Кузьмин Е. В., Узбекова А. Р.** Рейтинговые классификации массивов скальных пород: предпосылки создания, развитие и область применения // ГИАБ. — 2004. — № 4. — С. 201–202.
6. **Правила** технической эксплуатации рудников, приисков и шахт, разрабатывающих месторождения цветных редких и драгоценных металлов. — М.: Недра, 1981. — 109 с.
7. **Стандарт** организации. СТ ТОО 050140000656-01-33.1 ГУ-03-2011. Крепление горных выработок на рудниках ТОО “Корпорация Казахмыс”. Технические требования. — Алматы: ТОО “Корпорация Казахмыс”, 2011. — 39 с.
8. **Стандарт** организации. СТ ТОО 050140000656-01-33.1 ГУ-031-2011. Выбор состава торкретбетона. Технологический регламент. — Алматы: ТОО “Корпорация Казахмыс”, 2011. — 17 с.
9. **Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н., Маметьев Ю. И., Ибраев Д. С.** Опыт внедрения анкерных крепей на подземных рудниках Восточного Казахстана // Безопасность труда в пром-сти. — 2015. — № 1. — С. 22–25.
10. **Игнатъев Р. А., Игнатъев Е. Р.** Совершенствование конструкций и технологии установки инъекционной анкерной крепи // ФТПРПИ. — 2017. — № 3. — С. 96–102.
11. **Лушников В. Н., Еременко В. А., Сэнди М. П., Косырева М. А.** Выбор анкерной крепи для выработок, пройденных в шахтах, склонных к горным ударам // ФТПРПИ. — 2017. — № 3. — С. 86–95.
12. **Тапсиев А. П., Усков В. А.** Об особенностях выбора типа крепи нарезных выработок в зоне влияния очистных работ рудников Талнах // ФТПРПИ. — 2015. — № 6. — С. 151–155.
13. **Тапсиев А. П., Усков В. А.** Об основных критериях выбора типа крепи горизонтальной выработки в зоне влияния очистных работ рудника “Заполярный” // ФТПРПИ. — 2014. — № 4. — С. 78–88.
14. **Зубков А. А., Зубков А. В., Кутлубаев И. М., Латкин В. В.** Совершенствование конструкции и технологии установки крепей с фрикционным закреплением // Горн. журн. — 2016. — № 5. — С. 50–53.
15. **Зубков А. А., Латкин В. В., Неугомонов С. С., Волков П. В.** Перспективные способы крепления горных выработок на подземных рудниках // ГИАБ. Отдельные статьи (спец. вып.). — 2014. — № 10. — С. 106–117.
16. **ВСН 126-90.** Крепление выработок набрызг-бетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов: Нормы проектирования и производства работ. — М.: Минтрансстрой СССР, 1991. — 106 с.
17. **ОНТП-86.** Общесоюзные нормы технологического проектирования подземного транспорта горнодобывающих предприятий. — М.: Минуглепром СССР, 1986. — 58 с.
18. **Kroupnik L., Abdykalykova R., Śladkowski A., Shaposhnik Yu., Shaposhnik S.** Gravity pipeline transport for hardening filling mixtures, Problemy transport, 2015, Vol. 10, Issue 4. — P. 129–136.
19. **Маметьев Ю. И., Ибраев Д. С., Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н.** Технологические инновации в строительстве протяженных восстающих // Горн. журн. Казахстана. — 2014. — № 7. — С. 5–9.
20. **СН РК 8.02-02-2002.** Порядок определения сметной стоимости строительства в Республике Казахстан.
21. **СН РК 8.02-05-2002.** Сборники сметных норм и расценок на ремонтно-строительные работы (СНиР-2001).

Поступила в редакцию 17/X 2017