

КОДУНОВ Б.А. (КИИ ДонНТУ)

ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В ПОДРАБОТАННОМ МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Розглянуто результати математичного моделювання зрушень та деформацій гірських порід. Показані закономірності їх розподілу в підробленому масиві.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. При ведении горных работ возникает область сдвижения, характеризующаяся наличием в ней вертикальных и горизонтальных сдвижений и деформаций. В процессе сдвижения происходит изменение объёма пород, в результате чего образуются зоны деформаций сжатия, соответствующие зонам повышенного горного давления и зоны разрыхления горных пород, соответствующие зонам пониженных напряжений. Таким образом, процесс сдвижения горных пород тесно связан с характером перераспределения напряжений в горном массиве, что позволяет считать установление закономерностей процесса сдвижения, и на этой основе совершенствование методов прогнозирования напряженно-деформированного состояния горных пород актуальной научной и практической задачей.

Анализ исследований и публикаций. Большинство исследований и публикаций по вопросам сдвижения относятся к определению оседаний, горизонтальных сдвижений, деформаций на земной поверхности. Действующий в нашей стране нормативный документ [1] по мнению многих авторов не всегда точно позволяет выполнять прогноз сдвижений и деформаций земной поверхности. Что касается сдвижений и деформаций в толще подработанного массива горных пород, то они еще более неизучены. Наибольшего внимания по вопросам деформаций горного массива заслуживает работа [2], в которой детально рассмотрены зоны сдвижения горных пород, а также предложена методика расчета сдвижений и деформаций породной толщи. В работе [3] также содержатся методические указания по расчету сдвижений и деформаций в толще пород, но в них приведен только расчет сжатий в зоне опорного давления, не показана связь между различными видами деформаций и общая картина их распределения в подработанной зоне горных пород. Методы расчета деформаций, изложенные в работе [2] также требуют дальнейшего развития и уточнения.

Постановка задач исследований. Задачами данной работы являются определение закономерностей в распределении деформаций в подработанном массиве горных пород, а также связи между собой различных видов деформаций. Для решения поставленных задач используется метод компьютерного моделирования процесса перемещения породных блоков (частиц) при отработке угольного пласта.

Изложение материала и результаты. Для прогнозирования сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений автором предложен метод, сущность которого заключается в следующем [4]. Площадь отрабатываемой лавы разбивают на участки, которые после отработки иницируют возникновение эллиптических зон сдвижения пород. Породный массив представляется в виде блочной среды. Точки земной поверхности и породной толщи сдвигаются в том случае, если попадают в одну или несколько зон сдвижения.

В результате моделирования получаем координаты точек после их перемещения, что позволяет определить направление и значения векторов сдвижения, а по ним – сдвижения и деформации исходных поверхностей или объёмов.

При моделировании установлено важное свойство мульды сдвижения, заключающееся в равенстве объёмов мульд при различных глубинах разработки. При этом с увеличением глубины разработки уменьшается максимальное оседание и увеличивается размер мульды в плане (рис. 1).

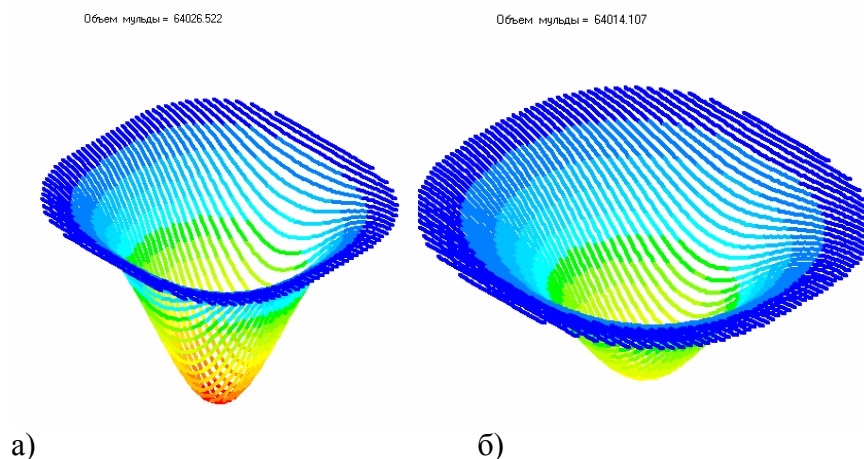


Рис. 1. Равенство объёмов мульд сдвижения при различных глубинах разработки: а – 200 м; б – 400 м;

Объём мульды V_M может быть рассчитан по формуле

$$V_M = \frac{Sm}{k_p}, \quad (1)$$

где S - площадь выработанного пространства, m^2 ;

m - вынимаемая мощность пласта, м;

k_p - коэффициент разрыхления обрушившихся пород кровли пласта.

Известно, что вертикальные и горизонтальные деформации возникают вследствие неравномерности распределения в зоне подработки горизонтальных и вертикальных сдвижений (горизонтальных и вертикальных составляющих векторов сдвижения). К горизонтальным деформациям относят сжатия (растяжения) в горизонтальной плоскости, а к вертикальным деформациям – наклоны интервалов и кривизну поверхности, определяемые в направлении профильной линии, то есть по горизонтали.

Для определения вертикальных растяжений (сжатий) необходимо найти оседания пород послойно. Разность оседаний точек, на границах слоя, отнесённая к толщине этого слоя даст значение вертикальной деформации.

Моделирование выполнено для следующих условий отработки: мощность пласта 2 м; горизонтальное залегание пласта; размеры лавы 200 м x 400 м; глубина разработки 600 м.

Размер выработанного пространства 400 м обеспечивал полную подработку центральной части лавы, 200 м – частичную. Толщина слоя пород для определения вертикальных растяжений (сжатий) принята 4 м.

На рис. 2 изображены вертикальные сечения по линии А – В, расположенной посередине лавы (рис. 2 а) и в целике на удалении 20 м от выработанного пространства (рис. 2 б). Расположение зон вертикальных деформаций, полученное в результате моделирования соответствует существующим представлениям, описанным в литературе. Для принятых условий (горизонтальное залегание пласта) график вертикальных де-

формаций симметричен относительно центра лавы, зоны сжатий расположены у краевых частей выработанного пространства, а зоны растяжений – в центральной части. Между ними – линии нулевых деформаций. Само наличие и характер расположения зон вертикальных деформаций объясняется тем, что мульды сдвижения на разной высоте от выработанного пространства имеют различные размеры в плане и форму в вертикальном сечении при одинаковом объёме. Вследствие этого вертикальные сдвигения (оседания) с удалением от выработанного пространства в центральной части уменьшаются, а на краевых частях увеличиваются, что и приводит к возникновению растяжений (сжатий) по вертикали. Разделение зон сжатий от растяжений четко прослеживается в виде линий, проходящих по точкам с нулевыми деформациями, расположенных примерно над границами выработанного пространства. Данные линии имеют выпуклость в сторону выработанного пространства и проходят через точки перегиба кривой оседаний, соответствующим нулевым значениям деформаций растяжения (сжатия), кривизны и максимальным – наклонов.

Установлено, что деформации растяжения (сжатия) прямо пропорционально зависят от вынимаемой мощности пласта, но результаты моделирования носят тот же качественный характер, то есть закономерности распределения деформаций сжатия и растяжения в выработанном пространстве при изменении мощности пласта не изменяются.

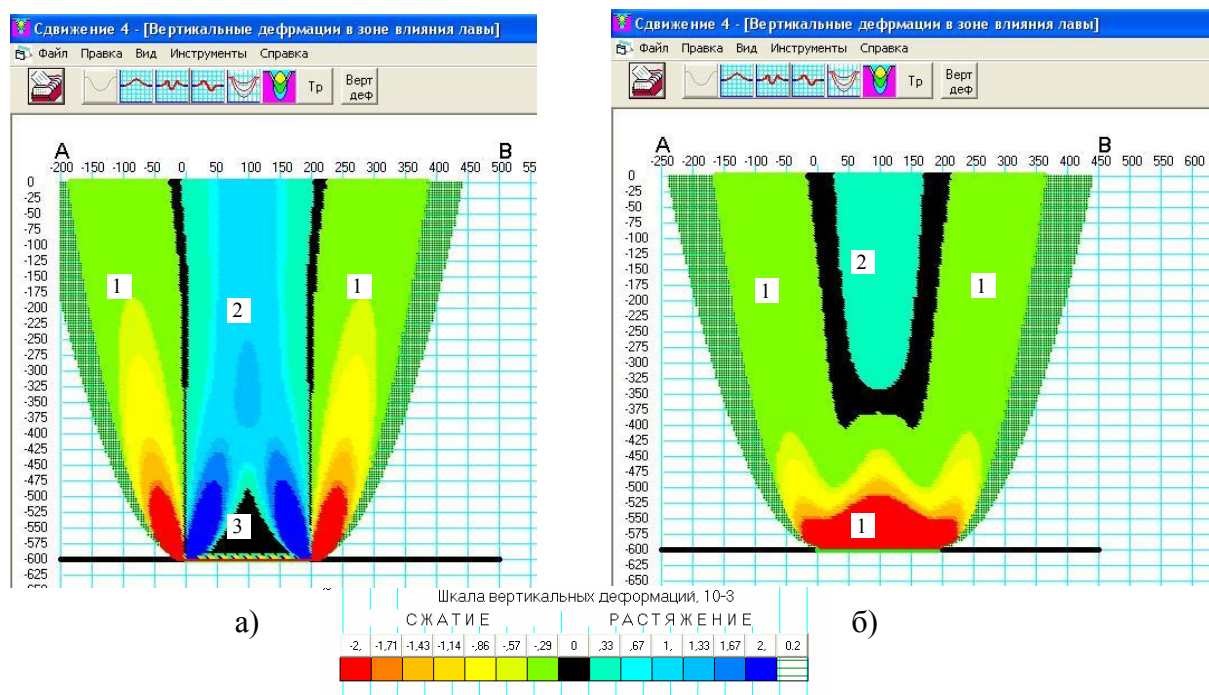
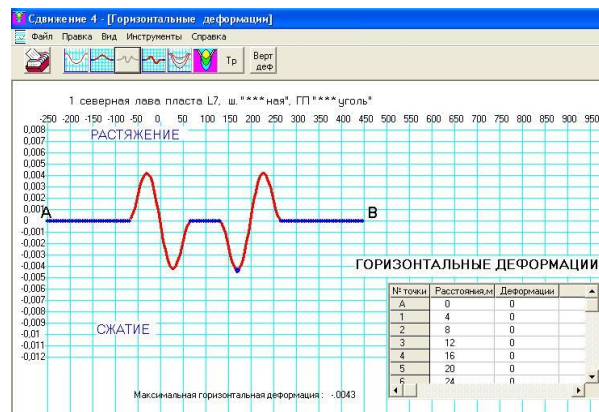
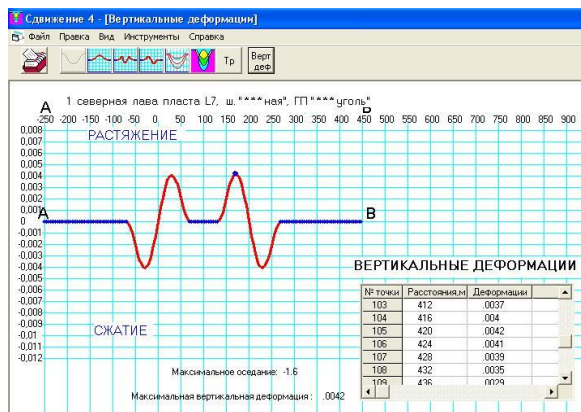


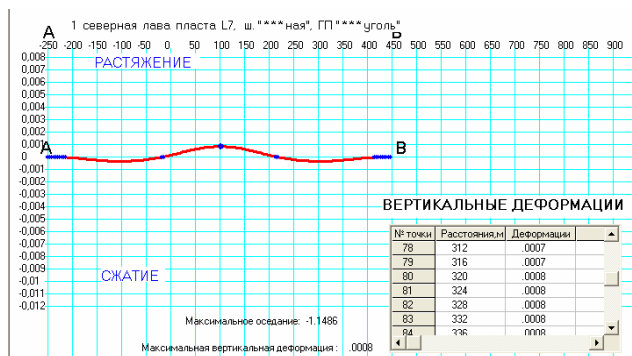
Рис. 2. Зоны вертикальных деформаций в подработанной толще горных пород: а – в главном сечении области сдвижения; б – в целике на удалении 20 м от выработанного пространства; 1 – зона сжатий; 2 – зона растяжений; 3 – зона полной подработки

Для установления количественных и качественных зависимостей между горизонтальными и вертикальными деформациями выполнено сравнение их графиков на различных горизонтах, при различных размерах выработанного пространства (рис. 3). На рис. 3 а, б показаны графики горизонтальных и вертикальных деформаций в горизонтальном сечении на глубине 550 м от поверхности (50 м от пласта) при расположении профильной линии посередине лавы размером 200 x 400 м.

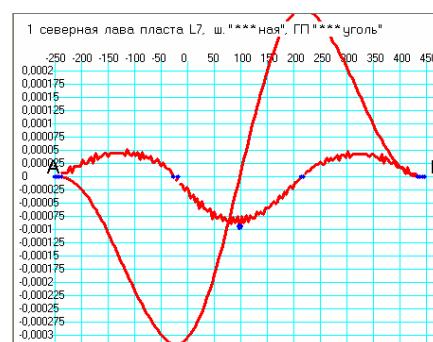


а)

б)



в)



д)

Рис. 3. Графики деформаций: а, б – при полной подработке по одному из направлений; в – вертикальные растяжения - сжатия на удалении от пласта на 600 м; д – графики наклонных и кривизны, соответствующие позиции "в"

Из графиков видно, что они полностью идентичны, но имеют противоположные знаки. Таким образом, горизонтальное сжатие или растяжение в одном направлении соответствует такому же по величине вертикальному растяжению или сжатию. Так как профильная линия попадает в зону полных сдвижений в перпендикулярном направлении то и горизонтальные деформации по данному направлению равны нулю. Алгебраическая сумма деформаций сжатия и растяжения для любого элементарного объёма в области сдвижения горных пород равна нулю. Обозначив вертикальную деформацию ε_z , а горизонтальные деформации по соответствующим осям - ε_x и ε_y , можно записать

$$\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = 0. \quad (2)$$

В направлении от пласта к земной поверхности вертикальные деформации уменьшаются, причем в интервале расстояний от пласта 10 – 100 м – в 10 раз, а от 200 – до 600 м только на 30%. Обращает на себя внимание эллиптическая форма зон вертикальных деформаций. Зависимость вертикальных деформаций от соотношения размеров выработанного пространства D к глубине разработки H носит линейный характер (рис.4.)

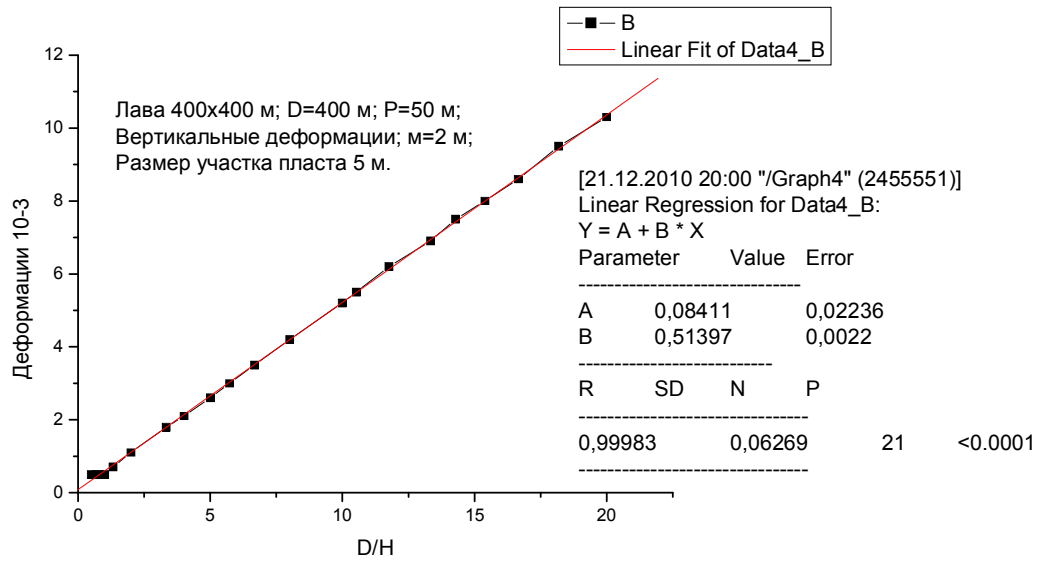


Рис. 4. Зависимость вертикальных деформаций от отношения размеров выработанного пространства D к глубине разработки H

Выводы. Выполненными исследованиями процесса сдвижения массива горных пород определен характер изменения сдвижений и деформаций в области сдвижения, размещения зон вертикальных сжатий и растяжений, хорошо согласующийся с ранее выполненными исследованиями. Полученные закономерности распределения вертикальных деформаций растяжения (сжатия), а также их связь с другими видами деформаций подтверждаются внутренней сходимостью результатов моделирования. Предложенная модель может быть использована при выборе места расположения выработок или мер их охраны в подработанной области горных пород.

Библиографический список:

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.001.00159226.001-2003. –Київ, 2003. С.128.
2. Земисев В.Н. Расчеты деформаций горного массива / В.Н. Земисев. – М.: Недра, 1973. – 144 с.
3. Временные указания по проектированию, строительству и эксплуатации крепи и армии ровки вертикальных стволов угольных шахт в условиях влияния очистных работ. – Л.: ВНИМИ, 1972. – 188 с.
4. Кодунов Б.А. Метод прогнозирования сдвижений горных пород и земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений/ Б.А. Кодунов // Уголь.- 1991.-№2. – С.54-56.