

DOI: 10.26730/1999-4125-2018-2-21-29

УДК 622.281

**ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ УСИЛЕННОЙ  
КОМБИНИРОВАННОЙ КРЕПЬЮ ПРИ ПРОХОДКЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК  
НА ШАХТЕ «АРТЕМЬЕВСКАЯ»**

**IMPLEMENTATION OF THE REINFORCED COMBINED BOLTING  
TECHNOLOGY DURING HEADING OF MINE WORKINGS IN THE ARTEMIEV  
MINE**

**Шокарев Денис Александрович**<sup>1</sup>,  
директор, e-mail: denshok82@mail.ru

**Denis A. Shokarev**<sup>1</sup>,  
director, e-mail: denshok82@mail.ru

**Шапошник Юрий Николаевич**<sup>2</sup>,  
ведущий научный сотрудник, e-mail: shaposhnikyury@mail.ru

**Yury N. Shaposhnik**<sup>2</sup>,  
leading researcher

**Конурич Антон Игоревич**<sup>2</sup>,  
научный сотрудник, e-mail: shaposhnikyury@mail.ru

**Anton I. Konurich**<sup>2</sup>,  
researcher

<sup>1</sup>ТОО «Expert PRO», 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. А. Протозанова, 47

<sup>1</sup>LLP "Expert PRO", 070004, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, ul. A. Protozanova, 47

<sup>2</sup>Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>N.A. Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 54 Krasny prospect, Novosibirsk, 630091, Russian Federation

**Аннотация:** *Актуальность работы.* В статье проведен анализ горно-геологических и горнотехнических условий, а также проектных решений по креплению горных выработок в сложных горно-геологических условиях и обобщение опыта крепления горных выработок в неустойчивых зонах в условиях Артемьевской шахты ТОО "Востокцветмет".

**Цель работы:** Произвести обоснование технологии крепления выработок усиленной комбинированной крепью с использованием самозакрепляющихся анкеров и торкретбетона в сложных горно-геологических условиях Артемьевской шахты. Изучить технологические особенности применения усиленных способов крепления на основе СЗА, включающих упрочняющие элементы для торкрет-бетонного слоя крепи: сварную сетку, армирующие подхваты – армокаркасы в конструкции СЗА–УКК и СЗА–Армокрепь.

**Методы исследования:** Произведены испытания установленных анкеров на несущую способность, торкретбетона – на адгезию и прочность образцов, полученных в шахтных условиях, на изгиб и сжатие. Выполнены расчеты технико-экономических показателей предлагаемых вариантов крепления.

**Результаты:** Установлены прочностные параметры комбинированной крепи на основе самозакрепляющихся анкеров (СЗА) производства ООО «УралЭнергоРесурс» и торкретбетона типа MasterRoc STS 1510 производства компании BASF, а также произведена оценка соответствия крепи требованиям стандартов и нормативно-технической документации.

**Abstract:** *The urgency of the discussed issue.* The article provides the analysis of mining and geological conditions, as well as design solutions for supporting mine workings in difficult mining and geological conditions, and the summary of the experience of supporting mine workings in unstable zones in the conditions of the Artemiev mine of Vostoksvetmet LLP.

**The main aim of the study:** Provide justification of the technology of supporting the workings with the rein-

*forced combined support using self-fastening anchors and shotcrete in the difficult mining and geological conditions of the Artemiev mine. Study the technological features of using the reinforced bolting methods on the basis of SFA, including reinforcing elements for the shotcrete layer of the support: welded mesh, reinforcing strips - reinforcing frames in such structures as SFA-UKK and SFA-Armosupport.*

**The methods used in the study:** *The bearing capacity of installed anchors, shotcrete adhesion, bending and compression strength of samples obtained in the mine conditions were tested. The calculations of technical and economic parameters of the proposed supporting options were performed.*

**The results:** *The strength parameters of the combined support on the basis of self-fastening anchors (SFA) manufactured by UralEnergResurs LLC and shotcrete type MasterRoc STS 1510 produced by BASF were determined, the conformance assessment of the support to the requirements of standards and normative and technical documentation was made.*

**Ключевые слова:** *устойчивость горных пород, крепь горных выработок, технология крепления, торкретбетон, самозакрепляющиеся анкера.*

**Key words:** *stability of rocks, support of mine workings, bolting technology, shotcrete, self-fastening anchors.*

### Введение

В настоящее время на подземных рудниках ТОО «Востокцветмет», таких как Артемьевский, Орловский и Иртышский, при проходке горных выработок в сложных горно-геологических условиях в неустойчивых вмещающих породах для крепления выработок применяют тяжелые металлические рамные крепи типа СВП-22 и СВП-27. Однако установка данных крепей в шахтных условиях весьма трудоемка и небезопасна.

В связи с ухудшением горно-геологических и горнотехнических условий разработки месторождения из-за понижения уровня горных работ при отработке второй очереди месторождения, накопленных незаложенных пустот, формированием искусственных закладочных массивов, наличием зон окисления серосодержащих руд, на Артемьевской шахте планируется увеличение объемов рамного крепления. Опыт работы Артемьевской шахты показал, что рамные крепи в раздробленном и сильнотрещиноватом массиве в полной мере не обеспечивают поддержание горных выработок в рабочем состоянии.

**Существующее состояние работ по креплению горных выработок на Артемьевской шахте**

Весь массив Артемьевского месторождения, расположенного в Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан, характеризуется значительной неоднородностью прочностных свойств

отдельных частей его объема. Неоднородность определяется, во-первых, достаточно частой сменяемостью литологических разновидностей пород в пространстве массива; во-вторых, неравномерностью появления процессов окварцевания, хлоритизации и серитизации пород, в-третьих, их неравномерной трещиноватостью [1 – 3]. В работе [4] отмечено, что из-за отставания закладочных работ на некоторых участках рудника начинается обрушение руды и налегающих пород. Оценка влияния накопившихся пустот на безопасность доработки Артемьевского месторождения дана в работе [5]. Руды относятся, в основном, к категории устойчивых. Маломощные прослои измененных пород в рудной зоне являются неустойчивыми. Породы лежачего бока на контакте с рудной зоной преимущественно относятся к категориям средней устойчивости и неустойчивым. Распределение руд и пород Артемьевского месторождения по устойчивости в рудной зоне по залежам приведено в таблице 1.

На Артемьевской шахте все горные выработки, пройденные в породах и рудах III категории устойчивости (средней устойчивости), закреплены анкерами с полимерным наполнителем по сетке 1,0 м между анкерами и 1,0 м между рядами анкеров при их длине 2,2 м. Пройденные выработки по породам и рудам IV категории устойчивости (неустойчивая) закреплены металлической арочной крепью из СВП-22 с шагом крепления 1,0 м [6].

Таблица 1. Распределение руд и пород Артемьевского месторождения по устойчивости

Залежь / массив	Камышинская			Основная			Всего по залежам		
	Распределение пород по категориям устойчивости, %								
	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV
Висячий бок	4	66	30	14	45	41	9	55	36
Руда	35	61	4	61	39	-	50	49	1
Лежачий бок	0	26	74	5	17	78	2	22	76

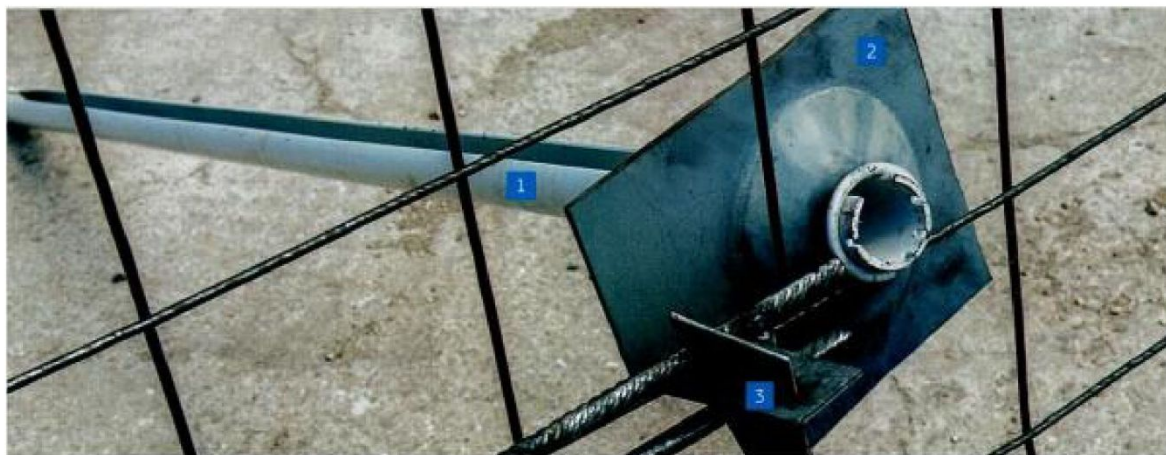


Рис. 1. Конструкция СЗА–УКК для подвешивания металлической сетки  
Fig. 1. Design of self-fastening anchors (SFA) - reinforced composite support (RCS) for hanging of metal mesh

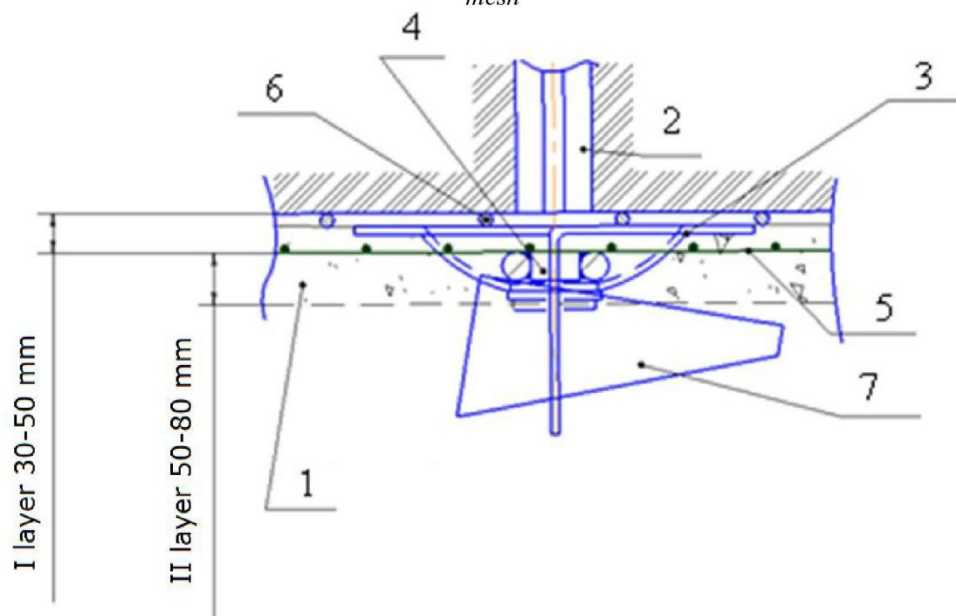


Рис. 2. Конструкция комбинированной крепи СЗА–Армокрепь–УКК: 1 – торкретбетон; 2 – СЗА; 3 – опорная плита СЗА–УКК; 4 – арматурный фиксатор; 5 – сетка УКК; 6 – армокаркас; 7 – клин  
Fig. 2. The construction of the combined support SFA-Armosupport-RCS: 1 - shotcrete; 2 - SFA; 3 - base plate SFA - RCS; 4 - reinforcement latch; 5 - RCS grid; 6 - armo-frame; 7 - wedge

Преимуществом металлической рамной податливой крепи [7] является ее высокая грузонесущая способность, за счет конструкции и формы профиля металлической рамы. Однако значительный вес секций крепи в то же время является недостатком при ее возведении, что влечет повышение затрат труда и времени. Процесс установки крепи осуществляется вручную. Кроме того, при возведении крепи не обеспечивается безопасность горных работ, так как горнорабочие в процессе возведения крепи находятся под незакрепленной кровлей горной выработки

В результате визуального осмотра выработок на Артемьевской шахте выявлено, что в неустойчивых породах, закрепленных арочной металличе-

ской податливой крепью, продолжают развиваться процессы вывалообразований в кровле [8]. В сложных горно-геологических условиях (при неустойчивых породах) при повышенном напряженно-деформируемом состоянии массива горных пород рамная металлическая крепь значительно деформируется, что приводит к аварийному состоянию горных выработок, происходит обрушение кровли выработок и образуются купола довольно больших объемов [9].

Металлические рамные крепи способны нести нагрузку от проявляющихся деформаций пород вокруг горной выработки и тем самым обеспечить относительную безопасность эксплуатации выработки. Однако время, необходимое для возведения

тяжелых видов крепи, создает условия для воздействия на породы внешних, снижающих их прочность, факторов, не ограждает их от воздействия шахтной атмосферы.

Для повышения эффективности закрепления неустойчивых пород необходимо ограничить время воздействия внешних факторов, приводящих к потере устойчивости и снижению прочностных характеристик, и развитию процессов деформации горных пород. Данного эффекта возможно добиться путем использования комбинированных конструкций крепи за счет высокой производительности их возведения и свойств торкрет-бетонной крепи ограничивать степень воздействия влажности шахтной атмосферы на обнажаемые участки горного массива [10].

Опыт работы подземных рудников ТОО "Казцинк" показал, что установка сталеполимерной крепи целесообразна в среднеустойчивых обводненных породах, а в породах ниже средней устойчивости и сильно трещиноватых нецелесообразна и небезопасна, так как были отмечены случаи вывалов горной массы вместе с анкерами в кровле горных выработок. Кроме того, установка сталеполимерной крепи не безопасна и малопродуктивна. На подземных рудниках ТОО "Казцинк" с 2009 года крепление горных выработок производится пружинными анкерами Split Set диаметром 46 мм с металлической сеткой ячейкой 150×150 мм и диаметром проволоки 4 – 6 мм [11]. Применение пружинных анкеров "Split Set" на подземных рудниках Риддерского ГОКа обеспечило безопасное ведение горных работ, как при установке самого крепления, так и при дальнейшей эксплуатации горных выработок.

Эффективным методом сохранения устойчивости пород является применение комбинированной крепи, включающей анкерное крепление и торкретбетон в сочетании армирующих элементов – металлической сетки. За счет использования сеток предотвращается опасность вывалов структурных блоков с кровли выработки до момента нанесения торкрет-бетонного слоя, а после его нанесения сетка служит в качестве армирующего элемента, повышающего прочность бетона на растяжение.

В рамках опытно-промышленных испытаний на Артемьевской шахте комбинированной набрызг-бетонной крепью с самозакрепляющимися анкерами было закреплено два опытных участка в выработках доставочного штрека № 6 (18 п.м.) и закладочного штрека от м. +184 м (28 п.м.), пройденных в породах IV категории устойчивости.

Согласно требованиям [12] минимальная несущая способность анкеров с фрикционным закреплением в породах крепостью по шкале проф. М.М. Протоdjяконова  $f \geq 4$  должна быть не менее 50 кН (5 т).

**Методика опытно-промышленных испыта-**

### **ний усиленной комбинированной крепи**

В рамках НИР была испытана усиленная комбинированная крепь – СЗА–УКК и СЗА–Армокрепь [13], которая в сочетании с армированным торкретбетоном может исключить использование тяжелых видов крепи, а также повысить безопасность процесса крепления и дальнейшей эксплуатации выработок. Усиленная армокаркасом анкерная крепь позволяет полностью механизировать процесс крепления и исключить нахождение людей под незакрепленным пространством, что обеспечивает наибольшую безопасность рабочего персонала. Данный вид крепи может применяться для крепления забоя выработок без отставания непосредственно перед выполнением работ буровзрывного цикла и до нанесения торкрет-бетонного слоя предотвращает опасность падения кусков породы с кровли и бортов выработок [14].

Для крепления весьма неустойчивых скальных пород Артемьевского месторождения предложено использование сочетания крепей СЗА–Армокрепь (рис. 1) и СЗА–УКК (рис.2), для чего совместно с армокаркасом на анкер устанавливается опорная плита УКК для подвешивания сетки [15]. После нанесения первого, покрывающего армокаркас слоя торкретбетона закрепляется сетка и наносится второй слой бетона, тем самым обеспечивается прочность конструкции по принципу двойной армировки.

Для крепления пород средней и неустойчивых категорий в условиях разработки Артемьевского месторождения было предложено испытать конструкции крепи с использованием анкеров СЗА диаметром  $d = 48$  мм длиной анкера  $L = 2,05$  и  $2,45$  м в составе следующих типов усиленных комбинированных видов крепи.

1. В породах средней (III) категории устойчивости СЗА–Армокрепь – торкретбетон. В состав крепи входят анкер СЗА  $d = 48$  мм,  $L = 2050$  мм со стандартной опорной плитой 200×200 мм, армокаркасы размером 950×950 мм. Технология крепления состоит из двух этапов: этап 1 – в забое по периметру кровли выработки бурятся шпуров глубиной 2,2 м, в которые производится установка анкеров СЗА совместно с армокаркасами с помощью буровой каретки и специальных устройств (люнет, пуансон). Далее осуществляются работы буровзрывного цикла, проветривание забоя и уборка отбитой породы; этап 2 – после подвигания забоя на 10 ÷ 15 м производится нанесение слоя торкретбетона толщиной 5 ÷ 8 см.

2. В породах неустойчивой (IV) категории СЗА–Армокрепь – торкретбетон. В состав крепи входят анкер СЗА  $d = 48$  мм,  $L = 2050$  мм со стандартной опорной плитой 200×200 мм, армокаркасы размером 950×950 мм. Технология крепления состоит из трех этапов: этап 1 – в забое по периметру кровли и бортов выработки бурятся шпуров глубиной 2,2 м, в которые производится установка

анкеров СЗА совместно с армокаркасами с помощью буровой каретки и специальных устройств (люнет, пуансон). Далее осуществляются работы буровзрывного цикла, проветривание забоя и уборка отбитой породы; этап 2 – после подвигания забоя на  $10 \div 15$  м производится нанесение слоя торкретбетона толщиной  $5 \div 8$  см; этап 3 – доведение слоя торкрет-бетонной крепи до общей толщины  $12 \div 15$  см.

3. В породах неустойчивой (IV) категории СЗА–Армокрепь – торкретбетон – УКК – торкретбетон. В состав крепи входят анкер СЗА  $d = 48$  мм,  $L = 2450$  мм, армокаркасы размером  $950 \times 950$  мм, плита опорная УКК, сетка листовая. Технология крепления состоит из четырех этапов и заключается: этап 1 – по периметру выработки бурятся шпуров глубиной 2,6 м, в которые производится установка анкеров СЗА с помощью буровой каретки и специальных устройств (люнет, пуансон) совместно с армокаркасами и плитой опорной УКК; этап 2 – производится нанесение слоя торкрет-бетона толщиной  $3 \div 5$  см, покрывающего армокаркасы; этап 3 – поверх слоя торкрет-бетона производится навеска листовой сетки, закрепляемой к опорной плите анкера СЗА; этап 4 – поверх сетки наносится второй слой торкрет-бетона до полного ее покрытия (толщина до  $12 \div 15$  см). В итоге получается грузонесущая конструкция, поддерживающая породы в контурах выработок за счет анкеров и создаваемого слоя торкретбетона общей толщиной  $12 \div 15$  см, работающего как монолитный бетон с двойной армировкой.

4. В породах неустойчивой (IV) и весьма неустойчивой (V) категории, подверженных интенсивному изменению прочностных свойств и потере устойчивости в результате воздействия шахтной атмосферы, торкретбетон – СЗА–Армокрепь – торкретбетон – УКК – торкретбетон. В состав крепи входят анкер СЗА  $d = 48$  мм,  $L = 2450$  мм, армокаркасы размером  $950 \times 950$  мм, плита опорная УКК, сетка листовая. Технология крепления состоит из пяти этапов и заключается: этап 1 – после производства взрывных работ и отгрузки горной массы по периметру выработки вновь образованной уходки наносится покрывающий, защитный слой торкретбетона толщиной  $1 \div 3$  см; этап 2 – по периметру выработки бурятся шпуров глубиной 2,6 м, в которые производится установка анкеров СЗА с помощью буровой каретки и специальных устройств (люнет, пуансон) совместно с армокаркасами и плитой опорной УКК; этап 3 – производится нанесение слоя торкретбетона толщиной  $3 \div 5$  см, покрывающего армокаркасы; этап 4 – поверх слоя торкретбетона производится навеска листовой сетки, закрепляемой к опорной плите анкера СЗА; этап 5 – поверх сетки наносится второй слой торкретбетона до полного ее покрытия (общая толщина до  $12 \div 15$  см).

**Результаты опытно-промышленных испытаний усиленной комбинированной крепи на**

### Артемьевской шахте

Опытная установка анкерной крепи СЗА и испытания её несущей способности были проведены на участке доставочного орта камеры № 10 отм. +66 м блока 5 бис, пройденного в породах III и IV категории устойчивости. Для установки крепи были пробурены шпуров диаметром 45 и 36 мм, соответственно, под анкеры СЗА  $d = 48$  и 39 мм с помощью самоходной буровой установки (СБУ) типа «Бумер». Для установки анкеров произведена подготовка бурового оборудования для возведения крепи СЗА: на стреле СБУ произведен монтаж вкладышей центрального и переднего люнета стрелы податчика; установлен укороченный бур с пуансоном для подачи анкеров в шпур.

Анкеры СЗА с опорной плитой путем подачи гидроперфоратором устанавливались в забуренные шпуров в бортах выработки с помощью специального пуансона, обеспечивающего формирование опорного узла анкера и работу перфоратора в штатном ударно-вращательном режиме. Всего установлено пять комплектов СЗА  $d = 48$  и три комплекта СЗА  $d = 39$  мм, длиной 2050 мм.

Испытания на несущую способность установленных анкеров проводились с использованием штанговдерживателя ПКА–3 [16]. В результате испытаний зафиксирована несущая способность  $98 \div 100$  кН ( $9,8 \div 10$  т), что отвечает заявленной несущей способности крепи. Расстояние между анкерами в ряду и рядами составило 0,8 м. Толщина торкрет-бетонного слоя  $150 \div 200$  мм.

Время на выполнение операций по креплению составило:

- бурение шпура, глубиной 2,3 м – до 1 мин.;
- демонтаж вкладыша люнет и установка буровой штанги с пуансоном – до 5 мин.;
- установка СЗА–Армокрепь в сборе на стреле податчика – 0,5 мин.;
- центрирование анкера с осью шпура – до 1 мин.;
- забивка анкера – 0,5 мин.;
- нанесение торкретбетона толщиной до 100 мм – 6 мин. на  $1 \text{ м}^2$ .

С учетом образования по мере проходки выработки сопряжения (сбойка с восстающей выработкой в борту) на участке сопряжения планировалось использовать конструкцию крепи СЗА–Армокрепь–УКК – торкретбетон с длиной анкера СЗА 2450 мм. Однако габариты выработки не позволили разместить стрелу податчика буровой кареты в процессе забивания анкера (суммарная длина стрелы и установленного анкера составляет более 5 м, при высоте выработки до 4,5 м). Испытания на данном участке впоследствии были остановлены, выработка оставлена под дальнейшее наблюдение.

На участке доставочного штрека № 6 длиной 18 п.м. было установлено 178 комплектов СЗА–Армокрепь, израсходовано 38 т торкрет-бетонной смеси MasterRoc STS 1510. В результате осмотра

Таблица 2 - Прочностные характеристики образцов, полученных в шахтных условиях

Период испытаний, сут-ки	Прочность на изгиб, МПа			
	номер образца			среднее
	1	2	3	
28	7,88	8,11	7,83	7,94

Таблица 3 - Результаты испытаний предела прочности при сжатии образцов

Период испытаний, сутки	Прочность на сжатие, МПа			
	номер образца			среднее
	1	2	3	
28	33,43	36,25	37,40	36,83

выработки выявлены недостатки в части механического разрушения ковшем погрузочно-доставочной машины (ПДМ) слоя торкрет-бетонной крепи у почвы при зачистке «плинтусов». Имелись две трещины в кровле, предположительно от воздействия буровзрывных работ. Развитие динамики трещинообразования не наблюдалось. Было рекомендовано устранить выявленные недостатки путем частичной разборки торкрет-бетонного слоя и нанесения нового до проектной толщины.

На опытном участке закладочного штрека отм. +184 м было израсходовано 314 комплектов СЗА-Армокрепь и 80 т торкрет-бетонной смеси MasterRoc STS 1510.

Величина отскока торкретбетона на основе сухой смеси MasterRoc STS 1510 составила 5 %.

Результат опытно-промышленных испытаний технологии крепления подземных горных выработок усиленной комбинированной крепью на основе самозакрепляющейся анкерной крепи (СЗА) по итогам 40 суток стояния закрепленных участков позволяет заключить:

1. Анкерная крепь СЗА способна обеспечить устойчивость пород по контурам строящихся выработок, конструкция СЗА-Армокрепь предотвращает опасность вывалов частей пород в кровле и бортах выработки даже при отставании торкрет-бетонного слоя крепи от забоя.

2. В процессе опытно-промышленных испытаний установлено, что не всегда обеспечивается качество возведения крепи, в том числе торкрет-бетонного слоя: не соблюдается запланированный график возведения крепи, не обеспечивается полное прилегание опорной плиты и армокаркаса к закрепляемым породам, низкая прочность (адгезия) торкретбетона по «холодным» швам, а также трещинообразование в приконтактной к выработке зоне.

3. Основными причинами потери качества являются:

- несоответствующее регулирование в процессе нанесения водо-твердого 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-слоя (до 150 ÷ 200 мм) с образованием холодных швов, либо не имеющая армировки; в случае нанесения торкретбетона на армокаркасы, армированной остается часть на контакте с породой (толщиной 50 ÷ 100 мм), последующие слои имеют меньшую прочность ввиду отсутствия армирующих элементов.

В результате технико-экономического сравнения способов крепления выработок, а именно, существующей на Артемьевской шахте технологии со сталеполимерными анкерами (СПА) и металлической рамной на основе СВП-22, с испытываемой установлено, что применение крепи на основе СЗА взамен СПА в соответствующих категориях устойчивости пород позволяет снизить себестоимость крепления 1 п.м. выработки от 5 до 15 %. В сравнении с металлической рамной крепью, использование усиленной комбинированной крепи на основе СЗА позволяет получить экономию по затратам на 1 п.м. закрепляемой выработки от 3 до 8 %.

**Результаты лабораторных испытаний торкрет-бетонной и анкерной крепи**

По результатам испытания адгезии торкрет-бетонного слоя с породой получены следующие величины прочности:

- 30 мин. – 0,87 МПа;
- 1 ч – 1,21 МПа;
- 3 ч – 1,73 МПа.

Согласно [17] во всех случаях применения торкрет-бетонной крепи должно обеспечиваться сцепление торкретбетона 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 MasterRoc STS 1510 требуемая адгезия достигается менее, чем за 30 мин., что соответствует требованиям ВСН126-90.

Результаты определения пределов прочности образцов-балочек и образцов-кубов приведены в

таблице 2.

При расчете предела прочности при сжатии принимался поправочный коэффициент для образцов с размером ребра 100×100 мм, равный 0,95, согласно ВСН 126–90. Результаты испытаний предела прочности при сжатии образцов представлены в таблице 3.

Ведение взрывных работ в непосредственной близости от покрытия из торкретбетона допускается при наборе им прочности не менее 1 МПа. В результате лабораторных испытаний установлено, что полученный торкретбетон соответствует классу В25 (32,5 МПа) и удовлетворяет требованиям ВСН126–90.

#### **Выводы**

В процессе опытно-промышленных испытаний проведены промышленные и лабораторные исследования технологических особенностей применения комбинированной крепи на основе СЗА и прочностных параметров элементов и технических характеристик усиленной комбинированной крепи. Испытания технологии крепления с использованием СЗА и армокаркасов проведены на двух опытных участках проходки горных выработок Артемьевской шахты.

По результатам лабораторных исследований установлено, что элементы анкерной крепи СЗА соответствуют заявленному производителем характеристикам и отвечают требованиям стандарта

ГОСТ 31559-2012 «Крепи анкерные. Общие технические условия».

В результате проведенных испытаний торкретбетона на основе сухой смеси MasterRoc STS 1510 динамика набора прочности получаемого бетона для торкрет-слоя составила: в первый час после нанесения – более 1 МПа; на первые сутки – более 15 МПа; на 28 сутки – более 34 МПа. Нормативный предел прочности на одноосное сжатие более 34,4 МПа соответствует бетону В25, что, в свою очередь, удовлетворяет требованиям ВСН 126–90, предъявляемым к торкретбетонам. Сухие торкретсмеси классов В25 и выше (MasterRoc STS 1510) обладают гарантированной водонепроницаемостью и морозостойкостью и рекомендуются для применения в качестве крепи горных выработок.

Использование усиленной комбинированной крепи типа СЗА–Армокреп характеризуется повышением безопасности и уровня механизации процесса крепления, и позволяет интенсифицировать процесс строительства горных выработок. Использование конструкции крепи типов СЗА–УКК и СЗА–Армокреп в породах IV категории устойчивости в составе комбинированной крепи обеспечивает устойчивость контура выработки и может рассматриваться как альтернативный способ металлической рамной крепи.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Определение физико-механических свойств горных пород (Артемьевское месторождение): отчет о НИР. / ДГП «ВНИИцветмет». – Усть-Каменогорск, 2014. – 113 с.
2. Оценка устойчивости руд, пород и искусственного массива на Артемьевском руднике в зависимости от времени стояния обнажений: отчет о НИР. / ДГП «ВНИИцветмет». – Усть-Каменогорск, 2009. – 71 с.
3. Технологический регламент для разработки рекомендаций по отработке запасов крутопадающих и маломощных залежей I очереди и обоснование рациональных систем разработки, их параметров II очереди Артемьевского месторождения / ТОО «Георесурс инжиниринг», 2015. – 123 с.
4. Еременко А.А. Геомеханическая оценка условий разработки Артемьевского месторождения полиметаллических руд / А.А. Еременко, В.А. Еременко, Л.Н. Гахова // Вестник КузГТУ, 2015. – №2. – С. 3–7.
5. Оценка влияния накопившихся пустот на безопасность доработки Артемьевского месторождения / Ю.Н. Шапошник, А.А. Неверов, С.А. Неверов, А.М. Никольский // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2017. – №3. – С. 108–118.
6. Технологический регламент (инструкция) по выбору типов и параметров крепей и технологии их возведения на Артемьевском месторождении // ТОО «Mining Research Group». – Караганда, 2015. – 99 с.
7. ГОСТ Р 51748-2001 «Крепи металлические податливые рамные. Крепь арочная. Общие технические условия».
8. Разработка технологии крепления усиленной комбинированной крепью с использованием самозакрепляющихся анкеров при проходке горных выработок на шахте «Артемьевская»: отчет о НИР. / ТОО "Expert PRO". – Усть-Каменогорск, 2017. – 141 с.
9. Крупник Л.А. // Опыт внедрения технологии заполнения "куполов" вспенивающимися смолами на шахтах ТОО "Востокцветмет" / Л.А. Крупник, Ю.Н. Шапошник, С.Н. Шапошник // Безопасность труда в промышленности, 2017. – № 7. – С. 38–43.

10. Масаев Ю.А. Новые разработки в области крепления и повышения устойчивости породных обнажений в горных выработках / Ю.А. Масаев, В. Ю. Масаев, Л.Д. Филина // Вестник КузГТУ, 2015. – № 1. – С. 41–44.
11. Опыт внедрения анкерных крепей на подземных рудниках Восточного Казахстана / Л.А. Крупник, Ю.Н. Шапошник, С.Н. Шапошник, Ю.И. Маметьев, Д.С. Ибраев // Безопасность труда в промышленности, 2015. – № 1. – С. 22–25.
12. ГОСТ 31559-2012 «Крепи анкерные. Общие технические условия».
13. Совершенствование конструкции и технологии установки крепей с фрикционным закреплением / А.А. Зубков, А.В. Зубков, И.М. Кутлубаев, В.В. Латкин // Горный журнал, 2016. – № 5. – С. 50–53.
14. Перспективные способы крепления горных выработок на подземных рудниках / А.А. Зубков, В.В. Латкин, С.С. Неугомонов, П.В. Волков // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельные статьи (специальный выпуск), 2014. – № 10. – С. 106–117.
15. Зубков А.А. Самозакрепляющаяся анкерная крепь: описание, условия и результаты применения / А.А. Зубков, С.С. Неугомонов, П.В. Волков. – Красноярск: ООО «Глобус», 2014. – № 5(34). – С. 40–42.
16. Принципы построения и перспективы развития устройств контроля массива горных пород и крепления вокруг выработок / А.С. Вознесенский, Е.А. Вознесенский, В.В. Корякин, М.Н. Красилов // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2015. – № 1. – С. 199–206.
17. ВСН126-90 «Крепление выработок набрызг-бетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов. Нормы проектирования и производства работ» / Минтрансстрой СССР. – М., 1991. – 43 с.

## REFERENCES

1. Opredeleniye fiziko-mekhanicheskikh svoystv gornykh porod (Artem'yevskoye me-storozhdeniye): otchet o NIR. [Definition of physico-mechanical properties of rocks (Artemyevsky deposit): report on research]. Ust'-Kamenogorsk, VNIItsvetmet, 2014, 113 p.
2. Otsenka ustoychivosti rud, porod i iskusstvennogo massiva na Artem'yevskom rudnike v zavisimosti ot vremeni stoyaniya obnazheniy: otchet o NIR [Estimation of stability of ores, rocks and artificial mass at Artemyevsky mine depending on the time of outcrop: report on research]. / Ust'-Kamenogorsk, VNIItsvetmet, 2009, 71 p.
3. Tekhnologicheskiiy reglament dlya razrabotki rekomendatsiy po otrabotke zapa-sov krutopadayushchikh i malomoshchnykh zalezhey I ocheredi i obosnovaniye ratsional'nykh sistem razrabotki, ikh parametrov II ocheredi Artem'yevskogo mestorozhdeniya [Technological regulations for the development of recommendations for the extraction of reserves of steeply dipping and low-power deposits of the first stage and the rationale for rational development systems, their parameters for the II stage of the Artemyevsky deposit] / Georesurs Engineering LLP, 2015, 123 p.
4. Yeremenko A.A., Yeremenko V.A., Gakhova L.N. Geomekhanicheskaya otsenka usloviy razrabotki Artem'yevskogo mestorozhdeniya polimetallicheskikh rud [Geomechanical evaluation of the conditions for the development of the Artemyev deposit of polymetallic ores]. Kemerovo, Bulletin of KuzSTU №2, 2015, p. 3–7.
5. Shaposhnik YU.N., Neverov A.A., Neverov S.A., Nikol'skiy A.M. Otsenka vliyaniya nakopivshikhsya pustot na bezopasnost' dorabotki Artem'yev-skogo mestorozhdeniya [Evaluation of the effect of accumulated voids on the safety of completion of the Artemyevsky deposit]. Novosibirsk, Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh [Mining Journal] №3, 2017, p. 108–118.
6. Tekhnologicheskiiy reglament (instruktsiya) po vyboru tipov i parametrov krepey i tekhnologii ikh vozvedeniya na Artem'yevskom mestorozhdenii [Technological regulations (instructions) for the selection of the types and parameters of the supports and the technology of their erection at the Artemyev deposit]// Karaganda, LLP «Mining Research Group», 2015, 99 p.
7. GOST R 51748-2001 «Krepi metallicheskiye podatlivyye ramnyye. Krep' aroch-naya. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya» [Fasten the metal compliant frame. An arch support. General specifications].
8. Razrabotka tekhnologii krepneniya usilennoy kombinirovannoy krep'yu s is-pol'zovaniyem samozakreplyayushchikhsya ankerov pri prokhodke gornykh vyrabotok na shakhte «Artem'yevskaya»: otchet o NIR [Development of fastening technology for reinforced combined support using self-fastening anchors during the



mining of mine workings at the Artemyevskaya mine: a report on research]. Ust'-Kamenogorsk, LLP Expert PRO, 2017, 141 p.

9. Krupnik L.A., Shaposhnik YU.N., Shaposhnik S.N. Opyt vnedreniya tekhnologii zapolneniya "kupolov" vspeni-vayushchimiyami smolami na shakhtakh TOO "Vostoksvetmet" [The experience of introducing the technology of filling "domes" with foaming resins at the mines of Vostoksvetmet LLP]. Bezopasnost' truda v promyshlennosti [Labor safety in industry] № 7, 2017, p. 38–43.

10. Masayev YU.A., Masayev V. YU., Filina L.D. Novyye razrabotki v oblasti krepneniya i povysheniya ustoychi-vosti porodnykh obnazheniy v gornykh vyrabotkakh [New developments in the field of fastening and improving the stability of rock outcrops in mine workings]. Kemerovo, Bulletin of KuzSTU № 1, 2015, p. 41–44.

11. Krupnik L.A., Shaposhnik YU.N., Shaposhnik S.N., Mamet'yev YU.I., Ib-rayev D.S. Opyt vnedreniya ankernykh krepny na podzemnykh rudnikakh Vostochnogo Ka-zakhstana [The experience of the implementation of anchor bolts on the underground mines of Eastern Kazakhstan]. // Bezopasnost' truda v promyshlennosti [Labor safety in industry] № 1, 2015, p. 22–25.

12. GOST 31559-2012 «Krepi ankernyye. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya» [Fortify the anchor. General specifications].

13. Zubkov A.A., Zubkov A.V., Kutlubayev I.M., Latkin V.V. Sovershenstvovaniye konstruksii i tekhnologii ustanovki krepny s friktsi-onnym zakreplenyem [Perfection of the design and technology of installation of fasteners with frictional fastening]. Moscow, Gornyy zhurnal № 5, 2016, p. 50–53.

14. Zubkov A.A., Latkin V.V., Neugomonov S.S., Volkov P.V. Perspektivnyye sposoby krepneniya gornykh vyrabotok na podzemnykh rudnikakh [Prospective ways of fastening of mine workings on underground mines]. Moscow, Gornyy informatsi-onno-analiticheskiy byulleten'. Otdel'nyye stat'i (spetsial'nyy vypusk) [Mountain information-analytical bulletin. Selected articles (special issue)] № 10, 2014, p. 106–117.

15. Zubkov A.A., Neugomonov S.S., Volkov P.V.. Samozakreplyayushchayasya ankernaya krep': opisaniye, usloviya i rezul'taty primeneniya [Self-fastening anchorage: description, conditions and results of application]. Krasnoyarsk, Globus LLP, № 5(34), 2014, p. 40–42.

16. Voznesenskiy A.S., Voznesenskiy Ye.A., Koryakin V.V., Krasilov M.N. Printsipy postroyeniya i perspektivy razvitiya ustroystv kontrolya massiva gornykh porod i krepneniya vokrug vyrabotok [Principles of construction and prospects for the development of control devices for rock massif and fastening around excavations]. // Moscow, Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' [Mountain information-analytical bulletin] № 1, 2015, p. 199–206.

17. VSN126-90 «Krepneniye vyrabotok nabryzg-betonom i ankerami pri stroi-tel'stve transportnykh tonneley i metropolitenov. Normy proyektirovaniya i proiz-vodstva rabot» [Fixing the workings with spatter-concrete and anchors in the construction of transport tunnels and subways. Norms of design and production]. Moscow, Ministry of Transport of the USSR, 1991, 43 p.

Поступило в редакцию 14.02.2018

Received 14.02.2018