

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАМЕРЫ НА СТЕПЕНЬ УПЛОТНЕНИЯ ЗАКЛАДКИ

Майстров Ю.А., Березов А.К., Габараев Г.О.

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ

Ключевые слова: твердеющие смеси, разнопрочные составы, деформации, упрочнение массива, технология разработки.

Аннотация. Исследуются процессы взаимодействия разрушенных геоматериалов в пределах обрабатываемой камеры и степень уплотнения материала закладки в зависимости от конструктивных параметров закладочного массива. Установлено, что величина коэффициента уплотнения породной закладки в различных точках вертикального сечения камеры неодинакова и изменяется с увеличением высоты закладочного массива, ширины очистного пространства и угла падения, при этом влияния угла падения и ширины очистного пространства соответственно 2,8 и 4,2 раза ниже, чем высота закладочного массива.

THE EFFECT OF THE CAMERA PARAMETERS ON THE DEGREE OF COMPACTION OF THE BOOKMARK

Majstrov Yu.A., Berezov A.K., Gabaraev G.O.

North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz

Keywords: hardening mixtures, various-strength compositions, deformations, massif hardening, development technology.

Abstract. The processes of interaction of destroyed geomaterials within the working chamber and the degree of compaction of the filling material are investigated depending on the design parameters of the filling array. It was found that the value of the compaction coefficient of the rock filling at different points of the vertical section of the chamber is not the same and changes with an increase in the height of the filling array, the width of the treatment space and the angle of incidence, while the influence of the angle of incidence and the width of the working space is, respectively, 2.8 and 4.2 times lower. than the height of the filling array.

Под влиянием технологических и гравитационных процессов закладочный материал после подачи в камеру переуплотняется, значительно превосходя первоначальную плотность. Увеличение плотности укладки закладки приводит к изменению механических свойств закладки, определяющих ее поддерживающие свойства [1]. С целью установления технологических параметров закладочного массива на степень уплотнения, были проведены исследования. В задачи физического моделирования процессов взаимодействия разрушенных геоматериалов в пределах обрабатываемой камеры входило установление степени уплотнения материала

закладки в зависимости от конструктивных параметров закладочного массива.

Исследования [2, 3] показали, что моделирование процессов взаимодействия разрушенных геоматериалов в поле силы тяжести при соблюдении геометрического подобия дает результаты с достаточной для практического применения в горном деле точностью. При моделировании процессов, связанных с напряженным состоянием сыпучего материала необходимо соблюдать как условия геометрического, так и динамического подобия [4].

Масштаб геометрического моделирования определен из условия:

$$C_\ell = \frac{H}{h} = \frac{l_H}{l_M} = \left(\frac{V_H}{V_M} \right)^{1/3},$$

где H и h – толщина слоя сыпучего материала в натуре и модели, м; l_H и l_M – линейные размеры натуре и модели, м; V_H и V_M – объемные размеры натуре и модели, м³.

Эквивалентный материал, используемый для моделирования, характеризуется следующими основными свойствами: плотностью, углом внутреннего трения и коэффициентом сцепления [5]. Свойства эквивалентного материала определены из соотношений: величина углов внутреннего трения о стенки камеры соответствует натуре:

$$C_\phi = C_\psi = 1,$$

где C_ϕ и C_ψ – масштаб углов внутреннего трения породы о стенки камеры; масштаб плотности:

$$C_\gamma = \frac{\gamma_H}{\gamma_M} = 1,$$

где γ_H и γ_M – плотность пород в натуре и на модели, т/м³.

Достаточное условие динамического подобия при исследовании закономерностей взаимодействия породной закладки и вмещающих пород на модели и в натуре записывается следующим образом

$$K = \frac{N_M}{\gamma_M l_M} = \frac{N_H}{\gamma_H l_H} = ideM$$

где K – некоторое безразмерное число, являющееся определяющим критерием подобия; N – величина, учитывающая значения предельных напряжений и деформационные характеристики материалов.

Учитывая, что геометрические размеры модели меньше размеров в натуре, то есть $l_H \neq l_M$, то для сохранения инвариантности формулы следует положить, что $N_M \neq N_H$. В этом случае, зная механические свойства материала натуре N_H , и задавшись соотношениями l_M/l_H и γ_M/γ_H , через коэффициент динамического подобия, получим механические свойства материала модели N_M , которые обеспечат подобие модели и натур

$$N_M = \frac{l_M \gamma_M}{l_H \gamma_H} \cdot N_H.$$

Исследования характера распределения давления породной закладки и степени ее уплотнения проводили на объемной модели, имитирующей отработку камеры с параметрами 50×50 м в масштабе 1:5. При моделировании регулировали высоту закладочного массива, ширину очистного пространства и угол падения. Исходя из задач исследований, масштаб моделирования, влажность закладки, шероховатость стенок модели, материал и гранулометрический состав сыпучей породной закладки во всех опытах не изменяли. Гранулометрический состав горной массы в модели подбирали с учетом фактического грансостава породной закладки.

Исследовалось комплексное влияние высоты закладочного массива, ширины очистного пространства и угла падения рудного тела на величину уплотнения. В каждом опыте породу засыпали в модель с одинаковой высоты порциями, наращивая высоту столба сыпучего до уровня соответствующей отметки, в каждый раз на 4 см, при этом фиксировали объем V_p и вес Q_p в зависимости от высоты закладки:

$$\gamma_m = \frac{Q_p}{V_p}.$$

В качестве критерия, характеризующего уплотнение закладки в пределах заданных параметров камеры, был принят коэффициент уплотнения, который определяют из выражения:

$$K_{yn} = \frac{K_{P_1}}{K_p},$$

где K_{P_1} – первоначальный коэффициент разрыхления пород; K_p – коэффициент разрыхления породной закладки.

Величину коэффициента разрыхления породной закладки определяют из соотношения объемного веса материала породной закладки в массиве γ_{P_1} к объемному весу закладки γ_p .

Был принят трехфакторный эксперимент с уравнением регрессии:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3.$$

Для исследуемых факторов матрица планирования имела вид, представленный в таблице 1.

Обработка экспериментальных данных (таблица 2), представляющих собой полный факторный эксперимент, позволила получить следующую линейную модель с независимыми переменными в кодовом масштабе:

$$Y = 1,116 + 0,1537 X_1 + 0,0562 X_2 + 0,0362 X_3 \\ R^2 = 0,9980; R = 0,9990; F = 666; F_{0,05; 7; 4} = 6,09.$$

В связи с тем, что $F > F_{0,05; 7; 4}$ уравнение регрессии признано адекватным экспериментальным данным. По абсолютным значениям коэффициентов регрессии было произведено ранжирование независимых переменных по силе их влияния на функцию отклика K_{yn} . Наиболее сильное

влияние на коэффициент уплотнения K_{yn} оказывает H_p и затем α и M_0 , влияние которых соответственно ниже в 2,8 и 4,2 раза.

Табл. 1. Уровни факторов и интервалы их варьирования

Условные обозначения		Факторы	Уровни			Интервал	Размерность
Натур. масштабе	Кодовом масштабе		+1	0	-1		
H_p	x_1	Высота закладочного массива	48	26	4	22	м
α	x_2	Угол падения	90	75	60	15	град.
M_0	x_3	Ширина очистного пространства	3	2	1	1	м

Табл. 2 Результаты исследований влияния параметров закладочного массива на величину коэффициента уплотнения

№ Опытов	Кодовый масштаб			Натуральный масштаб			K_{yn} $У$
	x_1	x_2	x_3	H_p	α	M_0	
1	-1	-1	-1	4	60	1	0,88
2	+1	-1	-1	48	60	1	1,18
3	-1	+1	-1	4	90	1	0,98
4	+1	+1	-1	48	90	1	1,28
5	-1	-1	+1	4	60	3	0,93
6	+1	-1	+1	48	60	3	1,25
7	-1	+1	+1	4	90	3	1,06
8	+1	+1	+1	48	90	3	1,37
9	-1	0	0	4	75	2	0,96
10	+1	0	0	48	75	2	1,28
11	0	-1	0	26	60	2	1,17
12	0	+1	0	26	90	2	1,26
13	0	0	-1	26	75	1	1,22
14	0	0	+1	26	75	3	1,25

В результате перевода независимых переменных в размерный масштаб получено следующее уравнение регрессии:

$$K_{yn} = 0,5808 + 0,00699 H_p + 0,00375 \alpha + 0,0362 M_0.$$

В результате исследований установлено: величина коэффициента уплотнения породной закладки в различных точках вертикального сечения камеры неодинакова и изменяется с увеличением высоты закладочного массива, ширины очистного пространства и угла падения, при этом влияния угла падения и ширины очистного пространства соответственно 2,8 и 4,2 раза ниже, чем высота закладочного массива.

Список литературы

1. Габараев О.З., Дмитрак Ю.В., Дребенштедт К., Савелков В.И. Закономерности взаимодействия разрушенных геоматериалов и рудовмещающего массива при отработке подработанных вкрапленных руд // Устойчивое развитие горных территорий. – 2017. – №4. – С. 406-413.
2. Габараев О.З., Кожиев Х.Х., Битаров В.Н., Гашимова З.А. Технологии разработки сильнонарушенных руд // Устойчивое развитие горных территорий. – 2013. – №3. – С.35-39.
3. Плиев И.Г., Габараев О.З. Исследование схем ведения очистных работ при системах разработки с закладкой выработанного пространства // Труды молодых ученых Владикавказского научного центра РАН. – 2005. – №3. – С. 56-60.
4. Габараев О.З., Козырев Е.Н., Медведев В.С. Формирование закладочных массивов из разнопрочных составов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2001. – №8. – С. 214-217.
5. Голик В.И., Габараев О.З. Управление напряжениями в массиве // Цветная металлургия. – 1999. – №10. – С. 3-5.

References

1. Gabaraev O.Z., Dmitrak Yu.V., Drebenshtedt K., Savelkov V.I. Regularities of interaction of destroyed geo-materials and ore-bearing massif in the processing of processed deposited ore // Sustainable Development of Mountain Territories. – 2017. – No. 4, Vol. 4. – P. 406-413.
2. Gabaraev O.Z., Kozhiev H.H., Bitarov V.N., Gashimova Z.A. Development technologies of severely disturbed ores // Sustainable Development of Mountain Territories. – 2013. – No. 3, Vol. 5. – P. 35-39.
3. Pliev I.G., Gabaraev O.Z. Investigation of cleaning work schemes in development systems with the laying of the developed space // Proceedings of young scientists of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2005. – No. 3. – P. 56-60.
4. Gabaraev O.Z., Kozurev E.N., Medvedev V.S. Formation of laying arrays of multi-strength compositions // Mining information and Analytical Bulletin. – 2001. – No. 8. – P. 214-217.
5. Golik V.I., Gabaraev O.Z. Control of stresses in the array // Non-ferrous metallurgy. – 1999. – No. 10. – P. 3-5.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Майстров Юрий Александрович – аспирант	Majstrov Yuri Aleksandrovich – post-graduate student
Березов Азамат Казбекович – аспирант	Berezov Azamat Kazbekovich – post-graduate student
Габараев Георгий Олегович – студент	Gabaraev Georgy Olegovich – student
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия	North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz, Russia

Получена 01.12.2021