

УДК 622.272

Г.С. Франкевич, В.А. Пшеничный, Г.А. Фролов

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛЕГЧЕННЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КРЕПИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ РУДНИКА «ВОСХОД»

Месторождение представлено практически одним крупным компактным рудным телом. Геомеханические условия строительства очень сложные. Проектом предусматривались мощные грузонесущие конструкции крепи протяженных выработок. Фирмой SRK Consulting была предложена облегченная, комбинированная анкер-набрызгбетонная крепь. Весной 2009 года Московским государственным горным университетом были выполнены исследования, в результате которых разработаны научно-обоснованные технические и проектные решения по креплению облегченными анкер-набрызгбетонными крепями горных выработок. Применение облегченных типов крепи более целесообразно, чем применение заложенных проектом железобетонных крепей.

Ключевые слова: массив горных пород, трещиноватость, смещения, крепь, анкер.

Месторождение «Восход» относится к юго-восточной части Кемпирсайского ультрабазитового массива и расположено в Актюбинской области в 3,5 км к югу от шахты «Молодежная» Донского ГОКа. Рельеф месторождения довольно ровный с абсолютными отметками от 400 м до 412 м.

Месторождение представлено практически одним крупным компактным рудным телом линзовидной формы с четырьмя его апофизами и одной линзой. В плане размеры его составляют 700x122 м. Оруденение распространено на глубинах 98–460 м. В основном рудном теле сосредоточено свыше 93 % балансовых запасов месторождения. Основное рудное тело по простиранию представляет собой вытянутую в северо-восточном (25–30°) направлении линзовидную залежь, по падению юго-восточное под углами 35–40°.

При геологической разведке выяснилось что геомеханические условия строительства очень сложные, ранее

месторождение не разрабатывалось, поскольку более полное изучение его было завершено только в конце 2003 года — утверждением балансовых запасов в ГКЗ РК по промышленной категории — С1, а доразведка месторождения закончена только в 2006 году.

Результаты лабораторных исследований физико-механических свойств показали, что горные породы, слагающие массив месторождения, характеризуются широким диапазоном колебаний физических, деформационных и прочностных свойств, даже в пределах одной петрографической разности (рис. 1).

Руды и вмещающие породы, в особенности непосредственно в кровле рудного тела, являются сильнотрещиноватыми, поэтому при проходке горных выработок может происходить самообрушение. В связи с этим при проходке и эксплуатации требуется крепление горных выработок в кровле рудного тела.

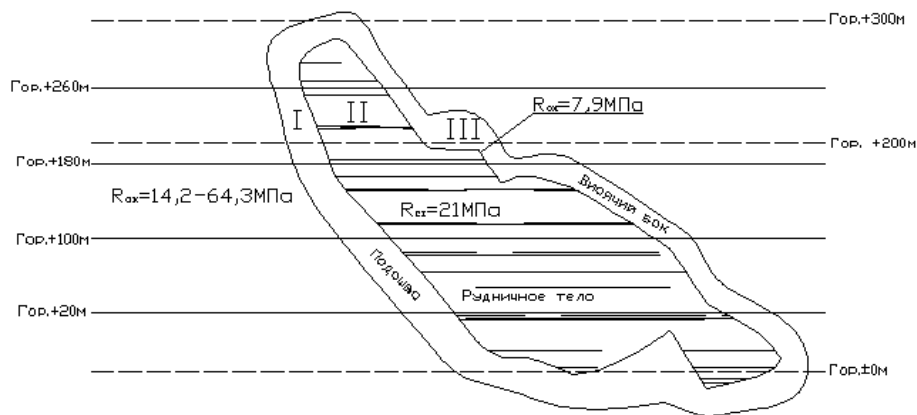


Рис. 1. Разрез рудничного тела по горизонтам с указанием физико-механических свойств вмещающих горных пород: I — слаботрещиноватые породы $H > 0,25$ м; II — среднетрещиноватые породы $H = 0,15 - 0,25$ м; III — сильнотрещиноватые породы $H = 0,1 - 0,15$ м (рыхлообломочные)

Проведенный на месторождении комплекс инженерно-геологических исследований позволил генеральным проектировщикам сделать следующие выводы:

1. Физико-механические свойства вмещающих пород и руд месторождения идентичны с таковыми других месторождений Кемпирсайского рудного района.

2. Основным фактором, определяющим прочностные и деформационные свойства горных пород и руд, является их трещиноватость.

3. В связи с интенсивной трещиноватостью и раздробленностью пород вблизи кровли рудного тела они будут мало устойчивыми и могут образовать купола и вывалы. На таких участках требуется надежное крепление горных выработок.

4. Учитывая значительную трещиноватость горных пород и недостаточную изученность их устойчивости, проектом при подсчете объемов горнокапитальных работ предусматривались мощные грузонесущие кон-

струкции крепи протяженных выработок:

- металлическое арочное крепление из спецпрофиля с железобетонной затяжкой — 50 %;
- монолитный бетон — 40 %;
- торкрет-бетон — 10 %.

Все камерные выработки, а также сопряжения должны быть закреплены монолитным бетоном (железобетоном), в зависимости от размеров выработки.

Учитывая большую неопределенность в геомеханических условиях строительства основных горных выработок фирмой SRK Consulting в 2005—2006 годах был выполнен значительный объем геотехнических исследований, направленных на получение исходных данных для возможности классификации вмещающих горных пород.

В итоге для крепления основных горных выработок рудника «Восход» вместо мощных конструкций крепи, заложенных в проекте, была предложена облегченная, комбинированная анкер-набрызгбетонная крепь. Ее от-

личительной особенностью является вовлечение в совместную работу с крепью части приконтурного породного массива из-за проникновения в трещины в массиве набрызгбетона и создания, таким образом, составной плиты, состоящей из слоя набрызгбетона и упрочненной им приконтурной зоны горных пород.

Анкерная крепь в свою очередь создает вокруг выработки несущий свод и уменьшает нагрузку на набрызгбетонную крепь (рис. 2). Опыт использования таких комбинированных конструкций для крепления горных выработок в сложных геомеханических условиях накоплен с середины 70-х годов прошлого века.

На основе обширной геотехнической базы данных по месторождению было определено, что данный тип крепи можно использовать в 90 % выработок по разработке подэтажей.

После принятия решения о применении облегченных анкернабрызгбетонных крепей, австралийской компанией SRK Consulting были предложены стальные анкера типа «DCP BOLT», канатные «Minicage cable bolt. DCI» и клиновые анкера «Friktion bolt. DCI». Однако применение таких типов анкеров оказалось экономически невыгодным, вследствие высокой стоимости материалов и затрат на их доставку к месту производства работ.

Весной 2009 года Московским государственным горным университетом были выполнены исследования, в результате которых разработаны научно-обоснованные технические и проектные решения по креплению облегченными анкер-набрызгбетонными крепями горных выработок в сложных геомеханических условиях, при вскрытии и отработке

запасов руды, обеспечивающую их устойчивость при одновременном сокращении затрат на их крепление.

Анализ устойчивости основных горных выработок рудника «Восход», выполненный в соответствии с нормативными рекомендациями СНиП II-94-80, показал, что они относятся к III и IV категориям устойчивости (состояние неустойчивые и весьма неустойчивые). В этих условиях к применению рекомендуются мощные несущие конструкции крепи.

Целью исследований являлся поиск путей удешевления стоимости крепления горных выработок, на основе применения облегченных элементов крепи без существенных изменений технологии проходки выработок.

Расчет параметров крепления выработок комбинированной анкер-набрызгбетонной крепью производился в три этапа:

- На первом этапе определялась необходимая толщина набрызгбетонного покрытия без учета анкерной крепи, которая вычислялась на основании изгиба прямоугольных пластин с жестким защемлением краев при равномерно распределенной нагрузке:

$$d = 0,35 \frac{b_{np}}{6} \sqrt{\frac{k_n n_c (q + P_r)}{m R_{bt}}}$$

с учетом совместной работы слоев набрызгбетона и упрочненной приконтурной зоны горных пород как составной плиты:

$$d = \frac{E_n}{E_{н.б} + E_n} 0,35 \frac{b_{np}}{6} \sqrt{\frac{k_n n_c (q + P_r)}{m R_{bt}}}$$

и по расчетной схеме заданных деформаций, разработанной Криво-

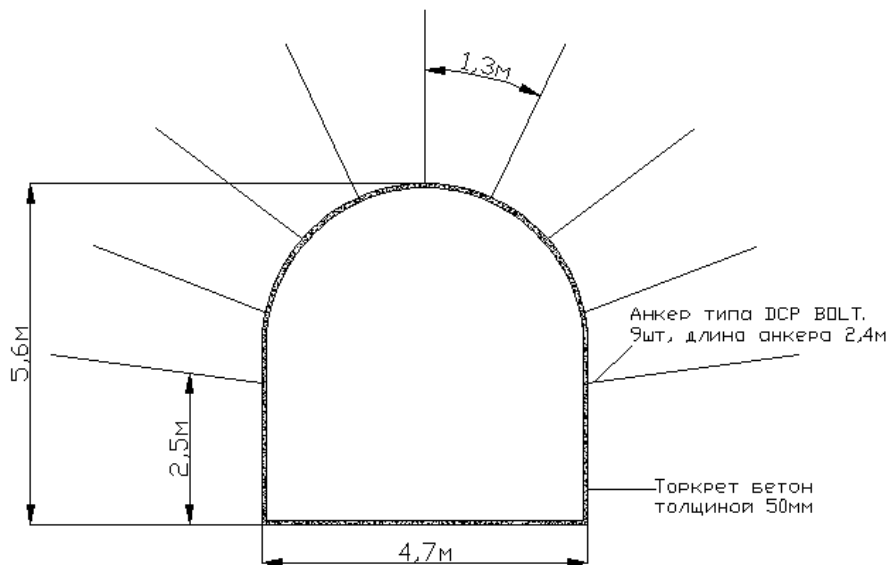


Рис. 2. Паспорт крепления выработок, разработанный фирмой SRK Consulting

рожским филиалом НИИОМШСа для рудных месторождений:

$$d = \left(\frac{UR_b}{3,73 \frac{R}{\gamma H} + 128,84 \frac{R_b c}{(\gamma H)^2} + 2,48 \frac{E_n}{E_b} - 6,74} \right)^{0,5}$$

$$U \leq 0,014 b_{np}$$

- На втором этапе производился расчет параметров анкерной и набрызгбетонной крепи с учетом упрочняющего воздействия анкерной крепи на породный массив и образования породного свода.

Длина анкеров определялась по стандартной методике с учетом образования вокруг выработки зоны разрушенных пород в виде свода

естественного равновесия и высотой h_f :

$$l_a = l_z + l_n + h_n;$$

$$h_n = \frac{L}{2fk_c};$$

$$L = b_{np} + 2htg\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right);$$

$l_z = 0,3 - 0,5$ м — величина заглубления анкера в устойчивую зону массива, $l_n = 0,05 - 0,20$ м — длина выступающей из шпура части штанги, зависящая от ее конструкции и толщины опорно-поддерживающего элемента (плита, подхват, металлическая стенка).

- На последнем этапе производился расчет конструкций комбинированной крепи и напряженно-деформированного состояния породного массива с помощью программного комплекса «PLAXIS 3D Tunnel Версия 2», предназначенного для расчета тоннелей и подземных конструкций в условиях трехмерной (пространствен-

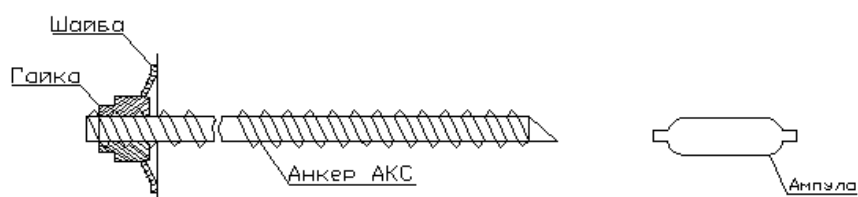


Рис. 3. Конструкция сталеполимерного анкера типа АКС

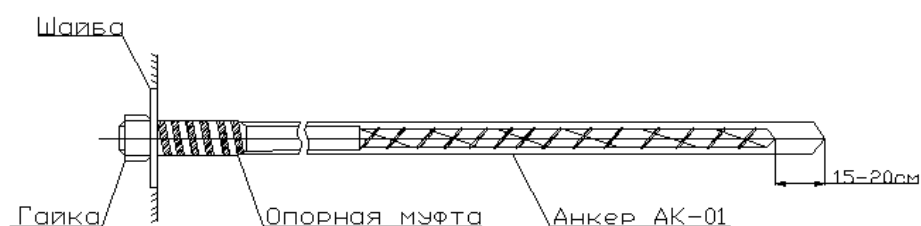


Рис. 4. Конструкция канатного анкера типа АК-02

Таблица 1

Сравнение результатов расчета крепи

Сравниваемые параметры	Деформации породного массива, мм		Смещения набрызгбетонной крепи, мм		Изгибающие моменты, кН*м	
	SRK	Россия	SRK	Россия	SRK	Россия
Наименование выработок						
Автотранспортный съезд и штреки на глубине 200 м	20	20	18	20	180	200
Орты в трещиноватых хромовых рудах на глубине 200 м	10	16	9	13	120	120
Орты в рыхлообломочных рудах на глубине 200 м	80	80	70	70	440	440
Автотранспортный съезд и штреки на глубине 400 м	40	40	40	40	300	400
Орты в трещиноватых хромовых рудах на глубине 400 м	30	30	32.5	32	240	300
Орты в рыхлообломочных рудах на глубине 400 м	120	100	120	100	800	900

ной) задачи, использующего для решения задач метод конечных элементов.

В результате выполнения расчетов были разработаны паспорта крепления горных выработок, облегченными типами крепи, обеспечивающие их устойчивое состояние в достаточно сложных горно-геологических условиях.

В качестве основных элементов крепления горных выработок — ан-

кером были предложены сталеполимерные анкера типа АКС и АКМ с несущей способностью 150—280 кН (рис. 3) и канатные анкера типа АК — 02 с несущей способностью 234кН (рис. 4), изготавливаемые на территории России и Казахстана.

При расчетах сравнивались вышеперечисленные параметры для исследуемых групп выработок при их креплении конструкциями анкер-набрыз-

гбетонной крепи, предложенными фирмой SRK Consulting, и конструкциями крепи, предлагаемыми МГГУ. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Как видно из таблицы и деформации породного массива, и смещения набрызгбетонной крепи, и внутренние усилия в ней практически одинаковы для сравниваемых конструкций крепи. Наибольшие расхождения (60 %) наблюдаются в деформациях породного массива для ортов, пройденных в трещиноватых хромовых рудах на глубине 200м. Но их абсолютные значения (10мм и 16мм) очень малы и не могут оказать какого-либо серьезного воздействия на крепь, устанавливаемую по обоим вариантам.

Анализ качества изготовления и стоимости параметров выпускаемой продукции показывает, что для условий рудника «Восход» могут быть рекомендованы следующие конструкции крепи и фирмы их изготавливающие:

- ТОО «Минова», расположенное в г. Караганда и выпускающая ампулы для закрепления анкеров в скважинах (АМК) и собственно анкеры типа АКС.

- ООО «Ранк-2», расположенное в г. Кемерово и выпускающее канатные анкера типа АК; АКУ и ампулы для закрепления анкеров в скважинах типа АМК с минеральной композицией.

В связи с тем, что в сравниваемых вариантах крепления горных вырабо-

ток технология и оборудование для бурения скважин под анкера и нанесения набрызгбетонного слоя не меняются экономическая оценка выполняется только на основании стоимости анкеров и их количестве на один метр выработки.

Анализ сравниваемых вариантов крепления показал, что экономический эффект от применения анкеров изготавливаемых на предприятиях России и Казахстана, по сравнению с анкерами предложенными австралийской фирмой SRK Consulting составляет:

- при креплении ортов висячем боку рудного тела и выработок на глубине 400 м 54400 руб/м.

В заключение стоит отметить, что применение облегченных типов крепи в сложных геомеханических условиях рудника «Восход» оказалось более целесообразным, чем применение заложенных проектом железобетонных крепей. Анкера, изготавливаемые на территории России и Казахстана, обеспечивают необходимую несущую способность выработок на период проходки и эксплуатации и по своим характеристикам практически одинаковы по сравнению с анкерами предложенными фирмой SRK Consulting, а экономический эффект от применения этих анкеров составляет до 54400руб/м, что существенно снижает стоимость крепления выработок. ■■

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Франкевич Г.С. — доктор технических наук, профессор,

Пшеничный В.А. — кандидат технических наук, доцент,

Фролов Г.А. — студент V курса специальности «Шахтное и подземное строительство»,

Московский государственный горный университет,

Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

