

В.В. Фомичев, А.И. Скитенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА ВЛИЯНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНОЙ ПОРОДЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО УСТОЙЧИВОСТИ ВЫЕМОЧНОЙ ВЫРАБОТКИ

Приведен анализ влияния параметров трещиноватости на механические характеристики породы находящейся в зоне действия повышенного горного давления и предложен способ моделирования горного массива, позволяющий учитывать трещиноватость пород.

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРУ ВПЛИВУ ТРІЩИНУВАТОСТІ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ЗІ СТІЙКОСТІ ВИЇМКОВОЇ ВИРОБКИ

Наведено аналіз впливу параметрів тріщинуватості на механічні характеристики породи, яка знаходиться в зоні дії підвищеного гірського тиску та запропоновано спосіб моделювання гірського масиву, що дозволяє враховувати тріщинуватість порід.

DETERMINATION OF CRACKS CONTENT INFLUENCE CHARACTER ON ROCK STRESS-STRAIN STATE FOR REALIZATION COMPUTATION EXPERIMENT ON STEADINESS OF EXTRACTION MINE WORKING

Presented the analysis of the influence of fracture parameters on the mechanical characteristics of the rock in the area of high ground pressure and a method for modeling of the rock mass, which allows taking into account fracture of the rocks.

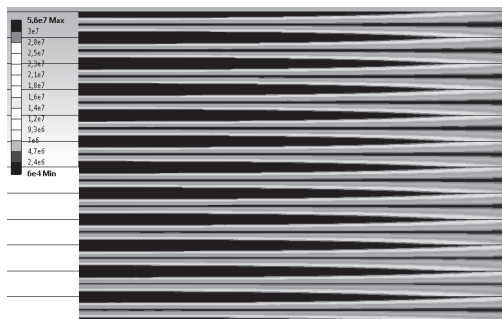
При проведении расчетов в нелинейной постановке становится необходимым определение взаимосвязи параметров систем трещин и изменением механических характеристик пород [1].

В отличие от решения задач геомеханики в пределах представлений о линейности поведения физической среды обычно вполне достаточно рассматривать влияние трещиноватости на механическое состоя-

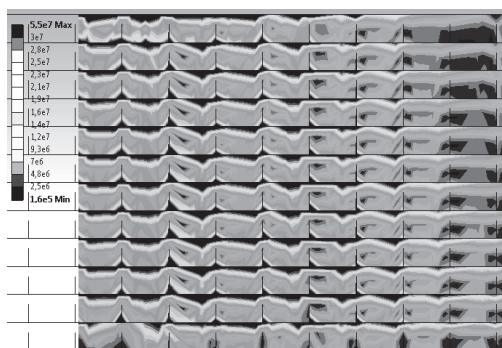
ние породы в виде поправочного коэффициента. Это обусловлено самим типом расчета, в котором рассматривается только состояние объекта в единой пространственно временной точке. При решении задач в нелинейной постановке, как правило, рассматривается не только объект, но и процессы, происходящие в нем и влияющие на него. В этом смысле трещиноватость пород может изменять свои показате-

тели с течением времени или развитием деформаций.

(а)



(б)



(в)

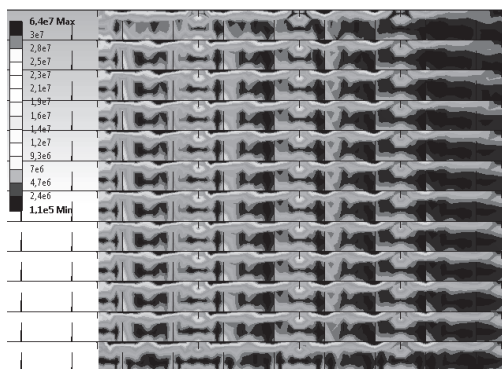


Рис. 1. Эпюры интенсивности напряжений для микромоделей без (а), с одной (б) и с двумя (в) поперечными системами трещин

Оценка степени влияния трещиноватости выполняется путем проведения тестовых расчетов на микромоделях, описы-

вающих реальные показатели совокупности систем трещин, присутствующих в горном массиве. Чем сложнее данная структура, тем сложнее становятся рассматриваемые микромоделю. Поэтому для наглядной демонстрации технологии подготовки описания расчетных показателей трещиноватости с помощью микромоделюрования рассмотрим два простейших варианта систем трещин и эталон, без систем трещин.

В качестве расчетного эталона рассмотрим следующую модель – двенадцать слоев длиной 30 м, высотой – 0,4 м и шириной – 0,6 м свободно лежат друг на друге и нижний слой по краям опирается на жесткие площадки. Вся система находится под действием собственного веса и удаленной нагрузки в 50 МПа. В качестве материала слоев используется крепкий песчаник. Данные показатели не привязаны к конкретным горно-геологическим условиям, но могут характеризовать состояние области горного массива примыкающей к контуру выработки и находящимся под повышенным горным давлением.

Кроме эталонного расчета были выполнены еще два – с одной системой трещин (расстояние между трещинами 0,5 м и глубина трещин 0,29 м) и с двумя системами трещин (расстояние – 1 м) и глубина – 0,03 м).

Проведем анализ эпюр представленных на рис 1. Распределение интенсивности напряжений для эталонного расчета (см. рис. 1, а) характеризуется единообразием во всех двенадцати слоях – максимальные напряжения сосредоточены вдоль контактных поверхностей и их величина растет с приближением к оси вертикальной симметрии модели.

При сравнении максимумов интенсивности напряжений для разных расчетов видно, что на рис. 1, а и б они практически одинаковы и равны примерно 55 МПа, а максимум напряжений на рис. 1, в превосходит эти значения на 10 МПа. Это указывает на то, что распределение напряжений в первых двух случаях сопровождалось

значительными пластическими деформациями, а в третьем варианте расчета модель быстро перешла из упругого состояния к образованию локальных зон разрушения.

На рис. 1, в, в сравнении с рис. 1, а и б, наблюдается высокая степень концентрации напряжений в областях модели непосредственно примыкающих к вершинам трещин. Это говорит о возникновении идеальных условий роста трещин. Следовательно, продолжение расчета возможно только с учетом изменения показателей системы трещин, что приводит исследователя к необходимости применения теории разрушения.

Более того в сравнении рис.1, б и рис. 1, в видно как изменяется картина напряжений в слоях по высоте модели. Для первого варианта каждый нижний слой имеет меньшую по высоте, но более длинную по горизонтали зону повышенных напряжений. Это говорит о формировании зон пластических шарниров геометрически формирующих свод естественного равновесия. Во втором варианте произошло формирование «эшелона» обрушения, когда блок породы одновременно отделяется от горного массива.

В общем, эпюры интенсивности напряжений, представленные на рис. 1, позволяют однозначно сделать вывод об изменении физики поведения породы с различными показателями трещиноватости находящейся в зоне повышенного горного давления. При этом происходит не только перераспределение напряжений и перемещений по контуру выработки, но и наблюдаются различные формы разрушения горного массива.

Для более глубокой оценки поведения породы в условиях нескольких систем трещин рассмотрим эпюру горизонтальных напряжений, представленную на рис. 2.

Из представленного видно, что более длинные трещины, благодаря их ориентации, формируют в районах своих вершин зоны повышенных растягивающих деформаций, а короткие трещины представляют

собой фактор ослабления поперечного сечения выработки. Таким образом, в рамках поставленной задачи видно, что влияние на НДС модели системы трещин зависит не только от их абсолютной величины, но и ориентации в пространстве.

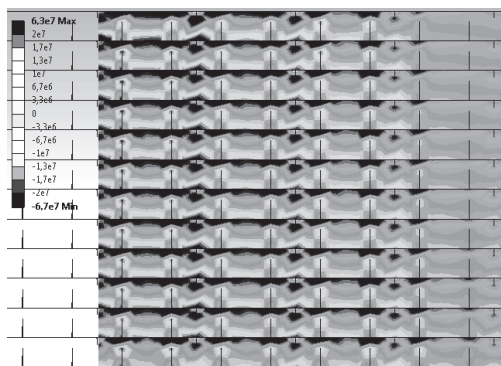


Рис. 2. Эпюры продольных напряжений в микромодели с двумя поперечными системами трещин

Доминирующий вклад в развитие деформаций модели система трещин обеспечивает по направлению их раскрытия. Это хорошо согласуется с общими представлениями механики о поведении материалов в предельном и запредельном состоянии [2].

Распределение вертикальных перемещений во всех трех вариантах расчета имеет значительные отличия, как в качественных, так и в количественных показателях. Для эталонного расчета, следует заметить, что при минимальных вертикальных перемещениях градиент напряжений в центре модели стремится к нулю. Следовательно, только в этом варианте расчета без трещин все слои работают совместно и обеспечивают наибольшую жесткость модели. Таким образом, пролет модели равномерно деформируется с незначительным углом прогиба.

На рис. 3, б и в градиенты напряжений локализируются в пределах шага трещин. Если для варианта с одной системой трещин такая локализация имеет четко ориентированное вертикальное направление, то в ва-

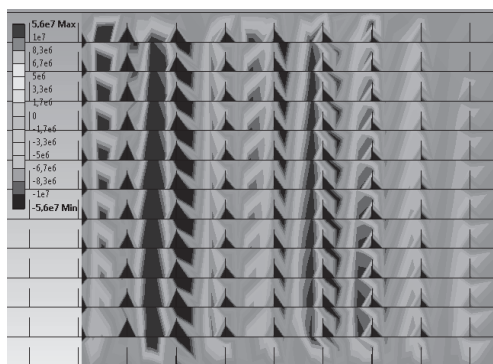
рианте с двумя системами трещин картина изменения напряжений приобретает вид

ряби, геометрия которой определяется показателями этих систем.

(а)



(б)



(в)

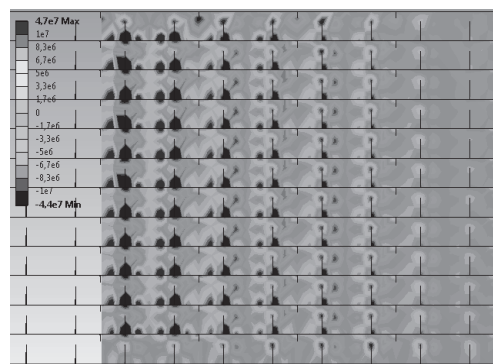


Рис. 3. Распределение вертикальных напряжений в микромоделях без (а), с одной (б) и с двумя (в) системами поперечных трещин

В результате, для варианта, приведенного на рис. 3, б, видно как формируется набор уступов сопротивления породы, каждый из которых ограничивается соседними трещинами. В пределах такого уступа по вертикали величина перерезывающих напряжений изменяется, причем в разных уступах по-разному. Это указывает на то, что сопротивление модели внешней нагрузке будет преодолено путем формирования магистральных трещин в двух трех точках на верхней и нижней поверхностях крайних породных слоев.

При рассмотрении рис. 3, в видно, что влияние нескольких систем трещин на ме-

ханические параметры породы имеет сингулярный характер и возможно, в данном случае, может быть описано с применением рядов Фурье. Для более общего случая применение принципа суперпозиции позволит в достаточной мере точно описывать суммарное воздействие систем трещин свободно ориентированных в рассматриваемом теле. Еще одним показательным моментом является сравнение максимальных значений напряжений на рис. 3, б и в. Как видно, для первого варианта эти напряжения больше и это с учетом того, что расчет был выполнен полностью. Отсюда следует, что наличие двух систем трещин привело к ослаблению

прочности модели и ее разрушение наступило при значительно меньших абсолютных значениях вертикальных перемещений.

Как видно из представленной эпюры на рис. 3, *а* максимум перемещений составил 0,47 м, а на рис. 3, *б* – 2,2 м. Таким образом, абсолютная величина деформаций модели для варианта с одной системой трещин оказалась в четыре раза больше, что, безусловно, указывает на снижение прочностных показателей породы под воздействием трещиноватости. В целом большая часть объема модели, до 67%, находится в упругом состоянии, а для варианта

с одной системой трещин этот показатель составил всего 32%.

Общим выводом по проведенному анализу влияния параметров трещиноватости на механические характеристики породы, находящейся в зоне действия повышенного горного давления, следует считать необходимость проведения микромоделирования поведения горной породы, находящейся под воздействием систем трещин, с целью уточнения ее механических характеристик используемых при решении реальной задачи геомеханики.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко, В.И. Методы расчета перемещений и упрочнения приконтурных пород горных выработок шахт Западного Донбасса [Текст] / В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович и др. – Днепропетровск: ТОВ Підприємство «Дріант», 2010. – 328 с.

2. Бондаренко, В.И. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния мелкослоистого породного массива вокруг пластовой выработки. Книга 2. Предельное и запредельное состояние системы «порода-крепь» [Текст] / В.И. Бондаренко, И.А. Ковалев-

ская, Г.А. Симанович, В.В. Фомичев. – Днепропетровск: Системные технологии, 2007. – 200 с.

ОБ АВТОРАХ

Фомичев Вадим Владимирович – к.т.н., доцент кафедры подземной разработки месторождений Национального горного университета.

Скитенко Артем Игоревич – студент гр. ГР2-10-2 горного факультета Национального горного университета.