

УДК 622.281.24

И.И. Клочко¹., Н.И. Лобков².

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВПЕРЕДИ ЛАВЫ В ПРОЦЕССЕ ВЫЕМКИ УГЛЯ

¹Донецкий национальный технический университет

²Институт физики горных процессов НАН Украины

Приведены результаты натурных исследований деформирования подготовительных выработок в зоне опорного давления, изменения напряженного состояния горного массива в результате ведения очистных работ, изменения концентрации метана в угольном пласте впереди лавы.

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

В результате изгиба и обрушения мощных и прочных породных слоев над выработанным пространством. впереди очистного забоя, в горном массиве происходит изменение напряженного состояния. Очередность сдвижения породных слоев отражается на деформировании подготовительных выработок впереди лавы. Исследование характера деформирования выработок и изменения напряженного состояния пород позволит установить закономерности сдвижения породных слоев и особенности изменения напряжений впереди очистного забоя в процессе ведения очистных работ.

Целью работы является исследование особенности изменения напряженного состояния впереди лавы в процессе выемки угля.

Для достижения цели в работе решаются следующие задачи:

– исследование характера деформирования подготовительных выработок впереди лавы;

– исследование изменения напряжений в горном массиве впереди лавы.

Изучение характера деформирования выработок под действием изменяющегося напряженного состояния массива в зоне влияния очистных

работ производилось при работе одиночных лав в массиве угля и лав, примыкающих к выемочным полям ранее обработанных.

Деформирование выработок впереди лавы значительно отличается до первичной посадки кровли и во время вторичных посадок (Рис. 1). Размер

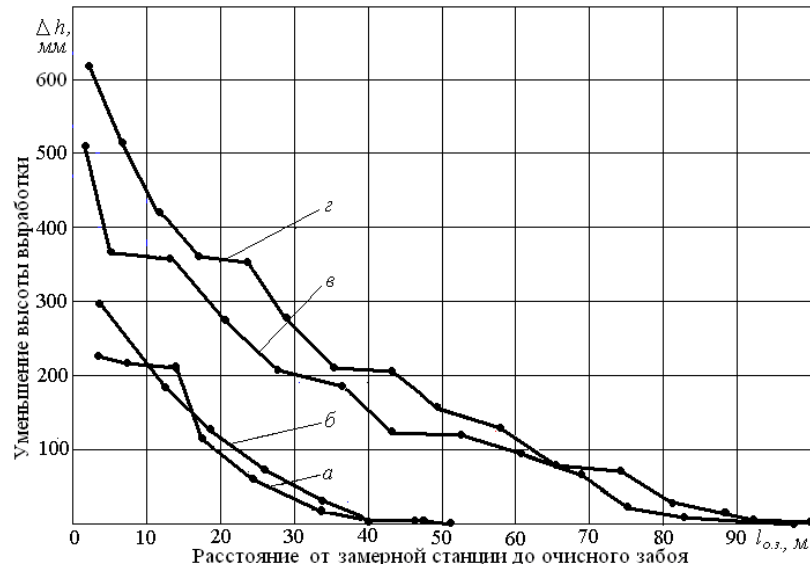


Рис. 1 Изменение высоты выработок впереди лавы: *а* и *б* – до первичной посадки кровли; *в* и *г* – во время вторичных посадок кровли.

зоны деформирования выработки до первичной посадки кровли не превышает 40м (Рис. 1 *а,б*), во время вторичных посадок достигает 98-100м (*в,г*). Со стороны выработанного пространства размер зоны деформирования и величина деформирования вентиляционной выработки несколько выше, чем конвейерной, расположенной в массиве угля. Вторичные посадки кровли отмечены (Рис. 1 *в,г*) пологими площадками (почти горизонтальными), основываясь на которых, можно предполагать, что на ломаных линиях вертикальных смещений кровли и почвы выработок зафиксированы три вторичные посадки породных слоев основной кровли. Подобные смещения измерены при среднесуточных скоростях подвигания лав не более 4м/сут.

До первичной посадки основной кровли размер зоны деформирования 15 и 16 западных конвейерных штреков шахты «Прогресс», расположенных на глубине 1100м и 8 южного конвейерного штрека блока №2 шахты «Красноармейская-Западная №1», пройденного на глубине 510м не превышает 40м. Аналогичные результаты получены и в других выработках (Табл. 1)

этих шахт до первичной посадки кровли.

Таблица 1

Изменение размера зон деформирования подготовительных выработок

Наименование выработок	Глубина ведения работ, м	Средняя скорость подвигания лавы		Размер зоны деформирования выработки впереди лавы, м	
		м/сут	м/мес	До первичной посадки основной кровли	В зоне вторичных посадок
5-й Южный конв. штр. бл. №2	600	4,0	120	38	83
6-й Северный конв. штр. бл. №2	613	2,0	60	37	86
8-й Южный конв. штр. бл. №2	510	5,0	150	34	51
8-й Южный вент. штр. бл. №2	510	5,0	150	36	52
1-й Северный конв. штр. бл. №3	610	2,7	81	35	84
1-й Северный вент. штр. бл. №3	610	2,7	81	37	88
5-й Южный конв. штр. бл. №3	633	3,2	96	59	85
1-й Северный конв. штр. бл. №5	672	3,0	90	40	78
6-я Юж. борт. Конв. выруб. Бл 6	657	3,5	105	38	85
6-й Вост. конв. ходок	730	2,1	63	35	89
6-й Вост. вент. ходок	730	2,1	63	37	90
8-й Вост. конв. ходок	820	1,9	57	36	91
8-й Вост. вент. ходок	820	1,9	57	38	92
3-й Зап. конв. штрек	860	2,0	60	40	100
15-й Зап. конв. штрек	1100	2,1	63	40	98
16-й Зап. Конв. штрек	1100	3,1	93	40	92
10-й Вост. борт. ходок	1090	3,6	108	34	97
11-й Вост. борт. ходок	1109	3,6	108	36	98
12-й Вост. борт. ходок	1119	3,4	102	35	101
13-й Вост. борт. ходок	1125	3,4	102	38	99
10-й Южный борт. ходок	1100	2,1	63	40	102

Результаты замеров позволяют оценить влияние глубины ведения работ и средней скорости подвигания очистного забоя на размер зоны деформирования подготовительных выработок в выемочных полях лав, примыкающих к выработанному пространству, образованному ранее отработанными очистными забоями. Причем строение вмещающего породного массива кровли пласта не оказывает значительного влияния на размер зоны деформирования, ошибка не превышает 10%. Статистическая обработка результатов замеров, приведенных в таблице 1 показывает, что влияние глубины разработки от 600 м до 1125 м на размер зоны деформирования подготовительных выработок впереди очистного забоя удовлетвори-

тельно описывается уравнением прямой линии (Рис. 2).

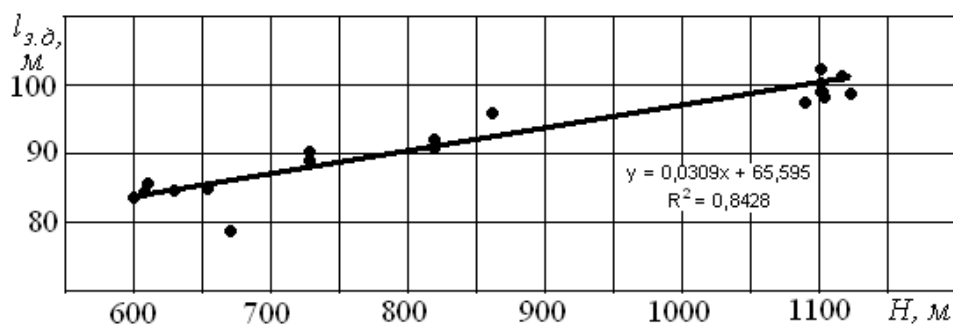


Рис. 2. Зависимость длины зоны деформирования подготовительных выработок впереди очистного забоя ($l_{3,0}$) от глубины заложения (H).

$$l_{3,0} = 0,03H + 65,6 \quad (1)$$

где $l_{3,0}$ – длина зоны деформирования подготовительной выработки впереди очистного забоя, м;

H – глубина заложения выработки, м.

Увеличение глубины разработки от 600 м до 1125 м ведет к увеличению зоны деформирования подготовительных выработок на 17...20 м. До первичной посадки основной кровли глубина ведения работ практически не оказывает влияния на размер зоны деформирования подготовительных выработок.

Из технологических параметров выемки угля влияние на размер зоны деформирования подготовительных выработок оказывает средняя скорость подвигания очистного забоя. Увеличение скорости подвигания лавы ведет к увеличению длины зоны деформирования подготовительных выработок впереди лавы (Рис. 3). Кривая изменения длины зоны деформирования подготовительной выработки впереди очистного забоя в зависимости от средней скорости подвигания лавы носит логарифмический характер с коэффициентом корреляции 0,98. Увеличение размера зоны деформирования подготовительных выработок от 20 м до 100 м происходит при увеличении скорости подвигания лав от 25 м/мес до 180 м/мес. При развитии горных работ и отходе лавы от разрезной печи на расстояние, превышающее длину лавы, размер зоны деформирования выработок увеличивается по сравнению с размером зоны деформирования до первичной посадки кровли.

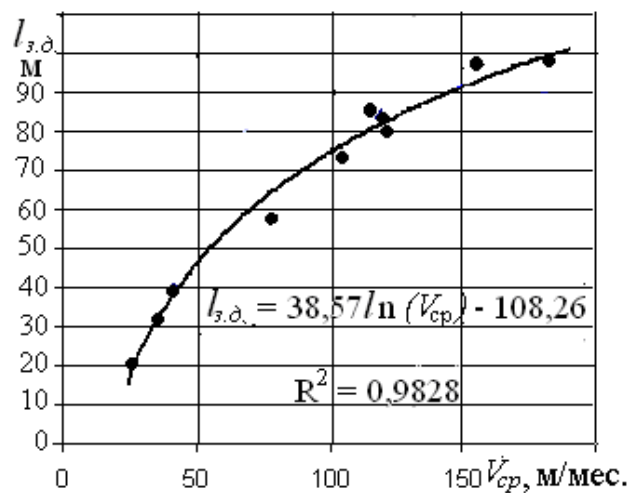


Рис. 3 Изменение длины зоны деформирования подготовительной выработки впереди ($l_{z.d.}$) очистного забоя в зависимости от средней скорости продвижения лавы (V_{cp}).

Изменение вертикальных деформаций подготовительных выработок дают основание предположить, что периодический изгиб и обрушение породных слоев над выработанным пространством формирует волнообразное распределение вертикальных напряжений впереди очистного забоя в зоне опорного давления. Исследование изменения напряженного состояния в породах непосредственной кровли впереди очистного забоя в зоне опорного давления производилось согласно [2] в выемочных полях лав ГП «Торезантрацит».

Кривые, характеризующие изменение напряженного состояния пород кровли впереди одиночной лавы приведены на рисунке 4. В кровле пласта впереди забоя 12-й восточной лавы бурились шпуровые установки для установки гидродатчиков длиной 12 и 15 метров, на удалении от разрезной печи соответственно 100 и 150 метров. Размер зоны опорного давления составил 27...30 метров, как в период первичной, так и вторичной посадки кровли. Максимальная величина давления в датчиках вдвое превышает начальное $P^{max} = 2P_0$. Можно считать, что несмотря на глубину разработки пласта 1070 м опорное давление образовано ограниченным числом изгибающихся породных слоев. Размер зоны опорного давления имеет одинаковый размер в

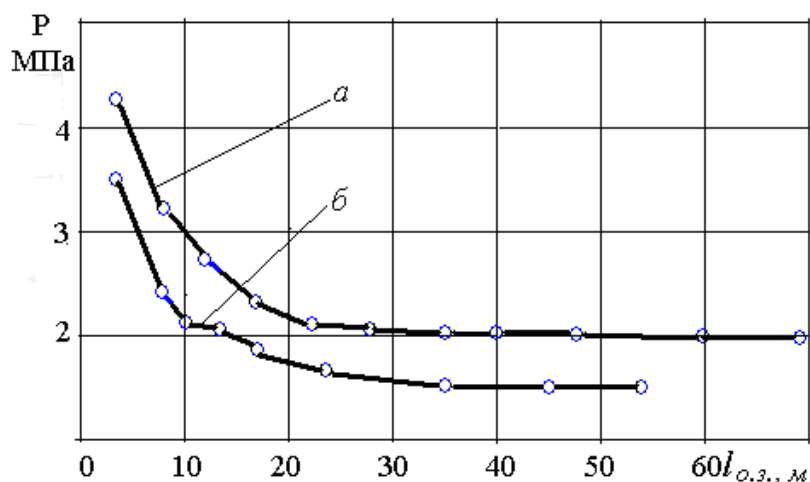


Рис. 4. Изменение напряжений в кровле пласта в зоне опорного давления впереди одиночной 12-й восточной лавы: *a* и *б* в период первичной и вторичной посадки кровли соответственно.

пределах всего выемочного поля лавы. При отходе лавы от разрезной печи на расстояние большее, чем шаг первичной посадки кровли кривая изменения напряжений имеет участок более пологий (Рис. 4б), что указывает на посадку кровли.

В 16-й западной лаве, примыкающей к выработанному пространству ранее отработанных 4-х очистных забоев, размер зоны изменения напряженного состояния кровли впереди очистного забоя в зоне опорного давления увеличился с 40 метров в период первичной посадки до 87 метров (Рис. 5) при отходе лавы от разрезной печи на расстояние равное длине лавы.

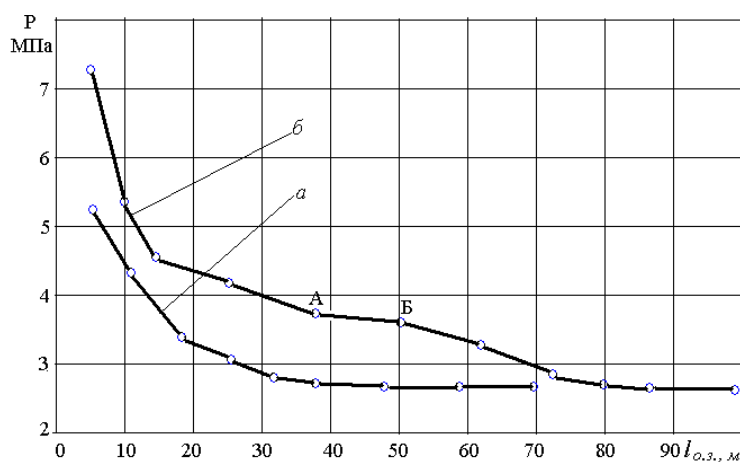


Рис. 5 Изменение напряжений в кровле пласта в зоне опорного давления впереди 16-й западной лавы: *a* и *б* в период первичной и вторичной посадки кровли соответственно.

Максимальная величина давления в период первичной посадки кровли увеличилась вдвое (Рис. 5а) по сравнению с начальным давлением. При дальнейшем подвигании лавы от разрезной печи на расстояние превышающее длину лавы (Рис. 5б) величина давления увеличилась до $2,6P_0$ (P_0 – начальное давление). На кривой присутствует горизонтальная площадка АБ, которая говорит о вторичной посадке кровли и уменьшении интенсивности изменения напряжений в кровле пласта.

Известно, что количество выделяющегося газа метана из разрабатываемого угольного пласта изменяется в пределах выемочного поля лавы. Изменение связано с наличием в пласте зон разрушенного угля, в которых концентрируется метан в свободном виде преимущественно во вновь образованных трещинах. В нетронутым массиве газ метан в угле находится в свободном виде в трещинах, образованных в процессе метаморфизма, в открытых и закрытых порах в твердом растворе угля [3]. В результате выемки угля происходит сдвиг породных слоев над выработанным пространством, в результате впереди очистного забоя происходит изменение напряженного состояния в породах кровли и в угольном пласте. В зонах разгрузки, впереди очистного забоя [4], вертикальные напряжения снижаются от γH до 0. В этих зонах, за счет восстановления пласта, происходит его разрушение. Образовываются новые трещины, растут существующие, закрытые поры переходят в открытые. Все это способствует увеличению свободного метана. Таким образом, изменение концентрации метана в пласте в зоне опорного давления впереди очистного забоя, позволит установить характер изменения напряженного состояния вмещающего массива. Измерения концентрации метана в скважинах производились (Рис. 6) впереди 8-й южной лавы блока №2. Замерные станции на 8 конвейерном штреке были установлены в 195 метрах (а) и в 220 метрах (б) от разрезной печи. По мере подвигания лавы замерные станции приближались к очистному забою. Ежедневно измерялась концентрация метана в скважинах. Кривая, характеризующая изменение концентрации ме-

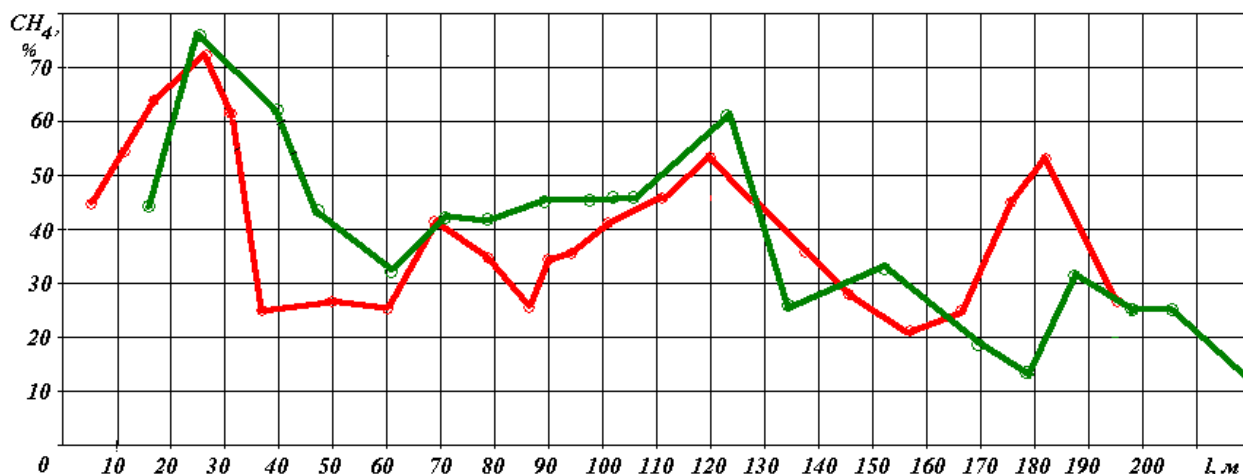


Рис. 6 Изменение концентрации метана в скважинах впереди 8-й южной лавы блока №2.

тана в скважинах при приближении очистного забоя имеет максимумы, указывающие на неравномерность метановыделения. Сравнение кривых вертикальной деформации выработок впереди лавы в зоне опорного давления с кривыми метановыделения в скважинах позволяет предположить причинную связь расположения зон повышенной концентрации метана с зонами пригрузки и разгрузки во вмещающем породном массиве кровли, которая заключается в следующем. При подвигании лавы к замерным станциям, измеряющим вертикальную деформацию подготовительных выработок и изменение напряженного состояния пород кровли пласта, впереди забоя на 50...60 метров, наблюдается незначительное вертикальное деформирование выработок в пределах 5...10 мм (а). Эта величина деформирования остается постоянной при подвигании лавы до замерных станций на 35 метров. В это время в скважинах на расстоянии 35...60 м от забоя лавы наблюдается рост концентрации метана в скважинах (б). Дальнейшее приближение лавы к замерным станциям на 25...30 м ведет к значительному росту концентрации метана в скважинах и к росту величины вертикального деформирования выработок. Последующее приближение лавы к замерным станциям привело к возрастанию деформирования выработок и резкому снижению концентрации метана в скважинах. Если принять во внимание тот факт, что кривые вертикального деформирования подготовительных выработок, качественно

отражают характер изменения напряженного состояния пород кровли впереди очистного забоя, то можно сделать следующие выводы.

Сдвигание породных слоев над выработанным пространством ведет к волнообразному изменению вертикальных напряжений в угольном пласте и соответственно напряженного состояния пород впереди очистного забоя.

Волнообразное изменение напряжений в горном массиве подтверждается деформацией подготовительных выработок, изменением напряжений в породах и концентрации метана в скважинах, пробуренных в зоне опорного давления впереди очистного забоя.

Наличие почти горизонтальных участков на кривых деформирования выработок и изменения напряжений дают возможность предположить сдвигание (обрушение) породных слоев, залегающих выше основной кровли.

ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ПОПЕРЕДУ ЛАВИ В ПРОЦЕСІ ВИЙМАННЯ ВУГІЛЛЯ

Приведено результати натурних досліджень деформування підготовчих виробок в зоні опорного тиску, зміни напруженого стану горничого масиву в наслідок ведення очисних робіт, зміни концентрації метану у вугільному пласті попереду лави.

Ключеві слова: гірничий масив, напруження, вигин шарів, обвалення, безпосередня та основна покрівля, опорний тиск, руйнування.

FEATURES OF CHANGE OF THE TENSE STATE AHEAD OF LAVA IN THE PROCESS OF COULISSE OF COAL

The results of model researches of deformation of the preparatory making are resulted in the area of supporting pressure, changes of the stress state of rock mass as a result of conduct of stoppings, changes the concentration of methane in a coal layer ahead of longwall.

Keywords: rock mass, stress, bend of layers, bringing down, direct and basic roof, supporting pressure, destruction.

Литература

1. Давидянц В.Т., Измерения проявлений горного давления на шахтах Донецкого бассейна/ В.Т. Давидянц., Г.Л. Козелев.-Углетехиздат,1952,– 116с.
2. Руководство по измерению изменений напряжений в угольном массиве скважинными гидравлическими датчиками. – АН СССР, Новосибирск, 1969. – 56 с.
3. Связанный метан в природных углях/[А.Д. Алексеев, Н.Н. Коврига, З.Г. Пастернак и др.]– В сб. Физико-технические процессы горного производства./ Под общей редакцией А.Д. Алексеева.– Донецк: ООО «Апекс», 2003.– с. 5 – 12.
4. Канлыбаева Ж.М. Закономерности сдвижения горных пород в массиве/ Ж.М. Канлыбаева.– Изд-во «Наука», Алма-Ата, 1968.– 108 с.