

УДК 622.1:622.834.1

## СДВИЖЕНИЕ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД НАД ДВИЖУЩИМСЯ ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ В ЗАПАДНОМ ДОНБАССЕ

Кучин А. С.

(ВУЗ «Национальный горный университет»,  
г. Днепропетровск, Украина)

*Наведені результати експериментальних досліджень деформування порід покрівлі вугільного пласта попереду рухомого очисного вибою. Встановлено, що в умовах Західного Донбасу попереду вибою лави мають місце розшарування і підняття порід.*

*The results of experimental study of coal seam top rock deformation in advance of moving breakage face are described. It is determined that in conditions of the Western Donets Coal Basin sheeting and uplift of rocks are present in advance of longwall face.*

Уголь является одним из основных энергетических ресурсов Украины. Разработка месторождений пластовой формы залегания приводит к вовлечению в процесс сдвижения больших площадей земной поверхности в зоне влияния очистных работ. Техногенное влияние подземных горных разработок на массив горных работ приводит к изменению его состояния равновесия и перераспределению нагрузок в пространстве. Деформирование подработанного массива горных пород и земной поверхности является причиной повреждения и разрушения подземных и наземных объектов.

Изучение влияния очистных разработок на подрабатываемый массив происходит по двум основным направлениям, изучающим геомеханические процессы и процессы сдвижения подработанной толщи. Эти направления тесно взаимосвязаны между собой, но рассматривают различные категории. Предметом ис-

следований в геомеханике являются напряжения массива горных пород в области влияния подземных разработок, взаимодействие крепи выработок с породным массивом в зонах разгрузки и повышенного горного давления. Наука о сдвигении рассматривает смещения горных пород и связанные с ними деформации.

На данный момент имеется значительное количество теорий, описывающих процессы сдвигения горного массива при разработке пластовых месторождений. Среди теоретических гипотез о сдвигении горного массива известны: гипотеза волны давления, свода давления, консольной балки, предварительного разрушения, сыпучей среды, ступенчатого опускания, блочного обрушения [1, 2, 3]. С совершенствованием средств автоматизации вычислительных процессов стал популярен метод конечных элементов, адаптированный для горных условий [4, 5]. Каждый из приведенных методов с большей или меньшей степенью допущений и упрощений описывает процессы напряженного массива горных пород вокруг очистной выработки.

Гипотеза волны давления, впервые предложенная Вебером, неоднократно подвергалась критике. Согласно этой гипотезе опорное давление проявляется в форме волн впереди забоя, с характерными сменяющимися вздутиями и уменьшениями мощности пласта на различных расстояниях от забоя (рис. 1).

В последнее время в литературных источниках появились результаты исследований, подтверждающие волновой характер изменения опорного давления впереди движущегося очистного забоя [6, 7]. В частности в [7] предметом рассмотрения являются расслоения массива горных пород в зоне опорного давления перед движущимся очистным забоем. Согласно экспериментальным исследованиям период смены напряженного состояния массива зависит от горно-геологических условий разработки угольного пласта и физико-механических свойств горных пород. Волновой характер распределения опорного давления подтверждается также геофизическими методами исследований, выполненными в Западном Донбассе на шахте Героев Космоса [8].

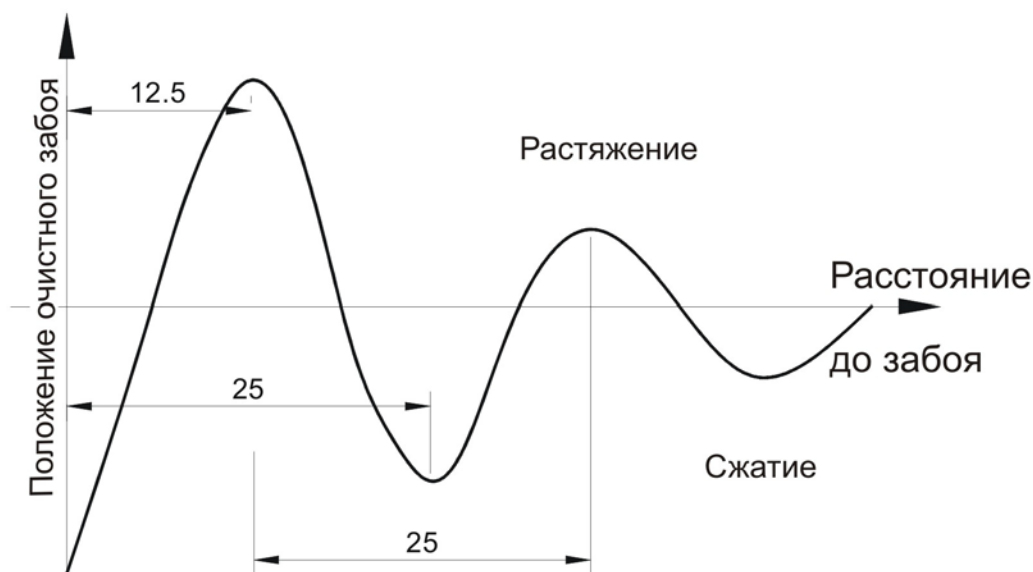


Рис. 1. Схема деформирования угольного пласта согласно теории волны давления

С целью установления закономерностей деформирования массива горных пород впереди движущегося очистного забоя в условиях шахты «Самарская» ОАО «Павлоградуголь» была заложена специальная наблюдательная станция. Задача выполняемых наблюдений состояла в получении деформационных характеристик массива в динамической зоне опорного давления и вертикальных смещений горных пород.

Маркшейдерские инструментальные наблюдения выполнялись в 539-м сборном штреке при движении забоя 539-й лавы. Репера профильных линий заложены в вертикальную и наклонную скважины, пробуренные в кровле сборного штрека. Высота скважин составила 20 и 28 м, диаметр – 230 мм. Устья скважин расположены на расстоянии около 0,4 – 0,7 м от борта, примыкающего к контуру очистной выработки.

Лава обрабатывается на глубине 170 м длинным столбом по восстанию пласта. Массив горных пород в кровле очистной выработки представлен чередующимися аргиллитами, алевролитами и песчаниками низкой крепости. В основной кровле залегает аргиллит мощностью 8 м и средним сопротивлением сжатию 13 – 15 МПа.

Для определения вертикальных деформаций и перемещений породных слоев в скважинах установлены репера (датчики), к которым прикреплен трос диаметром 1 мм (рис. 2).

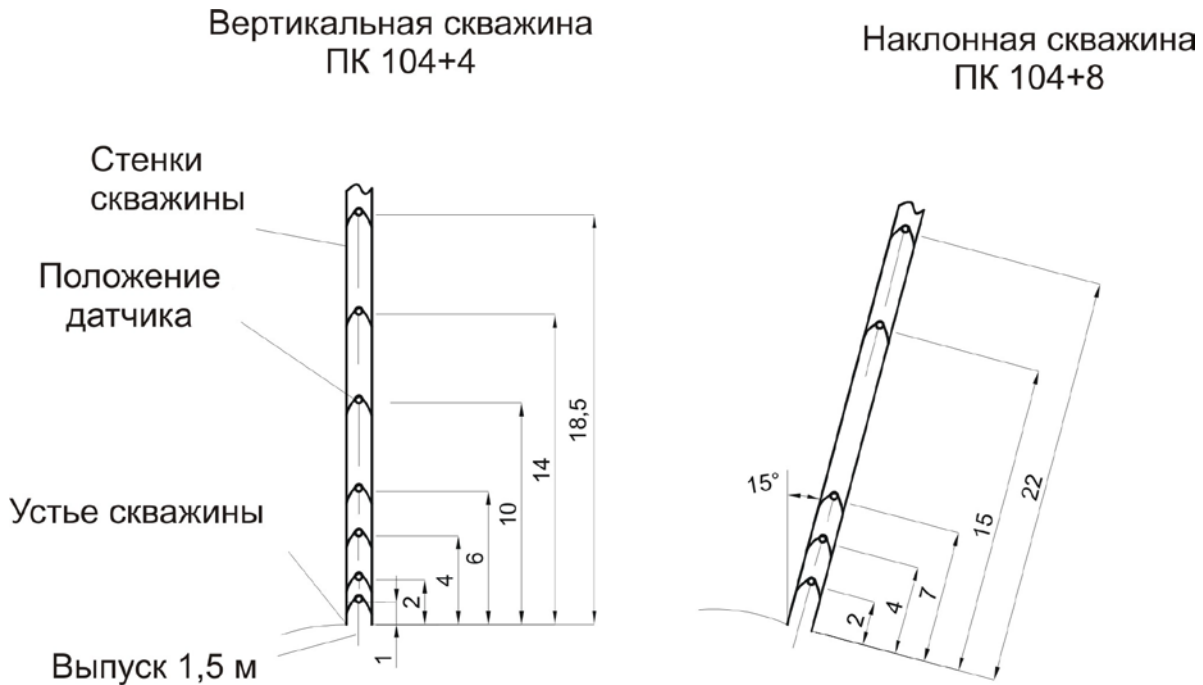


Рис. 2. Схема размещения реперов в скважинах

Максимальная технически возможная высота установки датчиков составила в вертикальной скважине 18,5 м, в наклонной – 22 м.

Маркшейдерские инструментальные наблюдения заключались в измерении вертикальных расстояний между концами тросов и их нивелировку. Расстояния измерялись рулеткой при постоянном натяжении с точностью взятия отсчета 0,5 мм. Измерения выполнялись минимум дважды разными исполнителями. В качестве исходного, при измерении расстояний принят репер, закрепленный на максимальной высоте.

На момент первого наблюдения скважины находились на расстоянии 46 м от движущегося очистного забоя (скорость продвижения 5 м/сут.). Всего выполнено 11 серий наблюдений со средней периодичностью 1 – 2 дня. Результаты 2-го и 3-го наблюдений показали отсутствие перемещения датчиков в скважинах. При приближении очистного забоя к вертикальной сква-

жине на расстояние 22 м (4 наблюдение) зафиксированы незначительные относительные перемещения датчиков в пределах 0 – 3 мм. По результатам 5-го и 6-го наблюдений максимальные перемещения возросли соответственно до 7 и 10 мм. Интервал времени между наблюдениями в этот период составил 1 день.

На рис. 3 представлены графики распределения вертикальных деформаций интервалов между реперами по оси вертикальной скважины. В верхней части скважины (интервал 7 – 18 м) наблюдаются сжатия массива, в нижней – растяжения. По мере приближения забоя к скважине величины вертикальных деформаций постепенно увеличиваются до значения  $\pm 6$  мм/м. Значительные растяжения в интервалах 1 – 2 м и 4 – 6 м свидетельствуют о появлении расслоений породного массива. Максимальная величина расслоения наблюдается на расстоянии 7 м от забоя лавы. После удаления груды забоя на расстояние 4 м от скважины репера на 1 -м и 2 -м метре опустились на 133 мм относительно своего первоначального положения.

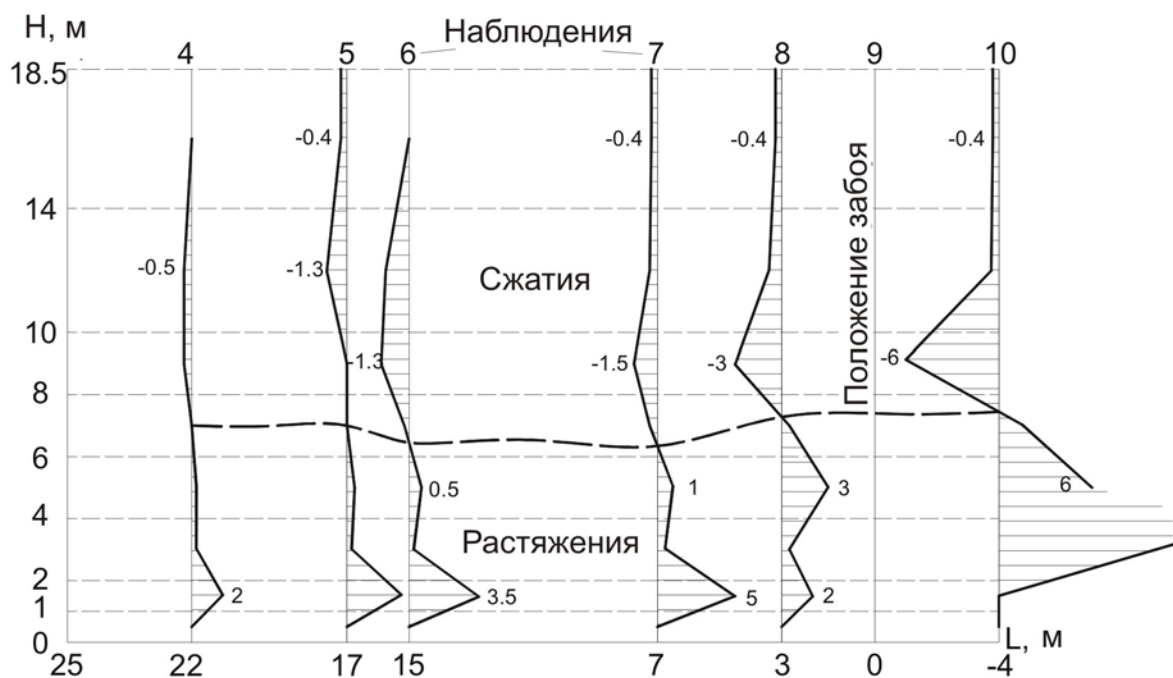


Рис. 3. Распределение вертикальных деформаций на различном расстоянии от забоя

Согласно известным представлениям о распределении опорного давления впереди забоя лавы действуют повышенные вертикальные напряжения, которые приводят к деформациям сжатия породного массива. Результаты проведенного эксперимента указывают на присутствие в массиве двух зон: растяжения и сжатия. По нашему мнению зона разгрузки (растяжения) впереди очистного забоя образуется вследствие изгибающего момента, образуемого опускаемыми породами за механизированной крепью при отсутствии их беспорядочного обрушения. При этом в породах кровли формируются горизонтальные сжатия, которые по мере удаления по вертикали от пласта сменяются горизонтальными растяжениями. Область вертикальных сжатий образуется вследствие потери породами бокового распора под действием растягивающих усилий.

Таким образом, впереди движущегося очистного забоя возникает зона разгрузки, а над механизированной крепью – зона повышенного горного давления. Представленные результаты подтверждают гипотезу о волновом характере распределения опорного давления.

В условиях крепких пород со значительной жесткостью породных слоев нагрузка со стороны зависших горных пород не полностью передается на призабойную крепь. В этом случае изгиб пород можно рассматривать относительно линии груди очистного забоя. При слабых породах изгиб происходит в концевой части механизированной крепи. Следовательно, в рассматриваемых условиях за линию очистного забоя целесообразно принимать условную линию за механизированной крепью.

Наличие расслоений и области разгрузки (вертикальных растяжений) вследствие изгиба слоев подтверждается результатами нивелировки реперов. Результаты изменения высотных отметок реперов при приближении очистного забоя представлены на рис. 4. На расстоянии 17 м от груди забоя зафиксировано поднятие пород около 25 мм. Максимальная величина вертикальных перемещений реперов соответствует семиметровому удалению от забоя. За механизированной крепью наблюдается интенсивное опускание массива ниже его отметки в нетронутном состоянии.

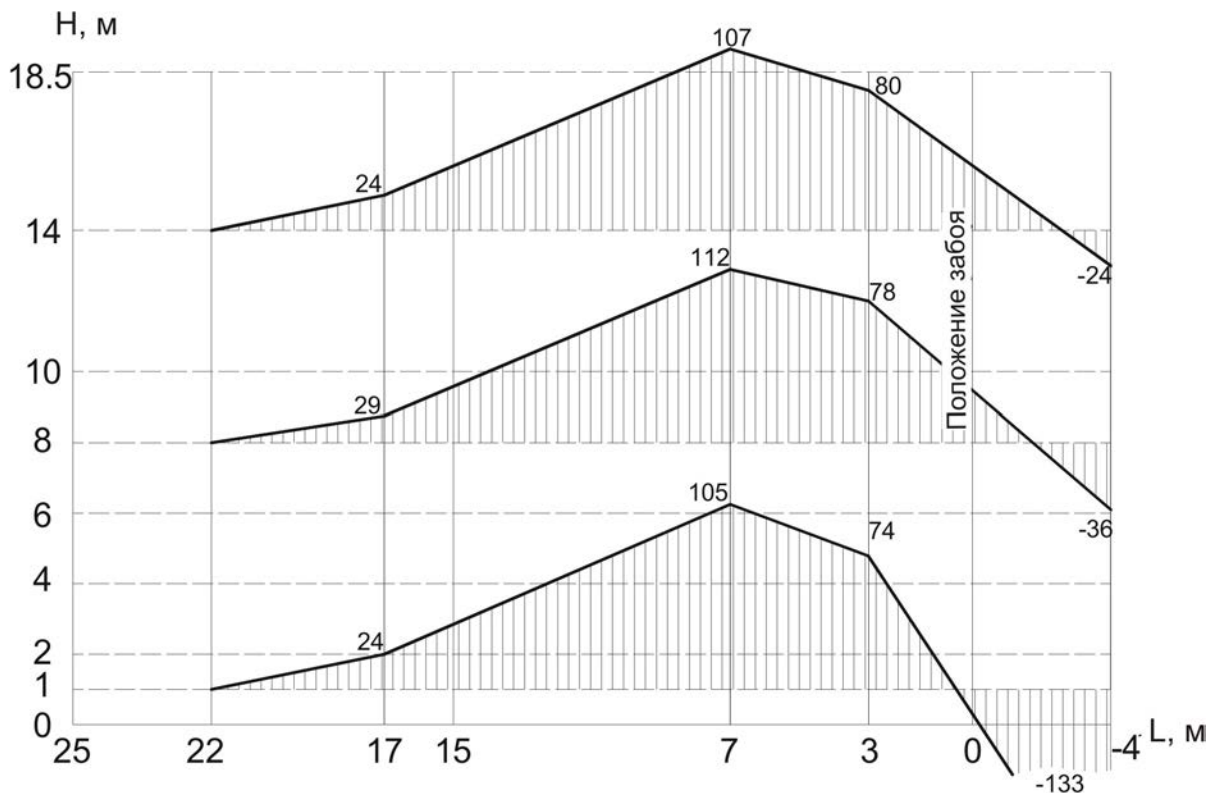


Рис. 4. Вертикальні переміщення реперів на різному відстані від забою

Підняття горних порід впереди движущогося очистного забою встановлено також маркшейдерськими інструментальними спостереженнями при підготовці спостережувальних станцій в горних виробках і на земній поверхні в Західному Донбасі [9]. При глибинах розробки 300 м на земній поверхні спостережувалися підняття до 30 мм. Результати обробки інструментальних спостережень за сдвиженням горних порід і земної поверхні в Західному Донбасі дозволяють передбачити, що величина підняття порід залежить від швидкості руху очистного забою.

#### **Висновки.**

1. В вертикальній площині впереди движущогося очистного забою формуються зони деформацій розтягнення і стиснення. Границя між зонами не залежить від положення забою.

2. Перед забоем лави мають місце розшарування горних порід по нормалі до напластовування. По результатам спостережень зона

расслоений развивается на высоту до 8 м от кровли угольного пласта.

3. После прохода очистного забоя пачка пород кровли мощностью 4 – 6 м отделяется с возникновением неупругих деформаций.

4. Движение забоя лавы вызывает поднятие массива горных пород с образованием зоны разгрузки. При глубине 170 м размер области пониженных напряжений можно принять равным 20 м.

5. Зона повышенного горного давления сосредоточена над механизированной крепью и краевой частью угольного пласта.

### **СПИСОК ССЫЛОК**

1. Управление горным давлением / [А.А. Борисов, В.И. Матанцев, Б.П. Овчаренко, Ф.Н. Воскобоев]; Под ред. А.А. Борисова. – М.: Недра, 1983. – 168 с.
2. Борисов А.А. Расчеты горного давления в лавах пологих пластов / Борисов А.А. – М.: Недра, 1964. – 298 с.
3. Беляев Е.В. / Теория подрабатываемого массива горных пород / Беляев Е.В. – М.: Наука. – 1987. – 176 с.
4. Гавриленко Ю.Н. Математическое моделирование сдвижения горных пород и земной поверхности в слоистом массиве методом конечных элементов / Ю.Н. Гавриленко // Известия Донецкого горного института. – 1997. – № 1. – С. 87 – 93.
5. Кратч Г. Сдвижение горных пород и защита подрабатываемых сооружений; Пер. с нем. под ред. Р.А. Муллера и И.А. Петухова. – М.: Недра. – 1978. – 494 с.
6. Зорин А.Н. Влияние динамики горного давления на эффективность региональных противовыбросных мероприятий / А.Н. Зорин, В.Г. Колестников // Уголь Украины. – 1988. – № 11. – С. 34 – 35.
7. Минеев С.П. К механизму формирования зон расслоений в призабойной области угольного пласта / С.П. Минеев, А.А. Прусова, А.Г. Исютин // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – № 2. – 2002. – С. 25 – 28.
8. Кириченко В.Я. Явление образования перемещающихся нарушенных зон впереди лавы / В.Я. Кириченко, Ю.М. Хали-



мендик, А.В. Лишин, Б.М. Усаченко // Науковий вісник НГУ.  
– Дніпропетровськ. – № 1. – 2001. – С. 27 – 28.

9. Зрушення земної поверхні при повторній підробці в умовах Західного Донбасу: доповіді наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених [“Маркшейдерське забезпечення геотехнологій”], (Дніпропетровськ, 19-20 трав. 2010 р.) / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2010. – 133 с.