УДК 622.831

А.Г. ПРОТОСЕНЯ, Ю.Н. ОГОРОДНИКОВ, В.В. КАРПЕНКО
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ДИНАМИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ И МАССОВЫЕ СКОРОСТИ В СЛОИСТОЙ КРОВЛЕ ОЧИСТНЫХ КАМЕР ПРИ ГОРНЫХ УДАРАХ

Выполнена постановка задачи и проведены расчеты динамических напряжений и массовых скоростей в слоистой кровле камер, развивающихся от горных ударов. Расчеты показали, что с увеличением энергии при горном ударе влияние дифракционных процессов уменьшается. Выявлены условия хрупкого разрушения кровли при динамических нагрузках.

A problem was defined and calculations of stress and weight rates in laminar roof due to rock burst were conducted. Calculations show that increasing of rock burst energy reduces an influence of diffraction processes. A brittle failure condition of a rock roof under dynamical load was obtained.

Обрушение слоистой непосредственной кровли очистных выработок при камерно-столбовой системе разработки под влиянием сейсмических волн является опасным видом динамических проявлений горного давления на шахтах СУБРа. В связи с этим актуальна задача выявления основных закономерностей процесса изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива вокруг очистных выработок при воздействии длинных (от горных ударов) и коротких (от массовых взрывов при взрывной разгрузке удароопасных блоков) волн.

Характерные особенности непосредственной кровли бокситового пласта, который представлен слоистой толщей мощностью до 4 м и состоит из слоев известняков, известково-глинистых сланцев толщиной от 0,15 до 0,5 м с тонкими (до 0,1 м) прослойками глин, сланцев и разрушенных известняков, соответствующих II-III классам по классификации института «Унипромедь», описаны в монографии*.

Исследования трансформации эпюры сейсмической волны при ее прохождении через слоистый массив показали, что при заданных прочностных и деформационных свойствах породных прослойков различия в акустической жесткости слоев, имеющих плотный контакт по плоскостям напластования, практически не сказываются на эпюре преломленной сейсмической волны, если ее длина на порядок больше средней мощности слоев. Систематические расчеты напряжений и массовых скоростей $U_x^{\bullet}$ в преломленных пакетом однородных слоистых сред сейсмических упругих продольных волнах от горных ударов с выделившейся энергией $E = 10^4 \div 10^5$ Дж и более (длина волны примерно на порядок превышает мощность пакета слоев), позволили установить, что параметры преломленных волн слабо зависят от порядка расположения слоев в пакете. Выявлена возможность представления пачки слоев кровли одним однородным слоем с усредненными свойствами.

Расчеты напряженного состояния пород выполнялись для породного массива вокруг выработки прямоугольной формы поперечного сечения шириной 5,5 м и высотой 3,2 м с закругленными углами (радиус закругления 0,5 м), расположенной в бокситах под слоистой непосредственной кровлей общей

* Геомеханика массивов и динамика выработок глубоких рудников / В.Л.Трушко, А.Г.Протосеня, П.Ф.Матвеев, Х.М.Совмен; Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 2000. 396 с.

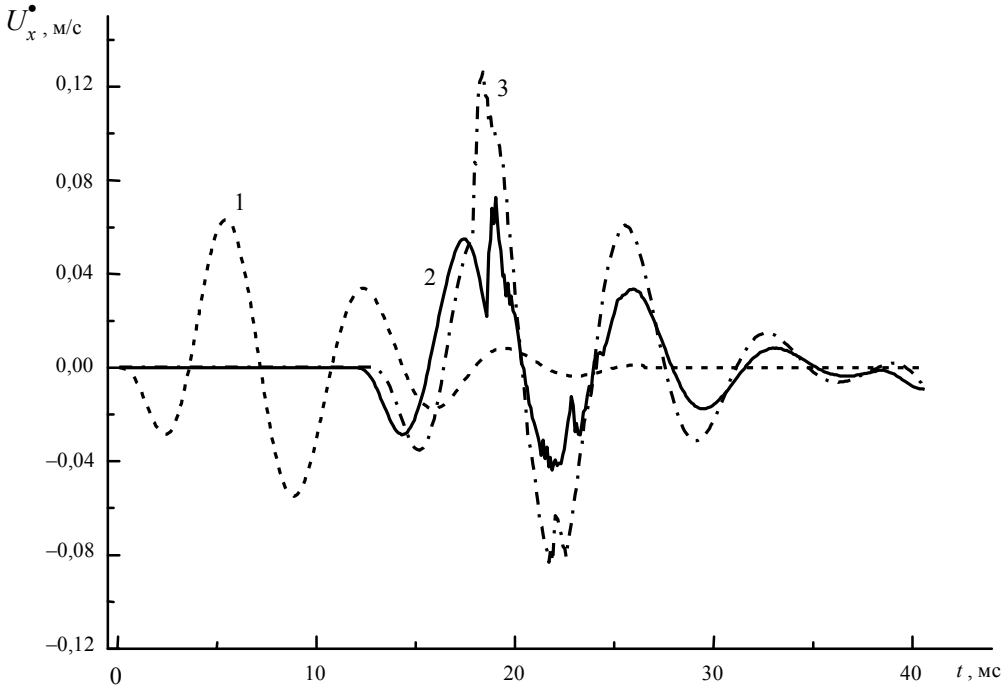


Рис.1. Эпюры массовых скоростей в прямой волне (кривая 1) и на расстояниях 10 и 6 м (кривые 2 и 3 соответственно) от потолочины выработки прямоугольной формы поперечного сечения

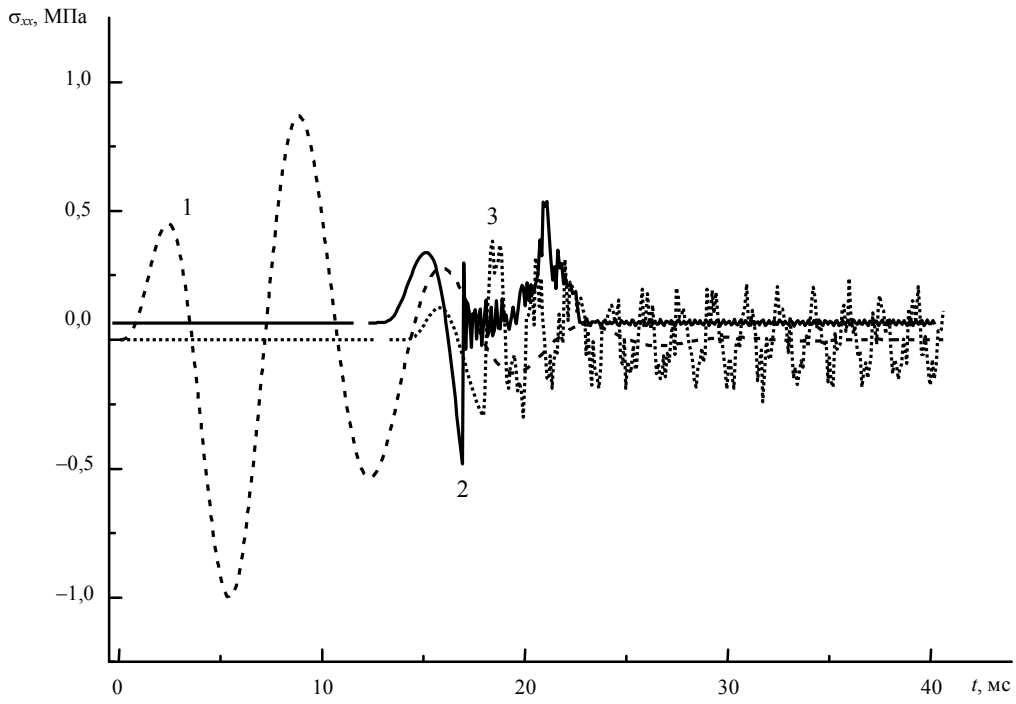


Рис.2. Эпюры нормальных напряжений в прямой волне (кривая 1) и середине 3-го и 19-го слоев (кривые 2 и 3) непосредственной кровли выработки прямоугольной формы поперечного сечения

мощностью 3,5 м. Количество слоев в реальной кровле было принято равным 19. В расчетах было показано, что эти слои можно заменить двумя – тремя слоями с эффективными параметрами. Фронт прямой волны ориентирован параллельно напластованию. Длина волны принималась близкой к 45-150 м, что соответствовало энергии горного удара $E \approx 10^4 \div 10^5$ Дж.

Расчетами установлено, что для горного удара с энергией $E = 10^4$ Дж трансформация эпюр компонента σ_{xx} с увеличением расстояния от контура выработки состоит в росте максимальных его значений при практически неизменной частоте. На расстоянии 10 м от контура выработки максимальные значения σ_{xx} превышают аналогичные значения в прямой волне.

Максимальные значения напряжений σ_{yy} меньше, чем в прямой волне. Восстановление эпюры прямой волны σ_{xx} происходит в зоне тени, т.е. за выработкой, но и там они не превышают максимальных значений прямой волны, близких к 0,5 МПа.

Так как период и длительность сейсмических волн от горных ударов с ростом их энергии только растут, то можно обоснованно предположить, что влияние тонкой структуры непосредственной кровли на динамические (напряженно-деформированное состояние) и кинематические (массовые скорости) параметры, характеризующие состояние среды без ее разрушения вокруг выработки, будет еще меньше.

С увеличением выделяющейся при горном ударе энергии до $E = 10^5$ Дж и более влияние дифракционных процессов уменьшается, о чем свидетельствуют расчеты для приведенной эпюры горного удара. Для приведенных эпюр с увеличением выделяющейся энергии уменьшаются и массовые ускорения.

Установлено, что при воздействии на выработки прямоугольной формы поперечного сечения сейсмических волн от горных ударов с энергией $E \approx 10^4$ Дж различия в эпюрах напряжений и максимальных значениях массовых скоростей в тонкослоистой кровле практически отсутствуют.

Вместе с тем, предварительные оценки кинематических и динамических параметров среды, выполненные по ее одномерной модели (без учета горного давления), показали, что более правильные выводы о состоянии непосредственной кровли можно получить, если принять во внимание ее возможное разрушение в процессе динамического воздействия. В частности, если разрушение наименее прочных слоев непосредственной кровли при возникновении в них растягивающих напряжений с амплитудой около 0,4 МПа происходит хрупко, то при воздействии на выработку сейсмической волны с амплитудой, близкой к 1 МПа, разрушение произойдет практически во всех этих слоях. На рис.1 четко виден разрыв сплошности, произошедший в наименее прочных слоях (с 3-го по 19-й) кровли (о наличии разрыва свидетельствует тот факт, что массовые скорости изменяются около некоторых ненулевых значений и не стремятся к нулю с течением времени). Подтверждением этого вывода являются результаты расчетов напряжений в непосредственной кровле (рис.2).

Обрушение прочных прослойков непосредственной кровли в этом случае может произойти после динамического воздействия под действием веса разрушенных слоев породы.