

УДК 622.273.24

И.И. Ключко (ДонНТУ)., Н.И. Лобков (ИФГП НАН Украины).

ФОРМИРОВАНИЕ РАЗРУШАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОРОДНЫХ СЛОЯХ ПРИ ВЕДЕНИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Приведены результаты компьютерного моделирования изменения физико-механического состояния вмещающего породного массива. Установлен вид разрушающих напряжений в изгибающемся породном слое. Приведены зависимости изменения растягивающих напряжений от мощности слоя и отхода лавы от монтажной камеры.

Ключевые слова: горный массив, трещиноватость, напряжения, изгиб слоев, непосредственная и основная кровля, опорное давление, разрушение.

Исследования изменений физико-механического состояния вмещающего массива при ведении очистных работ, проведенные в натуральных и лабораторных условиях, позволили установить основные закономерности сдвижения породных слоев над выработанным пространством [1,2,3,4]. В настоящее время актуальной задачей является установление разрушающих напряжений в слоях, входящих в область сдвижения и изгибающихся над выработанным пространством.

Целью работы является компьютерное моделирование развития разрушающих напряжений в изгибающихся слоях и установление вида разрушения пород.

Результаты натуральных исследований и физического моделирования позволяют рассматривать горный массив от пласта до поверхности как трехмерное дискретное, неоднородное, анизотропное, трещиноватое твердое тело, которое находится под действием гравитационных и тектонических сил. Дискретность обусловлена слоистостью осадочных пород, различие физико-механических свойств которых определяют их неоднородность, трещиноватость. Массив каждого слоя при этом можно рассматривать как сплошное, изотропное, однородное тело. Для примера рассмотрим участок

горного массива (Рис.1), сложенного породными слоями. В результате выемки угольного пласта породные слои над выработанным пространством

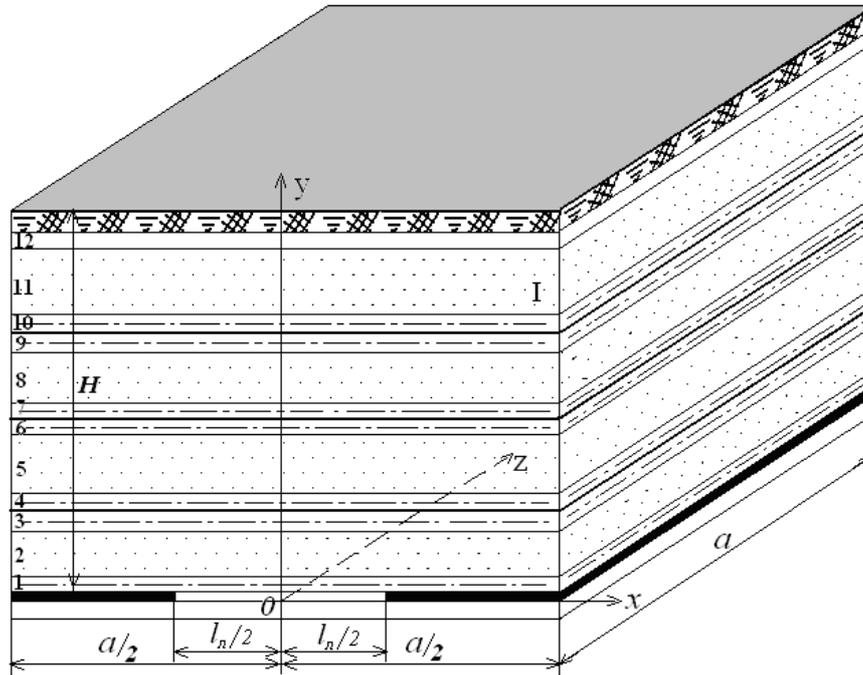


Рис. 1 Модель для расчета сдвижения слоев горного массива:
 1..12 – номера слоев; l_n – отход лавы от разрезной печи;
 I – грань расчетной модели.

Изгибаются как плиты, жестко защемленные по контуру. Граничные условия защемления плиты с четырех сторон:

$$\left. \begin{aligned} x = \pm a; u = 0, v = 0, \omega = 0; \\ y = \pm a; u = 0, v = 0, \omega = 0; \\ z = H; t_x = 0, t_y = 0, t_z = q; \\ z = -H; t_x = 0, t_y = 0, t_z = 0 \end{aligned} \right\}$$

где: a – длина стороны модели;

H – глубина разработки пласта;

u, v, ω – перемещения пород вдоль осей x, y, z ;

t_x, t_y, t_z – поверхностные силы в направлении осей x, y, z ;

q – распределенная нагрузка,

что означает отсутствие перемещений на границах модели и наличие распределенной нагрузки q в кровле пласта.

Условия контакта между слоями подчиняются закону Кулона

$$|\tau_n^i| \leq f_{mp} \sigma_n^i,$$

где f_{mp} – коэффициент сухого трения.

Это соотношение выполняется за счет проскальзывания трущихся поверхностей между собой, которое сдерживается касательными напряжениями, сформированными возникающими вертикальными сжимающими напряжениями.

Величина изгиба толстых плит, а также значения изменяющихся напряжений рассчитываются при использовании системы уравнений теории упругости в декартовых координатах в которую входят дифференциальные уравнения равновесия Навье, соотношения между деформациями и перемещениями Коши, обобщенного закона Гука, касающегося связи между деформациями и перемещениями с приведенными граничными условиями, которые характеризуют параметры тела и условия нагружения.

Изгиб породных слоев, представленных плитами, жестко защемленных с четырех и трех сторон, определяется с использованием программы Ansys, которая ведет расчет в пределах упругости (Рис.2). Распределение напряже-

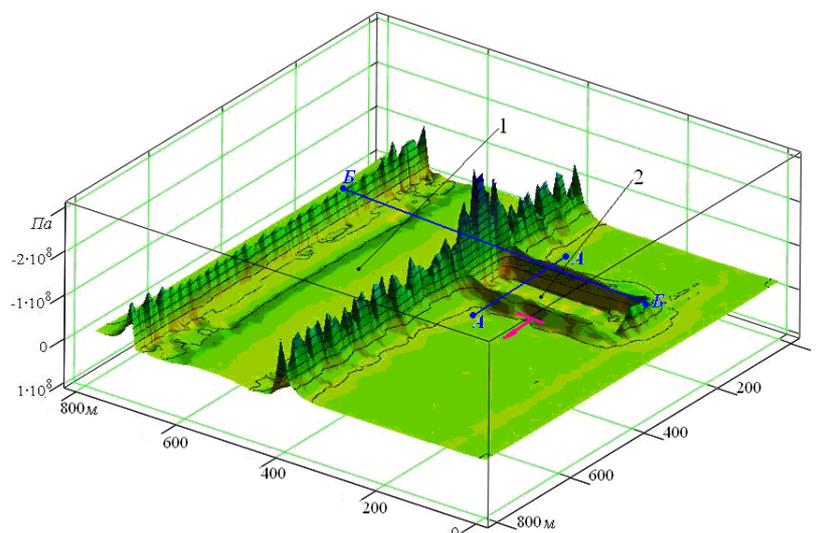


Рис. 2 Распределение вертикальных напряжений над пластом при работе второй лавы: 1 и 2 – выработанное пространство соответственно первой и второй лавы;  направление подвигания лавы.

ний над пластом дает возможность установить, что максимальные вертикальные напряжения, вызывающие разрушение породы, возникают вдоль линий

A-A при работе лав до первичной посадки породного слоя кровли и *B-B* при отходе лавы 2 от монтажной камеры на расстояние большее, чем длина лавы. Однако расчет изгиба плит требует значительных затрат машинного времени, более 4-х суток непрерывной работы современного персонального компьютера.

При таких параметрах плит максимальное значение изгиба плиты почти равняется изгибу балки с ошибкой в расчетах не более 3%. Следовательно, максимальную величину действующих напряжений можно определять более простым методом расчета через изгиб балок, жестко заземленных на опорах с теми же граничными условиями. Расчет изгиба балок, производимый с использованием указанной программы длится 4...5 часов, что делает его удобным для технологических целей.

В качестве расчетной модели принята грань I (Рис. 1). В результате проведенных расчетов установлен характер возникновения и распределения горизонтальных напряжений (Рис. 3) при изгибе породных слоев над вырабо-

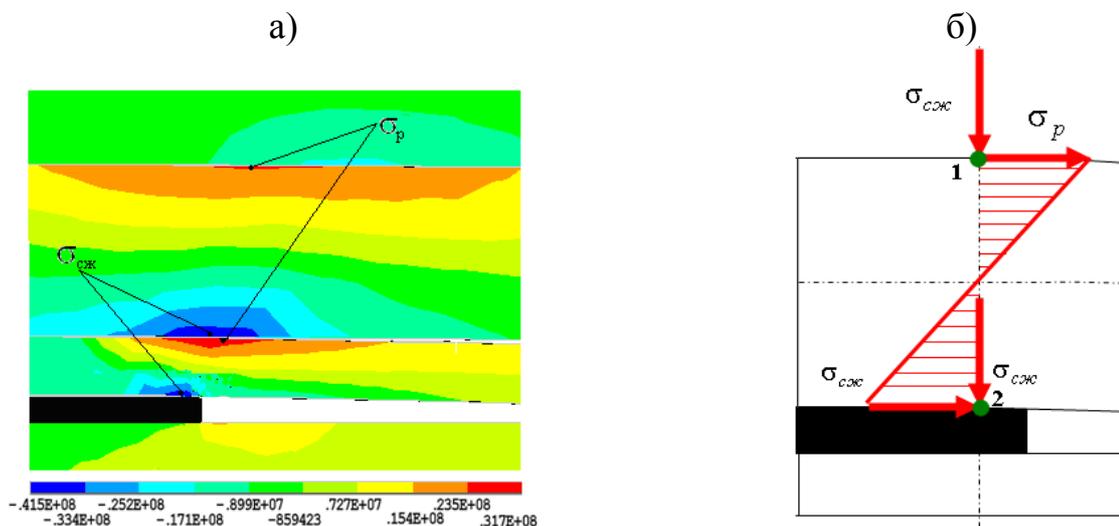


Рис. 3 Розподіл горизонтальних напружень при прогині породних шарів над виробленим простором а) і схема дії руйнуючих напружень б).

танным пространством. На верхних кромках непосредственной и основной кровли концентрируются растягивающие напряжения σ_p , на нижних сжимающие – $\sigma_{сж}$ (Рис. 3а). С учетом вертикальных сжимающих напряжений от действия опорного давления в точке 1 будут одновременно действовать вер-

тикальные сжимающие напряжения и растягивающие напряжения от изгиба породного слоя (Рис. 3б). В точке 2 сконцентрированы сжимающие вертикальные напряжения от действия опорного давления и горизонтальные сжимающие напряжения от изгиба слоя. Превышение действующих напряжений в этих точках предела прочности ведет к образованию или развитию существующих трещин, разрушению и обрушению породного слоя. Шаг обрушения определяется как предельный пролет слоя в условиях $\sigma_{р д} \geq [\sigma_{р}]$ в точке 1 или $\sigma_{сж} \geq [\sigma_{сж}]$ в точке 2, где $\sigma_{р д}$ и $\sigma_{сж}$ – действующие растягивающие и сжимающие напряжения, $[\sigma_{р}]$ и $[\sigma_{сж}]$ – предел прочности на растяжение и сжатие.

Величина опорного тиску в точках 1 і 2 формується прогином породних шарів, які входять в область зрушення і вважається як сума тиску окремих шарів (Рис. 4).

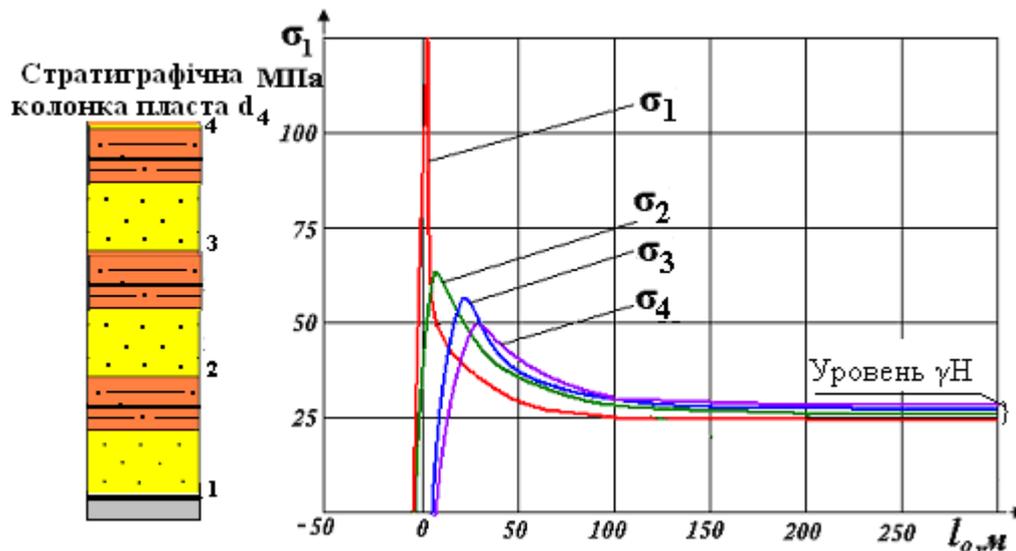


Рис. 4 Распределение вертикальных напряжений от опорного давления по породным слоям: 1...4 номера породных слоев.

$$\sigma_1 = \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4, \text{ МПа}$$

Закономерность справедлива для условий первичной и вторичных посадок кровли.

При изгибе, разрушение породных слоев в периоды первичной и вторичных посадок кровли, представленной прочными породами,

происходит под действием растягивающих напряжений. Величина напряжений зависит от мощности породного слоя и его пролета. График изменения горизонтальных растягивающих напряжений в зависимости от мощности слоя описывается степенной зависимостью (Рис. 15а) для слоев, представ-

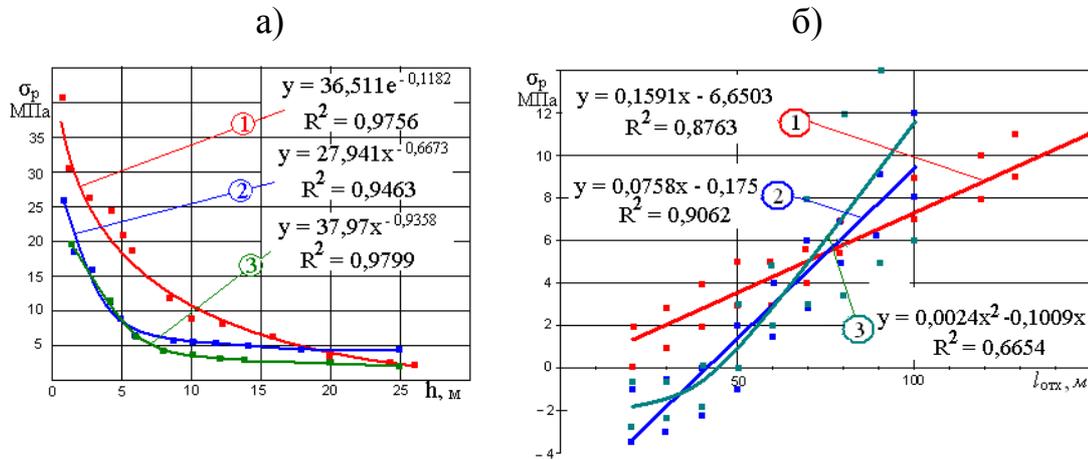


Рис. 15 Изменение горизонтальных растягивающих напряжений σ_p в зависимости от мощности h породного слоя (а) и величины $l_{отх}$ отхода лавы от монтажной камеры (б): 1,2,3 – соответственно для песчаников, алевролитов, аргилитов.

ленных алевролитами, аргилитами и песчаниками. Наибольшие колебания растягивающих напряжений, которые уявляются при изгибе слоев, представленных алевролитом и аргилитом (1,2) происходят при их мощности 2...7 метров. У песчаников изменение растягивающих напряжений на верхней кромке слоя от его мощности наблюдается при мощности слоя до 25 метров и более. Изменение действующих растягивающих напряжений в песчаниках при мощностях слоев 4...20 метров прямо пропорционально величине отхода лавы от монтажной камеры (Рис. 5б).

Полученные зависимости (Рис. 5) позволили установить, что в породных слоях, представленных аргиллитами и алевролитами, при увеличении мощности от 2 до 7 метров, а в слоях песчаников при увеличении их мощности до 25 метров и больше, происходит интенсивное уменьшение горизонтальных растягивающих напряжений. При отходе лавы от монтажной камеры от 20 м до 100 метров (Рис. 5б), в породных слоях, представленных аргилитами и алевролитами, рост горизонтальных растягивающих

напряжений описывается полиномиальной зависимостью (3) и уравнением прямой линии (2) соответственно. Изменение растягивающих напряжений в слоях, представленных песчаниками, описывается уравнением прямой линии (1) при отходе лавы от монтажной камеры на 150 метров и более.

Выводы.

Величина максимальных действующих напряжений при изгибе породного слоя над выработанным пространством может быть определена путем расчета изгиба защемленной или консольной балки жестко защемленной содной или двух сторон.

В прочных породных слоях, при их изгибе, разрушающими являются растягивающие горизонтальные напряжения.

Максимальная величина опорного давления, действующего на угольный пласт представляет собой сумму давлений изгибающихся породных слоев, залегающих выше непосредственной кровли.

Литература.

1. Канлыбаева Ж.М. Закономерности сдвижения горных пород в массиве. Изд-во «Наука», 1968,- 108с.
2. Хохлов И.В. Комплексное исследование массива горных пород. –М.: Наука, 1986.– 163 с.
3. Управление кровлей в сложных горно-геологических условиях/ Андрушко В.Ф., Саратикянц Ю.Г. и другие. Киев.: Техника, 1985.–
4. Лобков Н.И. Геодинамические особенности разрушения кровли в зоне опорного давления/Лобков Н.И., Казакова Е.И., Варников С.А. В сб. трудов материалы международной научно-технической конференции ученых Украины, России, Белорусии “Прикладные проблемы механики жидкости и газа” – Севастополь: изд-во Сев ГТУ, 1999,- с. 64 – 68

Клочко І.І.(ДонНТУ), Лобков М.І.(ІФГП НАН України)

ФОРМУВАННЯ РУЙНІВНИХ НАПРУЖЕНЬ В ПОРОДНИХ ШАРАХ ПРИ ВЕДЕННІ ОЧИСТНИХ РОБІТ

Приведено результати комп'ютерного моделювання зміни фізико-механічного стану вміщуючого породного масиву. Встановлено вид руйнівних напружень у породному шарі, який вигинається. Приведено залежності зміни розтягуючих напружень від потужності шару та відходу лави від монтажної камери.

Ключові слова: гірничий масив, тріщиноватість, напруження, вигин шарів, безпосередня і основна покрівля, опорний тиск, руйнування.

Klochko I.I., Lobkov N.I.

FORMING OF STRESS-AT-BREAKS IS IN PEDIGREE LAYERS AT CONDUCT OF STOPPINGS

Results over of computer design of change of the mechanical state of containing pedigree array are brought. The type of stress-at-breaks is set in the bent pedigree layer. Dependences over of change of stretchings tensions are brought on power of layer and departure of lava from an assembling chamber.

Keywords: mining range, tensions, bend of layers, direct and basic roof, supporting pressure, destruction.