

КОДУНОВ Б.А., канд. техн. наук, доц., ЛЯЩЕНКО М.О., студент (КИИ ДонНТУ)

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА НА ВЫСОТУ ОБЛАСТИ СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Розглянуто результати математичного моделювання виникнення зони зрушень гірських порід. Отримано залежності висоти зони зрушень від гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов. Виконано порівняння результатів моделювання з прийнятими методиками і фактичними даними при відробці вугільних пластів в Красноармійському районі Донбасу.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. При ведении горных работ возникает область сдвижения, распространяющаяся в направлении к земной поверхности и характеризующаяся наличием в ней вертикальных и горизонтальных сдвижений и деформаций. В процессе сдвижения происходит изменение объёма пород, в результате чего образуются зоны вторичного разрыхления, в совокупности определяющие общую область сдвижения. Данная область может выходить на земную поверхность или не достигать её. Большой интерес представляет вариант, когда область сдвижений не достигает земной поверхности или определённого уровня в массиве горных пород. Данные условия могут учитываться при выборе параметров систем разработки и технологических процессов подземных горных работ для выбора мер охраны при подработке объектов, находящихся на земной поверхности или в массиве горных пород. Поэтому установление закономерностей развития области сдвижения, является актуальной научной и практической задачей.

Анализ исследований и публикаций. Большинство исследований и публикаций по данному вопросу относятся к определению ширины выработанного пространства. Действующий в нашей стране нормативный документ [1], по которому выполняют прогноз сдвижений и деформаций земной поверхности, определяет ширину выработанного пространства, при которой сдвижение достигает земной поверхности как произведение глубины разработки на коэффициент, изменяющийся в зависимости от горногеологических условий от 0,1 до 0,3. В работе [2] описывается метод снижения влияния на земную поверхность при отработке пласта способом парных штреков. Размер очистной выработки, при котором сдвижение горных пород не достигает земной поверхности в этом случае определяют из выражения

$$d = C\sqrt{H}, \quad (1)$$

где C – коэффициент, зависящий от совокупности свойств толщи горных пород (прочности, слоистости, трещиноватости и т.д.), устанавливаемый эмпирическим путем; его значение находится в пределах от 3 до 5;

H - глубина разработки.

По своей структуре методы расчета, изложенные в работах [1] и [2] одинаковы. Учитываются только глубина разработки и свойства пород с помощью определённого коэффициента. Мощность пласта не учитывается ни в одном из методов, хотя известно, что она оказывает весьма существенное влияние на величину сдвижений и деформаций земной поверхности. Результаты, полученные разными методами, весьма существенно отличаются друг от друга. Из вышеизложенного следует, что данный вопрос требует дальнейшего исследования.

Постановка задач исследований. Задачами данной работы являются определение закономерностей в образовании и развитии области сдвижения в подработанном массиве горных пород, а также сравнение полученных результатов с существующими

методиками. 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 используется метод, сущность которого заключается в следующем [3]. Площадь отработываемой лавы разбивают на участки, которые после отработки инициируют 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 частицы (участки) горных пород или земной поверхности перемещаются, образуя векторы сдвижений. По направлению и величине данных векторов можно судить об изменениях в положении исходной линии или поверхности и соответствующих деформациях, вызванных этими изменениями.

При моделировании принимались следующие условия: длина лавы 200 м; подвижка (размер по простиранию пласта) d равно 20 – 100 м; глубина разработки 600 м; пласт горизонтальный; мощность пласта m равна 1 м; 2 м; коэффициент вторичного разрыхления пород в области сдвижения $k_{вр}$ равен 1,002; 1,003; показатель сдвигаемости горных пород (радиус кривизны вершины эллиптической зоны сдвижения) r равен 30 м; 50 м.

На рис. 1 показано развитие области сдвижения горных пород для размеров выработочного пространства 40, 70 и 100 м.

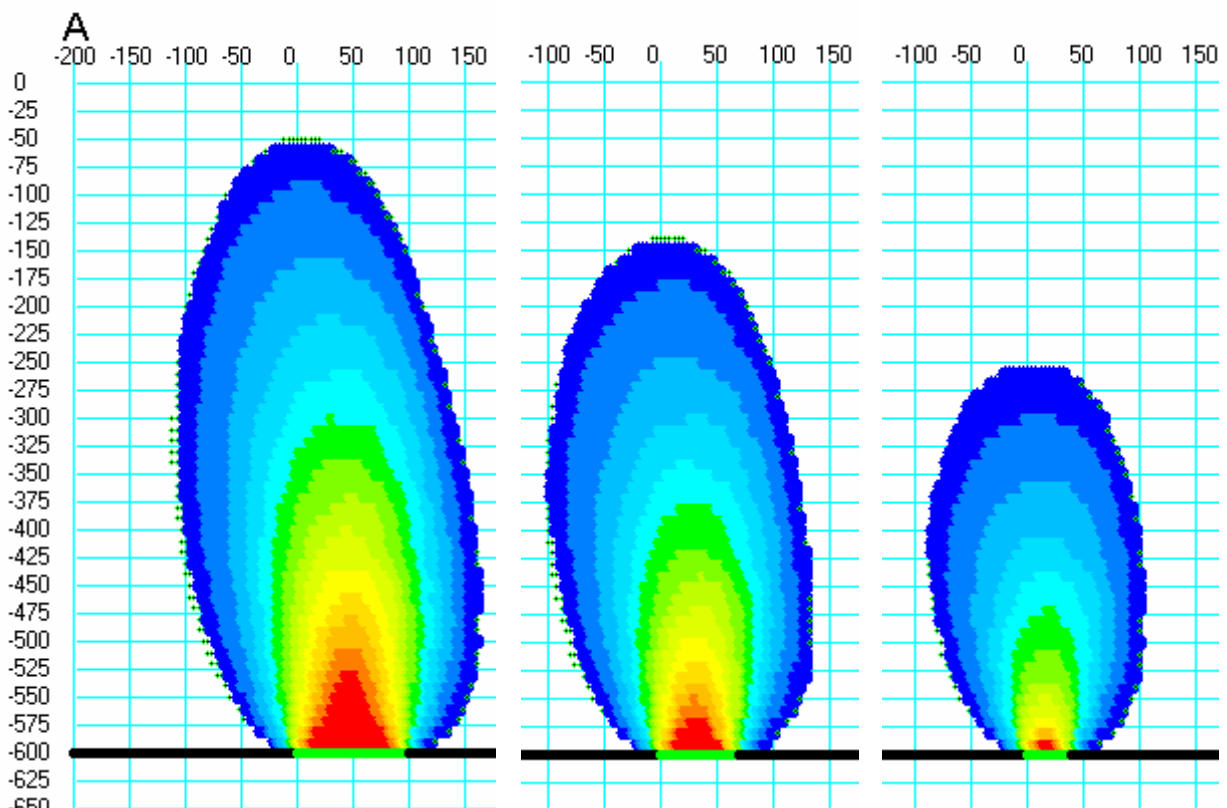


Рис. 1. Моделирование процесса образования области сдвижения горных пород.

Результаты определения высоты области сдвижения H при моделировании сведены в таблицу.

	$k_{BP} = 1,002$		$k_{BP} = 1,003$	
	$m = 1 \text{ м}$	$m = 2 \text{ м}$	$m = 1 \text{ м}$	$m = 2 \text{ м}$
$p = 50 \text{ м}$				
1	2	3	4	5
$d, \text{ м}$	$H, \text{ м}$	$H, \text{ м}$	$H, \text{ м}$	$H, \text{ м}$
20	175	250	150	205
30	210	305	175	245
40	245	345	200	285
50	275	390	220	320
60	300	425	250	345
70	320	455	270	375
80	335	485	280	405
90	355	520	300	430
100	375	550	310	450

В результате аппроксимации получим 4 уравнения прямых, соответствующих колонкам таблицы 2, 3, 4, 5.

$$H = 141,78 + 2,433d; \quad (2)$$

$$H = 196,94 + 3,625d; \quad (3)$$

$$H = 116,94 + 2,042d; \quad (4)$$

$$H = 157,00 + 3,050d; \quad (5)$$

Данные зависимости в явном виде не учитывают влияние мощности пласта, коэффициента вторичного разрыхления, показателя сдвигаемости пород. Но при их сравнении видно, что с увеличением m высота области влияния H увеличивается, а с увеличением k_{BP} – уменьшается.

Используя положения теории перемещения дискретных сред [3], объединяем уравнения (2) и (3), а также (4) и (5) по влияющему параметру m . Из первоначальных четырех уравнений получим два.

$$H = \sqrt{m} (140 + 2,45d); \quad (6)$$

$$H = \sqrt{m} (120 + 2d); \quad (7)$$

Далее, учитывая закономерности влияния k_{BP} и p , из (6) и (7) окончательно получаем уравнение, учитывающее влияние всех факторов.

$$H = \sqrt{\frac{mk_{BP}}{p(k_{BP} - 1)}} (46 + 0,77d); \quad (8)$$

Но один фактор остался всё же неучтенным – это длина лавы. При моделировании он оставался постоянным. Выведем теоретическую зависимость высоты области сдвижения от всех факторов, включая и длину лавы, обозначив её D .

Из теории перемещения дискретных сред известно, что высота эллиптической зоны пород, заполняющих выработанное пространство (высота эллипсоида выпуска) h равна

$$h = \sqrt{\frac{3q}{\pi p}}, \quad (9)$$

где q – объём эллипсоида выпуска (объём разрыхленных пород, заполнивших выработанное пространство).

Представив q через мощность пласта m и площадь выработанного пространства, равную произведению D на d , учитывая коэффициент разрыхления обрушившихся в выработанное пространство пород k_p , запишем

$$h = \sqrt{\frac{3mDd}{\pi r k_p}}, \quad (10)$$

Известно также, что высота эллипсоида разрыхления (области сдвижения) H связана с высотой эллипсоида выпуска h соотношением

$$H = h \sqrt{\frac{k_{BP}}{k_{BP} - 1}}, \quad (11)$$

Подставляя (10) в (11), получим

$$H = \sqrt{\frac{3mDdk_{BP}}{\pi r k_p (k_{BP} - 1)}}, \quad (12)$$

На рис.2 показаны графики зависимостей высоты области сдвижения горных пород, построенные по приведенным формулам.

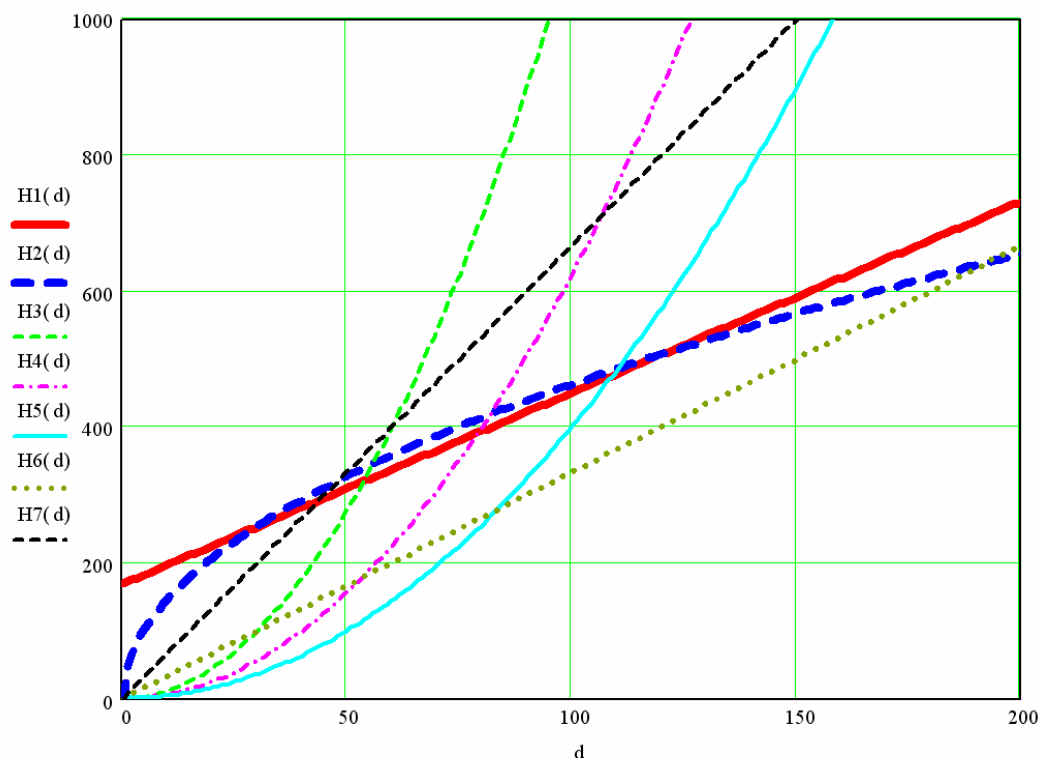


Рис. 2. Графики зависимостей высоты области сдвижения горных пород от размеров выработанного пространства: $H_1(d)$ – по формуле (8) при $m = 2$ м; $k_{BP} = 1,003$; $r = 50$ м; $D = 200$ м; $H_2(d)$ – по формуле (12) при тех же условиях; $H_3(d)$, $H_4(d)$, $H_5(d)$ – по формуле (1) при $C = 3; 4; 5$; $H_6(d)$, $H_7(d)$ – по методике [1] при значении коэффициентов 0,3 и 0,15.

Анализируя приведенные графики, необходимо отметить, достаточно большой разброс значений и в то же время некоторую общность, которая проявляется в диапазоне подвиганий лавы 50 – 100 м. Заметна достаточно большая сходимость графиков $H1(d)$ и $H2(d)$. При этом необходимо учитывать, что часть графика $H1(d)$ для значений $d = 0 - 20$ м не имеет смысла, так как при $d = 0$ никаких сдвижений происходить не может.

Таким образом, компьютерное моделирование и аналитические исследования закономерностей образования области сдвижения горных пород показали возможность применения предложенного метода для прогнозирования ожидаемых сдвижений породного массива.

Библиографический список

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом.- Донецк: УкрНИМИ, 2004.- 127с.
2. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. – Л: Недра, 1989.- 488 с.
3. Б.А. Кодунов. Метод прогнозирования сдвижений горных пород и земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений // Уголь.- 1991.-№2.-С.54-56.
4. Куликов В.В. Выпуск руды.- М: Недра, 1980.- 303с.