

Исследование механизма деформирования армированных породных опор

Сергей Негрей Дмитрий Курдюмов

Кафедра разработки месторождений полезных ископаемых

Донецкий национальный технический университет

Украина

snegrey@ukr.net kurddm@gmail.com

пучение – мкэ– напряжения – смещения– армирующие разделительные прокладки

Рецензент статьи (научная степень, ФИО, ВУЗ)

Анотация. На основании математического и физического моделирования рассматривается механизм формирования ядер внутри армированных породных опор, которые возводятся позади лав, для охраны выработок..

Введение. Одним из основных направлений экономического развития Украины является увеличение объема добычи угля. Но в данных условиях это возможно лишь при условии отработки угольных пластов на больших глубинах. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется технологиям, применение которых обеспечило бы безопасное и рентабельное извлечение полезного ископаемого. Сюда стоит отнести и широкое применение комбинированных систем разработки, предусматривающих прогрессивные схемы проветривания выемочных участков, анкерных систем, обеспечивающих высокие скорости и низкую стоимость проведения выработок, перспективных средств охраны подготовительных выработок позади лавы для обеспечения безремонтного их поддержания и т.д.

Что касается перспективных средств охраны выемочных выработок позади очистных забоев, то к их разряду, по нашему мнению, стоит отнести охранные сооружения на основе использования рядовой породы и ограничивающих поверхностей. Это объясняется тем, что данные охранные конструкции ввиду своей малозатратности в реализации и достаточно высокой устойчивости могут применяться практически в любых условиях, учитывая многие актуальные в настоящее время аспекты в отношении безопасности ведения горных работ, охраны окружающей среды и ресурсосбережения.

Основой данных конструкций является рядовая порода от проведения выработки или ремонтных работ, отходы металлургического производства, зола из котельных, работающих на твердом топливе и др. В качестве ограничивающих элементов могут быть как мешки, так и автомобильные шины, возможно комбинированное применение с различными стойками, элементами крепи, армирование породных объемов деревянными, металлическими стержнями, листовым металлом или сеткой и т.д.

Совместно с ограничивающими поверхностями данный зернистый объем работает, как единая достаточно устойчивая конструкция, которая способна противостоять интенсивному расслоению пород кровли и, тем самым, обеспечивать устойчивость охраняемой выработки.

Нерешенная область задач. По нашему мнению, одним из перспективных является повышение жесткости породной опоры за счет применения гибких разделительных прокладок из металлической сетки, выкладываемых между породными слоями, которые армируют ее опору и позволяют ей сохранять устойчивую конструкцию.

Основная часть. Одним из предложений сотрудников кафедры РМПИ ДонНТУ является охрана выработок бутовыми полосами, послонно армированными металлическими сетками [1] или возведение породных стоек из мешков, наполненных рядовой породой [2].

Не исключается также возможность создания породных опор как сепарированных (отдельных) конструкций вдоль выработки для создания компенсационных полостей, выходов для рабочих, окон для проветривания очистных забоев, уменьшения габаритов охранных сооружений и т.д. Подтверждением этому являются результаты лабораторных исследований, посвященные определению оптимальных параметров породных опор, с точки зрения обеспечения устойчивых конструкций с ограниченными размерами и высокой несущей способностью (фракционный состав слагающих пород, количество армирующих металлических сеток) (рис. 1).

Испытывались породные опоры с размерами в переводе на натуру $1 \times 1 \times 1 \text{ м}$ (т.е. объемом 1 м^3) с послонной укладкой горизонтальных металлических сеток. После этого они пригружались силой и фиксировалась величина их податливости [3].

По результатам моделирования было установлено, что с увеличением фракционного состава слагающих пород и количества сеток усадка породных опор составляет 19-30% (в 2,7-1,7 раза), причем наименьшая приходится на конструкцию с фракцией 0,05-0,1h (где h- высота опоры до пригрузки) и трех сетках, уложенных горизонтально между породными слоями.

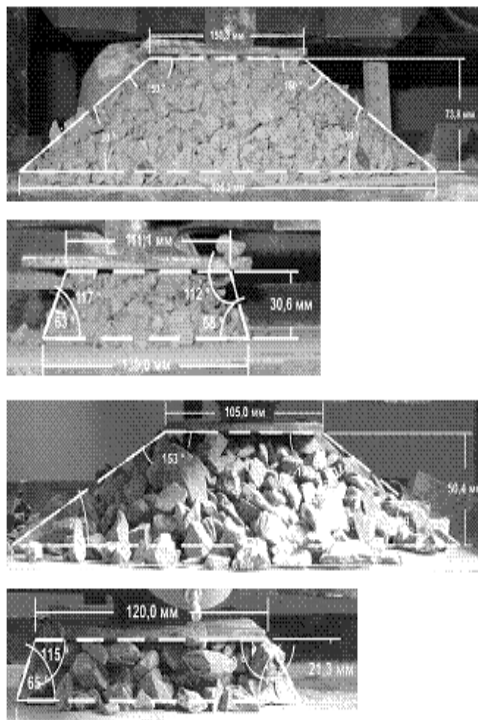
Эффект от применения армирующих сеток достигается тем, что породный объем, относительно устойчивый к сжимающим напряжениям, практически неустойчив к растягивающим, что, в свою очередь, компенсируется сетками.

Механизм деформирования породно-армированных конструкций был изучен по результатам математического моделирования с использованием специализированной двухмерной компьютерной программы Plaxis, основанной на методе конечных элементов, и которая используется для расчетов деформации и устойчивости различных геотехнических объектов [4].

В программном комплексе Plaxis был произведен расчет нескольких плоских моделей, параметры которых соответствовали параметрам породных опор высотой и шириной 1×1 м без сеток и с 1, 2 и 3-мя сетками (рис. 2).

К моделям подавалась распределенная нагрузка, после чего определялись главные, горизонтальные и вертикальные напряжения; общие, горизонтальные и вертикальные смещения. В результате были получены картины их распределения в пределах опор с различным количеством армирующих элементов (рис. 3, 4).

А)



Б)

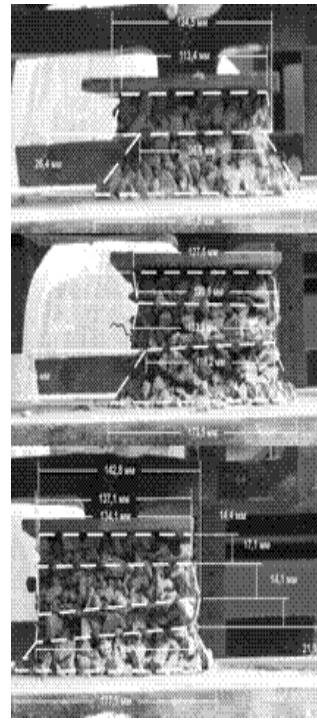


Рисунок 1. Общий вид пригружаемых породных объемов без ограничивающих поверхностей (А) и с ними (Б).

Figure1. General view of the rock volume without the bounding surfaces.

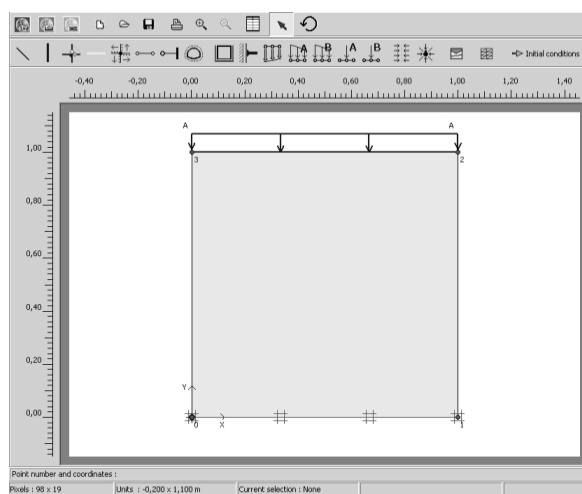


Рисунок 2. Геометрическая модель породной опоры в окне ввода данных программного комплекса Plaxis.
Figure2. The geometric model of the mountain rock in the data entry box software package Plaxis.



Рисунок 3. Распределение главных напряжений в породных опорах с различным количеством армирующих элементов.

Figure 3. Distribution of principal stresses in the rock pillars with different number of reinforcing elements

Выводы. По результатам лабораторного моделирования было установлено, что с увеличением фракционный состава слагающих пород и количества сеток усадка породных опор составляет 19-30% (в 2,7-1,7 раза), причем наименьшая приходится на конструкцию с фракцией 0,05-0,1h (где h- высота опоры до пригрузки) и трех сетках, уложенных горизонтально между породными слоями.

По результатам математического моделирования было установлено, что применение армирующих сеток существенно изменяет нагрузочно-деформационную характеристику охранного сооружения, причем в армированных опорах возникают в 1,1-1,5 раза большие напряжения по сравнению с конструкцией без них.

Наибольшие напряжения возникают в нижележащем слое и чем больше сеток, тем более устойчива и менее податлива опора. В конструкции без сеток большая доля приходится на горизонтальную составляющую действующих напряжений, причем с увеличением их количества она уменьшается. В тоже время обратная ситуация наблюдается с вертикальной составляющей. Итогом перехода горизонтальной составляющей в вертикальную, является уменьшение общих смещений породных отдельностей в конструкции с прокладками в 1,73 раза, что, в свою очередь, согласуется с результатами лабораторных исследований.

Литература

1. Негрей, С.Г. *О возможности увеличения несущей способности бутовых полос*// Вісті Донецького гірничого інституту. Донецьк, 2011, №1, С. 179-184.
2. Касьян М.М., Фельдман Е.П., Хазіпов І.В., Негрій С.Г., Мокрієнко В.М *Спосіб охорони підготовчих виробок.* . (Україна) Пат. № 54012, МПК(2011.01) E21D 15/00, опубл. 25.10.2010; 25.10.2010, бюл. №, – 4с.: іл.
3. Негрей, С.Г., Курдюмов, Д.Н. *Результаты лабораторных исследований по определению параметров способа охраны выработок с использованием рядовой породы и ограничивающих поверхностей* // Матеріали V Міжнародної наукової конференції студентів гірничого факультету «Роль молоді щодо розвитку геотехнологій та управління виробництвом», 15.04.10 р., м. Донецьк., С. 7-14.
4. Негрей, С.Г., Курдюмов, Д.Н., Мокриенко, В.Н. *Использование визуализации траекторий смещений при изучении деформаций горных пород с применением методики PLAXIS* // MATERIALI VI KRAKOWSKIEJ KONFERENCJI MŁODYCH UCZONYCH, Krakow, 2011.– С. 353-357.