© В.Е. Боликов, А.М. Никитин,
М.В. Васильев, 2008

УДК 622.83

В.Е. Боликов, А.М. Никитин, М.В. Васильев

*ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА И ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ**

Семинар № 4

В массиве горных пород на железорудных шахтах Урала при достижении глубины горных пород 550 м и более резко усложняются условия устойчивости горных выработок. На этих глубинах отмечены аномально высокие напряжения, возникающие в массивах горных пород в окрестностях горных выработок, значительные деформации и нагрузки на крепь выработок. Объяснение этим явлениям можно дать, на наш взгляд, с точки зрения представления о запредельных деформациях, дилатансионных и дезинтеграционных процессах, протекающих в массивах горных пород, в окрестности горизонтальной горной выработки.

В этих условиях необходимо применение конкретных методов определения нагрузок на крепь выработок, типичных для пород с нелинейными деформационными характеристиками.

Поэтому для оценки устойчивости пород в выработках используется соотношение (η – безразмерная величина).

$$\eta = \frac{\gamma \cdot H}{R_M},$$

где γ – плотность породы или руды, т/м^3; H – глубина заложения выработки, м; R_M – прочность пород на сжатие в массиве, т/м^2.

Поэтому для предварительной оценки устойчивости пород при проходке горной выработки рекомендуется использовать следующие соотношения:

если $\gamma \cdot H \cdot R_M^{-1} < 0{,}3$ породы можно считать устойчивыми. При проведении выработок по породам, склонными к выветриванию, необходимо применять набрызгбетонную крепь толщиной 2-6 см;

при соотношении $0{,}3 < \gamma \cdot H \cdot R_M^{-1} < 0{,}6$ породы можно считать среднеустойчивыми. Рекомендуемые виды кре-пи: набрызгбетонная, штанговая, комбинированная из набрызгбетона и штанг;

при соотношении $0{,}6 = \gamma \cdot H \cdot R_M^{-1} = 0{,}7$ породы можно считать слабоустойчивыми и неустойчивыми. В этих условиях рекомендуется поддерживающие крепи: бетонная, деревянная, металлическая податливая.

Возможно применение смешанных крепей: штанговой крепи в сочетании с монолитной бетонной и металлической.

На основании вышеизложенного, рекомендуется следующая геомеханическая характеристика массива горных пород по условию устойчивости (табл. 1).

*Работа выполнена при поддержке РФФИ и Совета по грантам Президента РФ ведущих научных школ

Таблица 1

Геомеханическая характеристика массива горных пород

Безразмерный параметр $\frac{\gamma \cdot H}{R_м}$	**≤ 0,3**	**0,4–0,5**	**0,6**	**0,7**
Оценка в баллах	20	12	10	5
Состояние массива горных пород	Весьма устойчивый	Устойчивый массив	Средне устойчивый массив	Неустойчивый массив

Таблица 2

Оценка в баллах по обводнённости

Подземные воды	**Отсутствуют**	**Мочажины**	**Слабый капёж**	**Сильный капёж**	**Струи воды**
Оценка в баллах	15	10	7	4	0

Таблица 3

Оценка в баллах элементов залегания трещин

Простирание трещин	**Перпендикулярно оси выработки**		**Параллельно оси выработки**		**Независимо от простирания трещин**
Падение трещин	$45\text{-}90^0$	$20\text{-}45^0$	$45\text{-}90^0$	$25\text{-}45^0$	$0\text{-}20^0$
Оценка качественная	Очень благоприятное	Благоприятное	Очень неблагоприятное	Удовлетворительное	Неблагоприятное
Оценка в баллах	25	15	0	15	5

Таблица 4

Оценка в баллах по форме структурного блока

Форма блока	**Призматическая прямоугольная**	**Плитчатая**	**Трапецеидальная**	**Клиновидная**	**Хаотичная**
Оценка в баллах	20	17	13	8	3

Таблица 5

Оценка в баллах по сроку службы выработки

Срок службы, лет	**1,5**	**4**	**7**	**10**	**15**
Оценка в баллах	8	6	4	2	0

Таблица 6

Оценка в баллах напряжённого состояния массива горных пород

Соотношение напряжений в массиве горных пород $\frac{\sigma_г}{\sigma_в}$	**1,0**	**1,5**	**2,0**	**2,5**
Оценка в баллах	15	10	5	0

$\sigma_г$ – горизонтальные тектонические напряжения, действующие в массиве пород.
$\sigma_в$ – вертикальные напряжения, на глубине расположения выработки.

Таблица 7

Классификация горного массива

Качественная оценка	**Весьма устойчивые**	**Устойчивые**		**Средней устойчивости**		**Слабой устойчивости**		**Неустойчивые**	
Категория	I	IIа	IIб	IIIа	IIIб	IVа	IVб	Vа	Vб
Оценка в баллах	90 и более	90-85	75-70	70-65	55-60	50-40	40-35	30-35	25 и менее

Для окончательного прогноза устойчивости руд и пород в выработках рекомендуется использовать многопараметровую геомеханическую классификацию (табл. 7). По этой классификации учёту при оценке устой-чивости подлежат: характеристика трещиноватости пород, обводнённость, срок службы выработки и напряжённое состояние массива горных пород (табл. 2–6).

По всем факторам, отмеченным в табл. 2–6, предложена классификация горного массива по устойчивости (табл. 7).

В зависимости от категории устойчивости массива горных пород рекомендуется классификация поддержания горных выработок в процессе проходки и ведения очистных работ (табл. 8).

Проведение и крепление горных выработок осуществляется в соответствии с «Едиными правилами безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом». М. 2003 г. п.55. Допустимое отставание постоянной крепи от забоя при проходке выработок принимается на момент производства взрывных работ до 60 м для набрызгбетона и от 0,7 до 60 м для штанговой крепи. Для временной – 1 шаг принятого вида крепления выработки.

В табл. 9 представлены значения допустимого отставания крепи и допустимого времени обнажения пород в зависимости от категории устойчивости горного массива.

Рекомендации по величине отставания крепи от забоя относятся к категориям II, III, IV. Первая категория – это вполне устойчивые породы и крепления, как правило, не требуют. Пятая категория – это весьма неустойчи-вые породы и крепление должно производиться вслед за уходкой до груди забоя.

Допустимое время обнажения пород изменяется от неограниченного для первой категории горного массива до одних суток для IV. Для V категории

Таблица 8

Выбор крепи в зависимости от категории устойчивости массива горных пород

Характеристика руд и пород	Категория устойчивости горного массива	Постоянная крепь				Временная крепь	
		Вид крепи		Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Вид крепи	Допустимое отставание от забоя
		Основной	Альтернативный				
1	2	3	4	5	6	7	8
Весьма устойчивые	I	Не требуется	-	-	-	-	-
Устойчивые	IIа	Набрызгбетон	-	Толщина набрызгбетона-3 см	После проходки	Не требуется	-
	IIб	Железобетонные штанги, тросовые штанги	Полимерные штанги	Сетка штанговая (тросовые, железобетонные) 0,7×0,7 м, полимерные 1,0×1,0 м. Глубина штангования-2,0 м	После проходки	Не требуется	-
Средней устойчивости	IIIа	Железобетонные штанги, тросовые штанги + набрызгбетон,	Полимерные штанги + набрызгбетон, армирован-ный набрыгбетон	Сетка штанговая (тросовые, железобетонные, армированный железобетон) 0,7×0,7 м. Набрызгбетон- 3 см. Глубина штангования-2,0 м.	Штанги-0,7 м, набрызгбетон-30 м, армированный набрызгбетон-15 м	Штанги постоянной крепи Набрызгбетон	0,7 м 15 м
	IIIб	Железобетонные, тросовые штанги, +сетка металлическая + набрызгбетон	Полимерные штанги+сетка металлическая+набрызгбетон	Сетка штангования (тросовые, железобетонные) 0,7×0,7 м +металлическая сетка с ячейкой 0,1×0,1 м +набрызгбетон 3÷5 см Глубина штангования-2,0 м	Штанги- 0,7 м. Сетка-30 м. Набрызгбетон-30 м. Глубина штангования-2,0 м.	Штанги + сетка + набрызгбетон	0,7 м 15 м

Слабой устойчивости	IVа	Железобетонные, тросовые штанги+сетка металлическая+набрызгбетон	Полимерные штанги+сетка металлическая+набрызгбетон	Сетка штангования 0,7×0,7 м Глубина штангования-2,0 м. Металлическая сетка с ячейкой 0,1×0,1 м. Набрызгбетон-5 см.	Штанги- 0,7 м. Сетка + набрызгбетон-30 м	Штанги, Сетка + набрызгбетон	0,7 м 15 м
	IVб	Железобетонные, тросовые штанги + сетка металлическая + набрызгбетон	Металлическая арочная крепь	Сетка штангования 0,7×0,7 м Глубина штангования-2,0 м. Набрызгбетон-5 см. СВП 17, 22 трапециевидная через 1,0 м	Штанги - 0,7 м. Металлическая крепь-1,0 м.	Штанги +набрызгбетон+сетка Металлическая арочная с шагом 1,0 м	0,7 м 15 м 1,0 м
Неустойчивые	Vа	Металлическая арочная	Монолитный бетон, железобетон	Металлическая арочная СВП-22, 27 через 0,5 м +железобетонная или металлическая затяжка	Металлическая арочная – 0,5 м	Металлическая арочная с шагом 0,5 м	Без отставания
	Vб	Бетонная, железобетонная	-	Металлическая арочная СВП-27, 33 или с опережающей крепью	Без отставания	Металлическая арочная с шагом 0,5 м	Без отставания

Таблица 9

Допустимое время обнажения горного массива и отставание постоянной крепи от забоя

Категория устойчивости горного массива	Оценка степени устойчивости	Общая характеристика состояния пород	Допустимое время обнажения пород	Допустимое отставание постоянной крепи от забоя, м				
				Набрызгбетонная крепь	Штанговая крепь	Металлическая арочная крепь	Монолитная бетонная	Железобетонная
I	Весьма устойчивые	Вывалы отсутствуют	Практически неограниченное	-	-	-	-	-
II	Устойчивые	Возможны отдельные незначительные отслоения	До 6 мес.	60	60	-	-	-
III	Средней устойчивости	Возможно образование вывалов, как правило, из кровли выработки	10-15 суток	10-30	Вслед за подвиганием забоя	-	-	-
IV	Слабой устойчивости	Образование вывалов вскоре после обнажения пород, возможно образование вывалов в боках выработки	Не более суток	10	Вслед за подвиганием забоя	Вслед за подвиганием забоя	20-30	-
V	Неустойчивые	Обрушение пород вслед за обнажением	Крепление вслед за подвиганием забоя, применение опережающей крепи	-	-	-	20-30	20-30

Таблица 10

Крепление сопряжений нарезных выработок

Категория пород по устойчивости	Вид выработки	Ширина выработки, м	Вид и параметры крепи			
			Железобетонные, тросовые, полимерные штанги			Постоянный вид крепи
			Глубина штангования, м	Сетка штангования, м	Отставание крепи, м	
В породах и рудах: I-III категории устойчивости	Скреперные, буровые, вентиляционные	2,5-3,2	2,0	0,7×0,7	0,7	-
В породах и рудах: IV-V категории	Скреперные, буровые, вентиляционные	2,5-3,2	Временные виды крепи			Специальные виды крепи

– крепление должно производиться вслед за подвиганием забоя. Поэтому время обнажения пород в этом случае несколько часов.

При проведении выработок в ударо-опасных породах при возникновении стреляний горных пород применяется временная предохранительная крепь.

Сопряжения горизонтальных выработок должны быть закреплены в породах I-V категорий устойчивости. Способы крепления сопряжений следует выбирать в соответствии с классификацией пород по устойчивости, исходя из максимального пролёта сопряжений (табл. 10).

На основании данных исследований по выбору и определению крепи и её параметров разработана «Инструкция по креплению и подержанию капитальных, подготовительных, нарезных и разведочных выработок на шахте С-Песчанская Богословского рудоуправления».

Данная инструкция прошла аппробацию на шахте и сегодня используется как нормативный документ по выбору типа и параметров крепи в различных горно-геологических условиях. ГИАБ

Коротко об авторах

Боликов В.Е., Никитин А.М. – ИГД УрО РАН,
Васильев М.В. – ОАО «Богословское рудоуправление».

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 4 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. *С.А. Гончаров.*