© М.М. Хайрутдинов, А.А. Копылов, В.Г.Рябухин, 2007

УДК 622.372.34

М.М. Хайрутдинов, А.А. Копылов, В.Г.Рябухин

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОДНОЙ ЗАКЛАДКИ В УСЛОВИЯХ ОБЪЕМНОГО СЖАТИЯ

Семинар № 17

В задачи моделирования процессов взаимодействия разрушенных геоматериалов в пределах камеры входило: исследование характера распределения давления породной закладки на днище и стенки камеры; установление степени уплотнения материала закладки в зависимости от параметров закладочного массива; исследование поддерживающих свойств породной закладки в объемном напряженном состоянии.

Исследования характера распределения давления породной закладки и степени ее уплотнения проводили на объемной модели. При проведении экспериментов исследовался качественный характер распределения давления закладки на днище (σ_z^P) и висячий бок (σ_x^P) по периметру модели в зависимости от высоты закладочного массива (H_p) и угла наклона (α) модели (рис. 1).

В результате исследований установлено: значения давления при постоянной высоте закладочного массива по длине камеры непостоянны и уменьшаются от центра к флангам; максимальное давление на бока выработанного пространства по высоте камеры породная закладка оказывает в нижней части блока, причем с уменьшением угла падения, ширины очистного пространства и высоты закладочного массива происходит его снижение; начиная с высоты закладочного массива равной 2,5-3 ширины очистного пространства давление

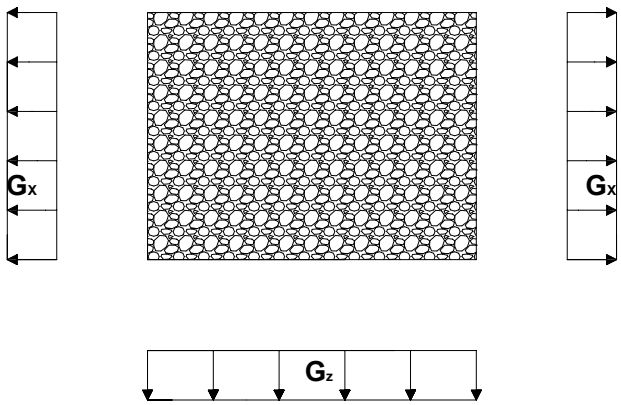
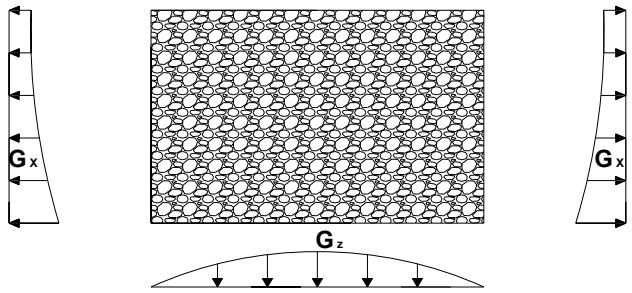


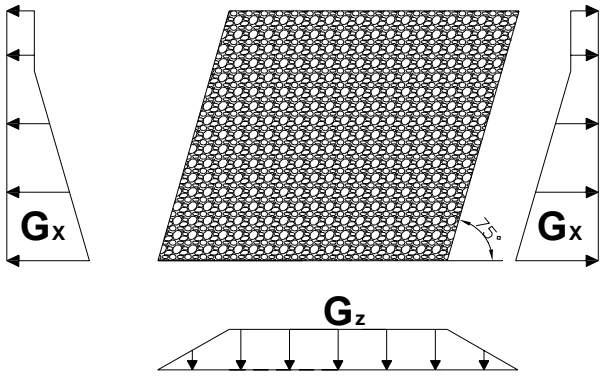
Рис. 1

а) при α = 90°



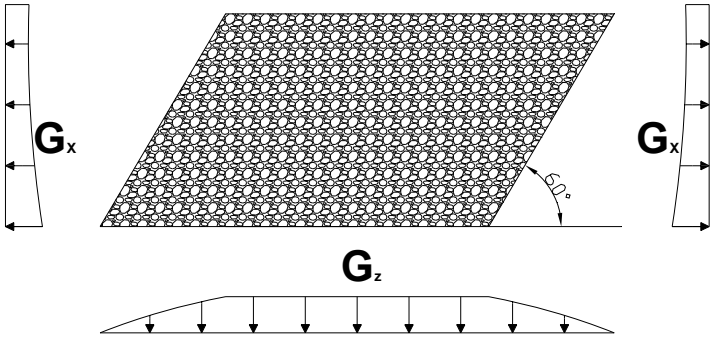
$$K_{уп} = 0,9184 + 0,01368 H_p - 1,716 \cdot 10^{-4} H_p^2 + 7,6 \cdot 10^{-7} H_p^3 . \quad (1)$$

б) при α = 75°



$$K_{уп} = 0,8548 + 0,012993 H_p - 1,276 \cdot 10^{-4} H_p^2 + 4,0 \cdot 10^{-7} H_p^3 . \quad (2)$$

в) при α = 60°



$$K_{уп} = 0,807 + 0,012943 H_p - 1,41 \cdot 10^{-4} H_p^2 + 1,0 \cdot 10^{-7} H_p^3 . \quad (3)$$

Рис. 2

закладки на стенки и бока выработанного пространства стабилизируется и перестает соответствовать геостатическому закону распределения; стабилизация давления начинается с краевых участков камеры и завершается в центральной его части.

На модели установлено влияние конструктивных параметров камеры на степень уплотнения массива из породной закладки. Первоначально устанавливался характер влияния высоты закладочного массива на величину уплотнения породной закладки ($К_{уп}$), затем исследовалось влияние высоты закладочного массива, ширины очистного пространства ($М_о$) и угла падения в комплексе на величину уплотнения. Экспериментальные данные были аппроксимированы полиномиальными уравнениями регрессии следующих видов (рис. 2).

г) комплексное влияние факторов

$$К_{уп} = 0{,}5808 + 0{,}00699\ Н_р + +0{,}00375\ \alpha + 0{,}00362\ М_0 \qquad (4)$$

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;

– с увеличением высоты закладочного массива коэффициент уплотнения увеличивается от минимального значения до определенного предельного для заданных условий;

– наиболее интенсивное изменение коэффициента уплотнения закладочного массива наблюдается до высоты 16-20 м, после чего она становится практически одинаковой (рис. 3).

Механические испытания материалов породной закладки на установках трехосного сжатия позволяют получать прочностные показатели и устанавливать закономерности деформирования горных пород в объемном напряженном состоянии.

Сущность испытаний заключалась в установлении зависимостей между параметрами объемного нагружения и получаемыми деформациям и породной закладки. Кроме того, устанавливался коэффициент бокового распора, характеризующего поддерживающие свойства породной закладки в условиях объемного сжатия.

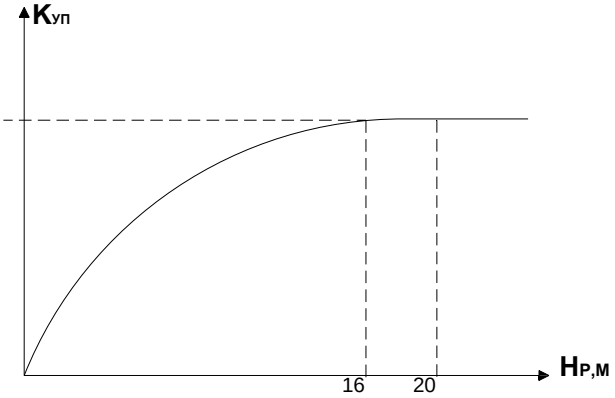


Рис. 3

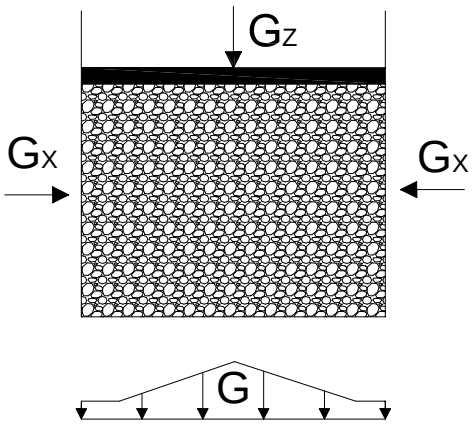


Рис. 4

В качестве аппаратуры при проведении испытаний образцов породной закладки в объемно-напряженном состоянии использовалась установка длительного трехосного неравнокомпонентного сжатия конструкции ВНИИцветмет (рис. 4).

Закладочный материал загружали в испытательную камеру и разравнивали его поверхность. Для получения средней плотности материал уплотняли с помощью виброплиты. Затем на поверхность материала укладывали поршень. Верхняя плита пресса приводилась в контакт с поршнем и все регулирующие устройства устанавливали в нулевое положение. Посредством поршня создавалось уплотняющее давление σ_z^P. В результате горизонтального расширения образца возникает боковое давление на тонкую стальную кольцевую перегородку. К пластине, окружающую подвижную перегородку, прикладывается давление, равное боковому σ_x^P. Для фиксирования параметров объемного сжатия использовали тензодатчики. Осевые деформации регистрировались линейными потенциометрами, установленными с внешней стороны камеры.

В процессе выполнения экспериментов через каждые 0,8МПа, создаваемые прессом испытательной машины, фиксировали уплотняющее давление σ_z^P и его прирост $\Delta\sigma_z^P$; относительную деформацию ε и его прирост Δε; горизонтальное давление σ_x^P и его прирост $\Delta\sigma_x^P$; давление, переданное через сыпучий материал на днище модели $\sigma_z^{/}$ и его прирост $\Delta\sigma_z^{/}$.

На основании полученных данных устанавливали:

– модуль деформации при объемном сжатии

$$M = \frac{\sigma_z^P}{\varepsilon} \cdot 100; \qquad (5)$$

– коэффициент бокового распора

$$К_б = \frac{\sigma_x^P}{\sigma_z^P}; \qquad (6)$$

– давление, передаваемое на основание модели

$$\sigma_z^{/} = \sigma_z^P (1 - f)(1 + f), \qquad (7)$$

где f - коэффициент трения.

Результаты экспериментальных данных приведены в табл.

В результате выполнения исследований установлено, что с увеличением параметров трехосного неравно компо-

Геомеханические свойства породной закладки в условиях объемного сжатия

Уплотняющее давление $\sigma_Z^P \cdot 10^{-4}$, МПа	Боковое давление $\sigma_X^P \cdot 10^{-4}$, МПа	Относительная деформация ε, %	Давление на основание камеры $\sigma_Z^I \cdot 10^{-4}$, а	Модуль деформации $M \cdot 10^{-4}$, МПа	Коэффициент бокового распора $K_б$
34,2	11,6	4,49	30,6	761,6	0,339
68,7	24,1	6,98	56,3	984,2	0,350
99,6	38,5	9,41	82,1	1058,4	0,386
128,0	50,6	11,5	99,6	1113,0	0,395
106,0	46,4	11,6	107,0	918,0	0,435
135,0	59,26	11,65	107,6	1158,7	0,438
72,5	36,2	11,52	87,6	629,3	0,499
80,2	44,6	11,71	73,6	684,8	0,556
36,8	25,3	11,48	62,6	320,5	0,688

нентного сжатия снижается относительная усадка закладочного массива, повышаются значения модуля деформации и коэффициента бокового распора, обеспечивая в целом повышение несущей способности материала закладки в 1,9-2,1 раза.

Повышение несущих свойств закладки в условиях объемного сжатия позволяют оценивать потенциальную способность породной закладки как средства поддержания выработанного пространства при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Казикаев Д.М.* Геомеханика подземной разработки руд. – М.: Издательство МГГУ, 2005.

2. *Кузьмин Е.В.* Упрочнение горных пород при подземной добыче руд. – М.: Недра, 1991.

ГИАБ

Коротко об авторах

Хайрутдинов М.М. – кандидат технических наук, доцент,
Копылов А.А. – кандидат технических наук, ст. преподаватель,
Рябухин В.Г. – студент,
Московский государственный горный университет.