

СЕКЦИЯ 17
ГОРНОЕ ДЕЛО.
РАЗРАБОТКА РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТОЙЧИВОСТИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД
НА ОСНОВЕ РЕЙТИНГОВЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ

Д.М. Ахмет, Ж.С.Каукенов

Научный руководитель старший преподаватель А.Ж. Имашев
Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан

При оценке устойчивости массива горных пород рудника «Ушкатын-3» Жайремского месторождения применяются рейтинговые классификации Q-system по Н.Бартону [1] при выборе типа и параметров крепи, RMR по З.Бенявскому [2] и GSI по Хоэку-Брауну [3] при анализе устойчивости горных пород вблизи очистных пространств.

Крутопадающие рудные тела месторождения «Ушкатын-3» обрабатываются комбинированным способом. На границах между карьером и подземным рудником оставлены охранные целики и потолочные целики между горизонтами. На руднике «Ушкатын-3» предусматривается отработка охранных целиков между карьером и подземным рудником с поверхности (отметка +336 м) до отметки +144 м. Целью работы является подготовка данных для численного анализа геомеханического состояния массива горных пород вблизи охранных и потолочных целиков с использованием рейтинговых классификаций.

Численный анализ геомеханического состояния массива будет осуществляться по критерию прочности Хоэка-Брауна. Важной составляющей при получении данных о прочности горных пород является показатель геологического индекса прочности (GSI). GSI определяется в зависимости от степени нарушенности массива трещинами и категории устойчивости массива по рейтингу RMR. Получается, что выход на GSI осуществляется через рейтинг RMR по достаточно простой корреляции (1):

$$GSI = RMR - 5 \quad (1)$$

Рейтинг RMR определяется из шести параметров по формуле (2):

$$RMR = J_{A1} + J_{A2} + J_{A3} + J_{A4} + J_{A5} + J_B \quad (2)$$

Для определения рейтинга RMR были определены следующие параметры и структурные показатели массива горных пород: прочность пород на одноосное сжатие (J_{A1}), показатель качества пород RQD (J_{A2}), расстояние между трещинами (J_{A3}), условия трещиноватости J_{A4} (шероховатость, длина, раскрытие, заполнитель и выветрелость трещин), условие обводненности выработок (J_{A5}) и направление трещин относительно оси выработки (J_B).

Исследуемый участок месторождения был разделен на 5 зон по глубине расположения действующих горизонтов. Для этих зон были определены показатели GSI и RMR [5]. Результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Значение рейтинга RMR и показателя GSI

Участки по отметкам	Глубина с поверхности, м	RMR	GSI	Примечание
1	2	3	4	5
373 – 288	85	62	57	Зона коры выветривания
288 – 240	133	60	55	Скальный массив
240 – 192	181	65	60	Скальный массив
192 – 144	229	67	62	Скальный массив
144 - 96	277	67	62	Скальный массив

Показатель GSI является исходным данным при уточнении физико-механических свойств и построении паспорта прочности горных пород по критерию прочности Хоэка-Брауна. Параметры прочности массива горных пород по критерию Хоэка-Брауна (m_b , s , a) определяются с помощью программы RocLab [6]. Результаты определения параметров прочности горных пород по критерию Хоэка-Брауна приведены в таблице 2.

Таблица 2

Прочностные показатели по критерию Хоэка-Брауна

Участки по отметкам	Прочность неповрежденной горной породы, МПа	Параметр m_b	Параметр s	Модуль деформации массива, МПа
1	2	3	4	5
373 – 288	70	1,507	0,0084	11871
288 – 240	90	2,005	0,0067	25721
240 – 192	100	2,397	0,0117	36400
192 – 144	120	2,574	0,0147	47487
144 - 96	120	2,574	0,0147	47487

Прочностные параметры по критерию Хоэка-Брауна используются в качестве исходных данных численного моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород при процессе самообрушения охранных целиков.

В результате исследований было установлено, что для очень блочных устойчивых и среднеустойчивых горных пород значение GSI колеблется от 55 до 62. Анализ полученных данных показывает, что GSI для рассматриваемого примера изменяется с увеличением глубины ведения горных работ, но при достижении глубины 230 м GSI и параметры прочности массива горных пород по критерию Хоэка-Брауна остаются постоянными.

Численный анализ по оценке устойчивости массива горных пород был проведен с учетом данных приведенные в таблицах 1 и 2.. Результаты численного анализа приведены на рисунке 1.

1 – при запасе прочности 1 (зона разрушения пород); 2 – при запасе прочности 1,6 (предельное состояни

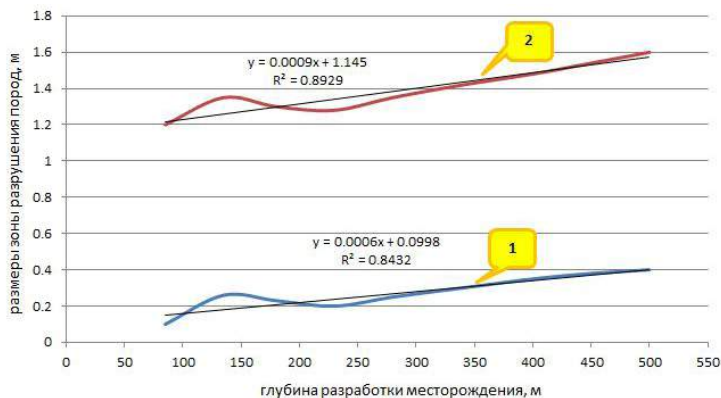


Рис. Изменение размеров зоны разрушения пород в зависимости от глубины разработки

Вмещающие породы рудника «Ушкатын-3» по устойчивости относятся к 2 (устойчивые) и 3 (средней устойчивости) категории. Согласно Технологической инструкции по выбору типов и параметров крепи горных выработок при 2 категории ($Q=10-40$) параметры крепи допускается выбирать без расчета, но при этом длина анкера должна быть не менее 30% от ширины выработки. При 3 категории устойчивости ($Q=4-10$) для поддержания выработки применяется анкерная крепь длиной не менее 1,8 м или набрызгбетонная крепь толщиной не менее 5 мм.

Многолетние (с 2008 года по 2016 годы) визуальные и инструментальные наблюдения за состоянием устойчивости массива горных пород показали отсутствие каких-либо видимых смещений контуров горных выработок.

Проведенные в 2016 году испытание анкеров по определению их несущей способности показали, что установленные сталеполлимерные анкера при нагрузке 10-15 тонн устойчивы и сохраняют работоспособность.

Результаты моделирования показали, что в непосредственной кровле выработки минимальный запас прочности пород 1. Максимальный размер зоны разрушения пород на глубине разработки 500 м составляет 0,4 м, где также запас прочности равен 1. Исходя из результатов численного анализа для поддержания капитальных и подготовительных горных выработок достаточно применение анкерной крепи длиной не менее 1,8 м. полученные данные численного анализа совпадают с регламентирующими документами, натурными наблюдениями и шахтными исследованиями.

Литература

1. Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support, Rock Mechanics, Springer-Verlag, Vo.6, 1974. – pp. 189-236.
2. Bieniawski, Z.T. Engineering Classification of Jointed Rock Masses, The Civil Engineer in South Africa, 15, 1973. – pp. 335-344.
3. Hoek, E. and Brown, E.T. Practical Estimation of Rock Mass Strength, Int. Jr. Rock Mech. and Min. Sci., Pergamon, Vol. 34, No. 8, 1997. – pp. 1165-1186.
4. Имашев А.Ж., Бахтыбаев Н.Б., Таханов Д.К., Рашид Ж., Мұратұлы Б. Внедрение геологического индекса прочности (GSI) для горных пород месторождения «Ушкатын-3» // Труды Международного научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основы реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №7). Г.Караганды, КарГТУ, 2015. – с.43-44.
5. Имашев А.Ж., Бахтыбаев Н.Б., Таханов Д.К., Рашид Ж., Мұратұлы Б. Применение рейтинговой классификации массива горных пород в условиях Жайремского месторождения // «Инновации в комплексной переработке минерального сырья» (Абишевские чтения-2016). г.Алматы., Отель Rixos, 2016. – С.127-130.