

Код МРНТИ

М.В. Лысенко, А.С. Позолотин, А.В. Айкин, П.Ю. Ковешников

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр – институт проектирования горных предприятий «РАНК» (г. Новосибирск, Россия)

ПОДДЕРЖАНИЕ ШИРОКОПРОЛЕТНЫХ СОПРЯЖЕНИЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПОМОЩИ АНКЕРОВ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

Тау-кен қазбаларының параметрлерін және олардың жанауын арттыру оларды пайдаланудың бүкіл мерзімінде жұмысқа қабілетті күйде ұстау технологияларына және тау-кен жұмыстарын жүргізу қауіпсіздігінің жоғары деңгейін қамтамасыз етуге ерекше назар аударуды талап етеді. Ерекше тау-кен-геологиялық жағдайларда, тау-кен қазбаларының параметрлерінен басқа, бұрғылау-жару жұмыстарының әсері және контур маңындағы массивтің тұрақтылығына әсер ететін тау-кен жыныстарының еруі сияқты жағымсыз факторларды есепке алу қажеттілігі бар. Мақалада кең пролетті жанауларды қолдау мәселесі көрсетілген және Айхал кенішінің күрделі тау-геологиялық жағдайларында терең қаланған анкерлерімен шатырдың бекітпесін күшейту арқылы оны практикалық шешу фактісі сипатталған («АЛРОСА» АК Айхал КБК).

Увеличение параметров горных выработок и их сопряжений требует особого внимания к технологиям их поддержания в работоспособном состоянии на весь срок эксплуатации и обеспечению высокого уровня безопасности ведения горных работ. В специфических горно-геологических условиях, помимо параметров горных выработок, существует необходимость учета таких негативных факторов, как влияние буровзрывных работ и растепления горных пород, влияющих на устойчивость приконтурного массива. В статье отражена проблема поддержания широкопролетных сопряжений и предложено ее практическое решение при помощи усиления крепи кровли анкерами глубокого заложения в сложных горно-геологических условиях рудника Айхал (Айхальский ГОК АК «АЛРОСА»).

Түйінді сөздер: арқанды анкер, жанау, кең, бекітпені күшейту, шығыңқы, иілгіш арқанды ұстап алу, нұсқаулық, үйкеліс, бұрғылау-жару жұмыстары.
Ключевые слова: канатный анкер, сопряжение, рудник, усиление крепи, вывалы, подхват гибкий канатный, инструкция, растепление, буровзрывные работы.

На протяжении десятилетий на горнодобывающих предприятиях всего мира технические специалисты решают комплекс задач, направленных на обеспечение непрерывной и безаварийной работы рудников и шахт. Рост производительности и глубины разработки влечет за собой увеличение размеров горных выработок для транспортировки оборудования и обеспечения вентиляции забоев. На сегодняшний день одной из наиболее актуальных задач является крепление горных выработок и их сопряжений, обеспечивающее максимальный уровень безопасности ведения горных работ, одновременно совмещающее в себе высокий уровень производительности и надежности с уменьшением доли материальных затрат на возведение и безремонтное поддержание крепи в течение всего срока службы. Данный факт обусловлен ухудшением горно-геологических условий проводимых горных выработок, связанных с увеличением глубины ведения работ¹.

Также к числу основных негативных факторов, влияющих на эффективное и безопасное поддержание широкопролетных сопряжений, можно отнести динамические проявления горного давления² (горные удары, микроудары и т. д.). Кроме этого, существует ряд техногенных факторов, которые необходимо учитывать при решении задач по выбору и расчету параметров крепи горных выработок^{3,4} (влияние очистных работ, БВР, процесс растепления многолетнемерзлых пород и другие).

До настоящего момента специалисты рудника Айхал Айхальского ГОК АК «АЛРОСА» (ПАО) регулярно



Рис. 1. Сопряжение спирального съезда гор. +100...($\pm 0,0$) м с рудоспуском на гор. +50 м.

сталкивались с проблемой поддержания широкопролетных сопряжений (шириной более 6 м) в сложных горно-геологических условиях.

Согласно «Техническому проекту отработки балансовых запасов трубки Айхал подземным способом» выбор крепи горных выработок производится, исходя из расчета категории устойчивости горных пород⁵ в соответствии с «Инструкцией...»⁶. Условия отработки рудника Айхал осложняются тем, что первоначально горный массив в пределах месторождения имеет отрицательную температуру, и по мере эксплуатации

¹Бориц-Компонице В.И. Практическая механика горных пород. – М.: Горная книга, 2013. – 322 с.

²Marat Abzalov. Applied Mining Geology. – Australia, 2016. – 443 p.

³Никольский А.М. Подземная геотехнология россыпей в условиях вечной мерзлоты. / А.М. Никольский, А.А. Ордин, А.С. Курилко. – Германия:

⁴John A. Hudson. Rock Engineering Risk. – London, UK: Taylor & Francis Group, 2015. – 596 p. Palmarium Academic Publishing, 2013. – 397 с.

⁵Подземные горные выработки (актуализированная редакция СНиП II-94-80). // Свод правил, утвержденный приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 июня 2012 г. №283. – СП 91.13330.2012.

⁶Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок. Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб, 1991. – 215 с.

пройденной выработки происходит растепление горных пород, приводящее к непрогнозируемому вывалообразованию. Этот факт не принимается во внимание в вышеуказанных нормативных документах.

Вывалообразования наиболее часто проявляются на сопряжениях горных выработок. По результатам многолетних наблюдений, проводимых техническими специалистами рудника, выявлено, что высота купола в основном соответствует ширине полупролета выработки (рис. 1).

В настоящий момент на руднике для крепления выработок применяются анкеры СЗА длиной 1,8 м. Согласно фактической ситуации, складывающейся на руднике Айхал, крепление горных выработок шириной свыше 5,0 м анкерами длиной, указанной в «Рекомендациях...»⁷, не могут гарантировать удержание массива в устойчивом состоянии, т. к. анкеры закрепляются в зоне свода естественного равновесия. В связи с этим крепление широкопролетных сопряжений на данный момент осуществляется при помощи камерных рам (рис. 2).

Службой геотехнического мониторинга Айхальского ГОК совместно со специалистами ООО «РАНК 2» и ООО НИЦ-ИПГП «РАНК» было принято решение о необходимости проведения опытно-промышленных испытаний технологии усиления крепи сопряжений при помощи многофункциональных анкеров глубокого заложения с целью исключения новых вывалообразований, а также снижения финансовых и трудовых затрат на возведение крепи.

Для осуществления опытно-промышленных испытаний были разработаны «Рекомендации...»⁸, при разработке которых учитывался многолетний опыт расчетов параметров анкерной крепи для угольных шахт и рудников России, основанный на применении различных методик расчета, в том числе и зарубежных⁹⁻¹².

Крепление кровли сопряжения осуществлялось по двухуровневой схеме:

- крепление кровли при проведении горных выработок осуществляется анкерами первого уровня (типа СЗА или АКМ20.01);
- усиление крепи кровли осуществляется анкерами глубокого заложения АК01-25, с глубиной закрепления за сводом ожидаемого вывала пород не менее 1,1 м (рис. 3).

Многофункциональный анкер АК01-25 предназначен для:

- усиления крепи выработок, закрепленных анкерной, трапезиевидной, арочной, набрызгбетонной и бетонной крепью;



Рис. 2. Крепление сопряжений с помощью камерных рам.

- крепления монорельсовых подвесных дорог;
- монтажа ленточных конвейеров;
- подвешивания различного вида грузов и оборудования;
- использования в комбинации: монтажа подвесного монорельсового пути и усиления крепи.

Многофункциональный анкер АК01-25 имеет повышенную несущую способность (до 25 тс), в отличие от аналогов (до 21 тс), и работает в условиях как статических, так и динамических нагрузок. Анкер АК01-25 закрепляется ампульным способом ампулами с полиэфирной смолой или быстротвердеющей минеральной композицией (АМК, АМК ДК).

Учитывая, что горные выработки рудника Айхал проводятся в многолетнемерзлых породах, а температура струи воздуха не превышает +4°C, для закрепления анкеров было рекомендовано применение ампул с минеральной композицией.

Рассматриваемое сопряжение пройдено по породам онхойюряхской свиты верхнего кембрия, представленных тонким и средним переслаиванием доломитов, доломитов глинистых, плотных, крепких, тонкокриптозернистых $f = 6-7$, средней устойчивости (II) и мергелей, мергелей доломитистых, плотных, тонкослоистых, тонкоплитчатых, сильнотрещиноватых по напластованию $f = 4-5$, неустойчивых (III) до весьма неустойчивых (IV) при растеплении, мощность слоев от 0,4-0,6 м до 0,8-1,2 м, редко – до 1,6 м. Залегание пород субгоризонтальное.

Массив пород характеризуется трещиноватой нарушенностью (от 2-4 до 5 трещин на погонный метр),

⁷Рекомендации по выбору оптимальных параметров глубины и сетки штангования для горно-капитальных выработок и сопряжений с пролетом обнажения более 5 м. – Мирный, 2014.

⁸Рекомендации по параметрам анкерной крепи сопряжения слоевого заезда гор. + 60,0 м с камерой перегруза гор. + 53,0 м (пересекающиеся выработки) с применением двухуровневой схемы анкерной крепи в условиях рудника «Айхал» (Айхальский ГОК АК «АЛРОСА», ПАО), ООО «РАНК 2». – Кемерово, 2016.

⁹Широков А.П., Писляков Б.Г. Расчет и выбор крепи сопряжений горных выработок. – М.: Недра, 1978. – 304 с.

¹⁰Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи. //ВНИИМИ, ВНИИОМШС Минуглепрома СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 272 с.

¹¹Zong-Xian Zhang. Rock Fracture and Blasting. Theory and Applications. – Longyearbyen, Svalbard, Norway, 2015. – 487 p.

¹²Genadiy Pivnyak. Mining of Mineral Deposits. / Genadiy Pivnyak, Volodymyr Bondarenko, Iryna Kovalevs'ka. – London, UK: Taylor & Francis Group, 2013. – 384 p.



Рис. 3. Схема усиления крепи сопряжения многофункциональными канатными анкерами АК01-25.

коэффициент снижения прочности пород $K_c = 0,4$, обводненность отсутствует. Ширина пересекающихся выработок составляет:

- слоевого заезда гор. + 60,0 м – до 8,5 м;
- камеры перегруза гор. + 53,0 м – до 8,3 м;
- высота выработок на сопряжении – до 4,3 м.

В период с 09.12.2016 г. по 16.12.2016 г. были выполнены работы по усилению крепи сопряжения слоевого заезда гор. + 60 м с камерой перегруза гор. + 53 м при помощи многофункциональных анкеров АК01-25 длиной 4500 мм. Анкеры устанавливались в соответствии с регламентом монтажа канатных анкеров АК01-25 и «Рекомендациями...»⁸. Закрепление анкеров осуществлялось в шпурах диаметром 30 мм тремя ампулами длиной 470 мм. В качестве опорного элемента использовались подхваты ПГК15 и ПГК15А длиной 3200 мм (рис. 4). Для осуществления контроля возможного смещения пород кровли в центре сопряжения был установлен глубинный репер РГЗ на глубину 6 м, 3,5 м и 1,5 м. С декабря 2016 г. за его состоянием ведется непрерывное наблюдение. До настоящего времени сдвижений кровли зафиксировано не было.

Принимая во внимание положительный эффект от применения анкеров АК01-25 при поддержании

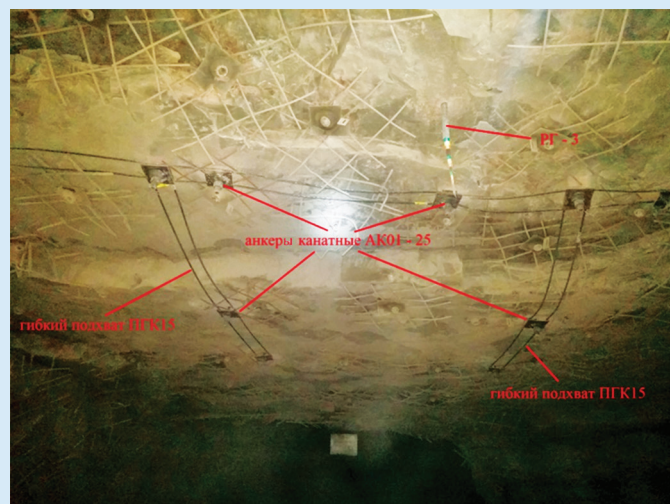


Рис. 4. Усиление крепи сопряжения слоевого заезда гор. + 60 м с камерой перегруза гор. + 53 м с помощью канатных анкеров.

широкопролетных сопряжений горных выработок, было принято решение о разработке новой «Инструкции по выбору анкерной (штанговой), канатной, торкрет-бетонной и комбинированной крепи на руднике Айхал», учитывающей современные методы определения категории устойчивости массива, выбора и расчета параметров крепи для различных горно-геологических условий.

Выводы

✓ Применение технологии крепления данного широкопролетного сопряжения при помощи многофункциональных канатных анкеров позволяет полностью отказаться от возведения рамной крепи сопряжения (камерной рамы).

✓ Усиление крепи сопряжения канатными анкерами позволит снизить материальные затраты (до 80%) и металлоемкость (снижение массы материалов в 10 раз).

- ✓ Снижается трудоемкость выполнения работ по усилению крепи канатными анкерами на 33% по сравнению с возведением рамной крепи.

- ✓ Увеличение темпов формирования сопряжения за счет сокращения времени производства работ.

- ✓ Обеспечивается повышение безопасности труда, за счет более качественного крепления сопряжений, исключения возможных обрушений кровли горных выработок.

- ✓ Снижение издержек за счет нарушения технологического цикла в связи с простым спецтехники при перекреплении выработок.

Статья публикуется по рекомендации члена редакционной коллегии, доктора технических наук &&&&&&&&&&

«Gornyi zhurnal Kazakhstana» / «Mining journal of Kazakhstan»	
Title	<i>Supporting for wide-span intersections of mine workings by means the deep fixing roof bolt</i>
Author 1	Name & Surname: <i>Lysenko M.V.</i>
	Company: <i>Limited Liability Company «Scientific research center – Institute for the Design of Mining Enterprises «RANK» (Novosibirsk, Russia)</i>
	Work position: <i>Deputy Director for Scientific Research and Innovation</i>
	Contacts: <i>Limak2@yandex.ru</i>
Author 2	Name & Surname: <i>Pozolotin A.S.</i>
	Company: <i>Limited Liability Company «Scientific research center – Institute for the Design of Mining Enterprises «RANK» (Novosibirsk, Russia)</i>
	Scientific degree: <i>Candidate of Technical Sciences</i>
	Work position: <i>Director</i>
	Contacts: <i>Pozalex@mail.ru</i>
Author 3	Name & Surname: <i>Aykin A.V.</i>
	Company: <i>Limited Liability Company «Scientific research center – Institute for the Design of Mining Enterprises «RANK» (Novosibirsk, Russia)</i>
	Work position: <i>Head of the Department of Scientific Works and Innovations</i>
	Contacts: <i>alien-323@mail.ru</i>
Author 4	Name & Surname: <i>Koveshnikov P.Yu.</i>
	Company: <i>Limited Liability Company «Scientific research center – Institute for the Design of Mining Enterprises «RANK» (Novosibirsk, Russia)</i>
	Work position: <i>Specialist in Scientific and Research Work</i>
	Contacts: <i>pavel.kov87@mail.ru</i>
Abstract	The increase in the parameters of mine workings and their interfacing requires special attention to the technologies for maintaining them in a working condition for the entire service life and ensuring a high level of safety in mining operations. In specific mining and geological conditions, in addition to the parameters of mine workings, there is a need to take into account such negative factors as the impact of drilling and blasting operations and the melting of rocks affecting the stability of the near-boundary massif. The article reflects the problem of support wide-span intersection and describes the fact of its practical solution by reinforcing the roof fastening with deep laying (fixing) roof bolt in the difficult mining and geological conditions of the Aikhal mine of the Aikhalsky GOK (AK ALROSA, PAO).
Keywords	cable bolt, interfacing, mine, reinforcement of support, a fall of rock mass, flexible cable pick-up, regulations, melt, drilling and blasting operations.
Reference	