

УДК 622.002.5: 622.831

Е.А. Плотников, В.В. Дырдин, В.П. Тациенко, И.С. Елкин

## ВЛИЯНИЕ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАССИВА В ЗОНЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Концентрация напряжений в массиве впереди очистного забоя напрямую зависит от длины зависающей консоли пород основной кровли [1]. Основные закономерности формирования её длины и последующего обрушения связаны с прочностью пород, слагающих основную кровлю, и возможностью её подбучивания непосредственной кровлей, а также с особенностями ведения очистных работ. Например, на некоторых шахтах принято отрабатывать лавы через одну при общем нисходящем порядке. Тогда, в большинстве случаев, к лаве со стороны конвейерного и вентиляционного штреков примыкает выработанное пространство. При чистом нисходящем порядке выработанное пространство примыкает только со стороны вентиляционного штрека. Очевидно, что условия формирования консолей пород основной кровли в обоих случаях будут разными. Следовательно, разны и шаг вторичных осадок и максимальная концентрация напряжений, а также и удароопасность.

Для изучения особенностей геомеханического состояния массива, примыкающего к подготовительным выработкам, нами были проведены исследования в конвейерном штреке впереди очистного забоя. У которого со стороны вентиляционного и конвейерного штреков примыкало выработанное пространство. Исследования проведены впереди лавы № 17124, отработавшей пласт Бреевский в условиях шахты им. Кирова. Схема плана горных работ представлена на рис. 1, а схема расположения измерительной станции на рис. 2.

Измерения осуществлялись с помощью реперов, забитых в кровлю и борта выработки, а

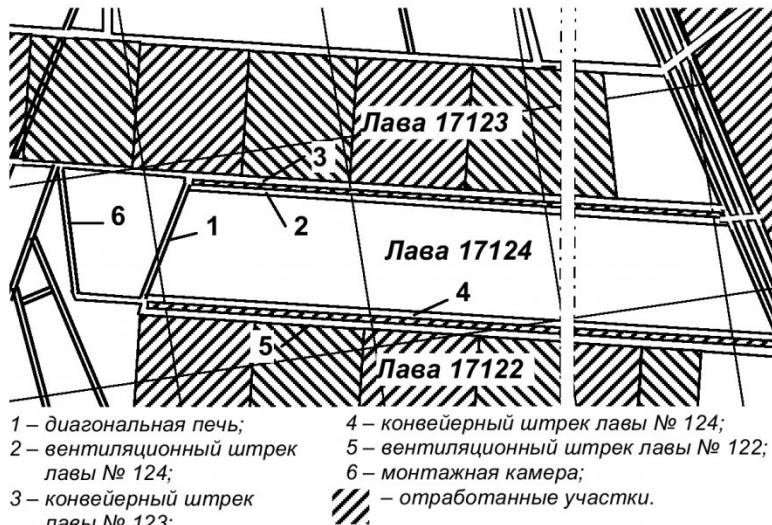


Рис. 1. Схема плана горных работ

также по потенциальному естественному электрического поля (ЕСП).

Датчики были установлены в скважинах, пробуренных в угольный пласт (Датчик 1) и кровлю (Датчик 2). Потенциал измерялся относительно нуле-

вого датчика расположенного от датчиков 1 и 2 на расстоянии 50 м в скважине на глубине 3 м.

На рис. 3 представлены кривые, показывающие скорость схождения бортов штрека в мм/сут (кривые АБ, ВГ), а также скорость уменьшения



Рис. 2. Схема расположения измерительной станции

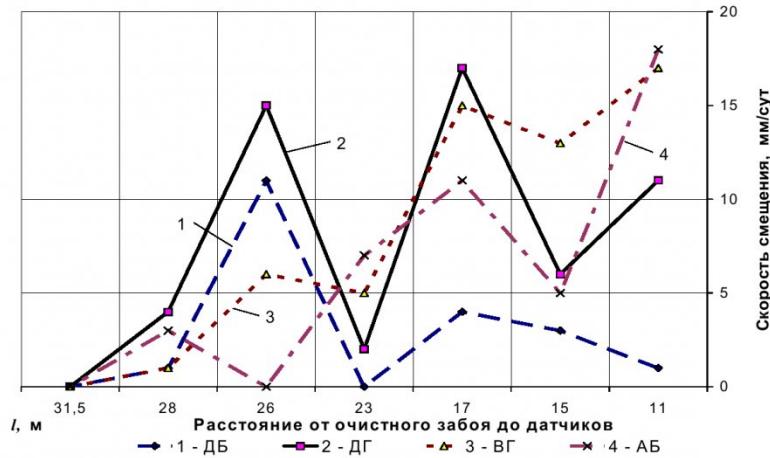


Рис. 3. Скорость изменения расстояний между реперами при движении очистного забоя

расстояния между устьем вертикальной скважины (точка Д) и точками Б и Г, являющимися устьем горизонтальных шпуров, пробуренных в массив угля (кривые ДГ и Д), на расстояниях  $31,5 \div 10$  м от забоя лавы при его подвигании.

На рис. 4 представлены кривые изменения потенциала естественного электрического поля в угольном массиве (датчик Д1) и кровле (датчик Д2). Датчики были установлены на расстоянии 46 м от очистного забоя. Возрастание величины потенциала  $\varphi$  однозначно в данном случае связано с возрастанием механических напряжений, а уменьшение  $\varphi$  отражает уменьшение напряжений.

Скачки потенциала на расстояниях 46, 43, 40, 38, 36 м и т.д. отражают разгрузку массива при частичном обрушении пород основной кровли. На расстоянии 31,5 м от очистного забоя резкое увеличение  $\varphi$  нужно понимать как критический момент, когда напряжения в кровле и угольном пласте достигли своих максимальных значений. После чего массив угля не выдержал нагрузки и стал интенсивно деформироваться в сторону вентиляционного штрека, что привело к резкому уменьшению напряжений в пласте при подвигании очистного забоя до отметки 22 м. Кровля по данным датчика Д2 также при этом испытала интенсивное деформирование. Скорость схождения бортов (кривая АБ) на отметке 24 м возросла от 0,4 до 4,2 мм/сут. Дальнейшее уменьшение скорости на отметке 15 м (кривые АБ, ДГ, ВГ) связано со вторичными осадками. Максимум напряжений сформировался на расстоянии 11 м от очистного забоя. После

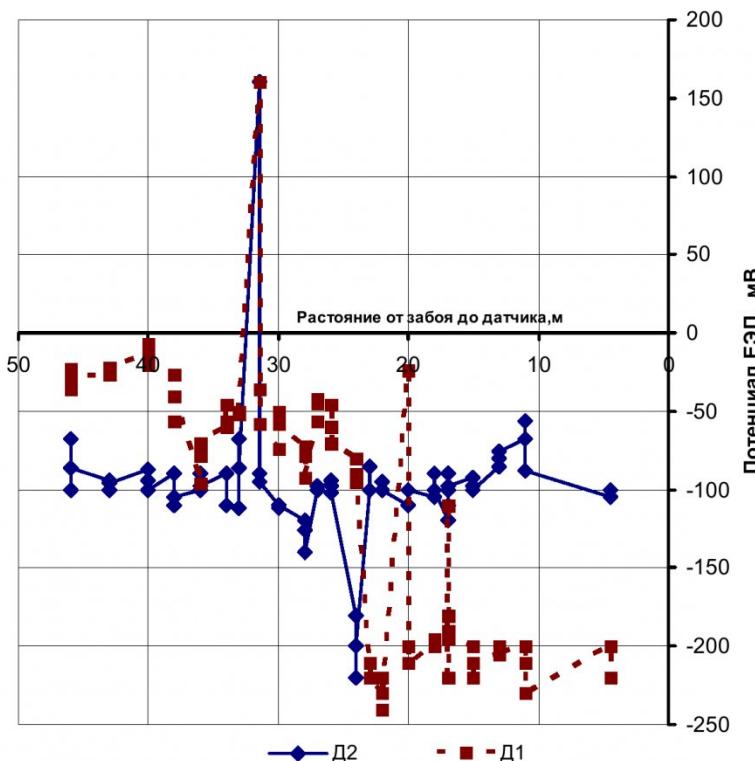


Рис. 4. Изменение потенциала ЕЭП в массиве (кривая 1) и в кровле по мере приближения очистного забоя (кривая 2)

частичного обрушения кровли напряжения в кровле стали падать до отметки 4,5 м, а угольный пласт стал пригружаться на этом участке, по-видимому, за счет расслоения кровли. Обратный характер изменения напряжений в кровле и пласте наблюдается и в ряде других случаев (отметки  $40,0 \div 38; 34,0 \div 33,0$  м;  $20,0 \div 18,0$  м;  $17 \div 15$  м).

Основные результаты проведенных исследований сводятся к следующему.

- Если к очистному забою со стороны конвейерного и вентиляционного штреков примыкает выработанное пространство, а основная кровля сложена породами крепостью не выше 8,0 по М.М. Протодьяконову, то значительных зависаний кровли, в областях массива, примыкающих к подготовительным

выработкам, не возникает. Шаг обрушений в большинстве случаев составляет 2-3 м.

- Локальные концентрации напряжений в массиве могут наблюдаться на расстояниях до 32 м от очистного забоя, но удароопасных ситуаций при этом не возникает.

- На расстоянии около 15 м от очистного забоя скорость схождения бортов штрека может достигать 20 мм/сут и более, что вызывает необходимость наблюдений за поведением крепи, которую может выдавливать в сторону штрека.

В заключение, выражаем благодарность инженерно-техническим работникам шахты им. "Кирова" за помощь в проведении исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дырдин В.В. Влияние очистных работ на напряженное состояние массива и его контроль / Дырдин В.В., Шиканов А.И., Плотников Е.А. // Вопросы безопасности труда на горных предприятиях: материалы конф. посвященные 100-летию со дня рождения П.И. Кокорина. – Кемерово, 2002. – С. 43 - 49.

## □ Авторы статьи:

Плотников Евгений Анатольевич - аспирант КузГТУ	Дырдин Валерий Васильевич - докт.техн.наук, проф.зав. каф. физики	Тациенко Виктор Прокопьевич - докт.техн.наук, зам. ген. дирек- тора «Кузбассшахтстрой»	Елкин Иван Сергеевич - канд.техн.наук, доц. каф. физики
--	--	---	--

**УДК 519. 21****А.В. Бирюков****О ДРОБЛЕНИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

При дроблении твердого тела образуется  $N(T)$  частиц с суммарной площадью поверхности  $F(T)$ . С увеличением времени дробления  $T$  функции  $N(T)$  и  $F(T)$  монотонно возрастают.

Обозначим через  $E$  расход энергии на процесс дробления в единицу времени, а через  $A$  - энергоемкость дробления, равную количеству энергии, затрачиваемой на образование единицы площади новой поверхности. Тогда имеет место соотношение

$$H \cdot E \cdot T = A \cdot F(T),$$

где величина  $H$  выступает в роли коэффициента полезного действия процесса дробления.

Пусть  $X$ ,  $S$ ,  $V$  – соответственно диаметр (наибольший линейный размер), площадь поверхности и объем частицы, а  $C$  – мера ее сферичности, которую определим как

$$C = XS / V.$$

Наименьшее значение этой величины, равное шести, соответствует частицам, являющимся шарами. Для продуктов дробления твердых тел, как показывают результаты измерений, мера сферичности частиц обладает незначительной вариацией с центром рассеяния  $C = 9$ .

Диаметр случайно выбранной частицы есть случайная величина с неким законом распределения (обозначим первые его моменты как  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ).

## □ Автор статьи:

Бирюков  
Альберт Васильевич  
- докт.техн.наук,  
проф., зав.каф высшей математики

Площадь поверхности и объем частицы в среднем пропорциональны квадрату и кубу ее диаметра, т. е.

$$S = P X^2, \quad V = Q X^3.$$

Из определения меры сферичности частицы  $P/Q = C$ . Пусть  $G$  - суммарный объем частиц, т.е. объем исходного тела, подвергающегося дроблению. Тогда имеем уравнения

$$G = Q M_3 N(T),$$

$$F(T) = P M_2 N(T),$$

из которых непосредственно следует, что

$$F(T) = C \cdot G \cdot M_2 / M_3.$$

Для диаметра частиц постулируем равномерное распределение на отрезке от нуля до  $X(T)$ , где правая граница крупности частиц  $X(T)$  является монотонно убывающей функцией времени дробления. В этом случае

$$M_1 = X(T)/2,$$

$$M_2 = X^2(T)/3,$$

$$M_3 = X^3(T)/4.$$

Отсюда при  $C = 9$  находим суммарную площадь поверхности частиц :

$$F(T) = 12 G / X(T).$$

Таким образом, модель процесса дробления принимает вид:

$$H \cdot E \cdot T = 12 A \cdot G / X(T).$$

Убывающую функцию  $X(T)$  аппроксимируем гиперболической зависимостью

$$X(T) = X(0) / (1 + T),$$

где  $X(0)$  – диаметр исходного тела. Следовательно,

$$H \cdot E \cdot T = 12 A \cdot G / (1 + T) / X(0).$$

Как видим, обе части этого равенства являются линейными функциями времени. Следует отметить, что приведенная модель процесса оказывается правомерной лишь до некоторой степени измельчения частиц, начиная с которой энергоемкость дробления и коэффициент полезного действия процесса становятся зависящими от времени. Однако такая ситуация соответствует размерам частиц, сопоставимым с размерами кристаллов, и практически не достигается.

Как частный случай, рассмотрим взрывное дробление породного массива. В этом случае уравнение баланса энергии представим в виде

$$H \cdot B \cdot R = A \cdot F,$$

где  $H$  – коэффициент полезного (дробящего) действия взрыва;  $B$  – удельный расход взрывчатых веществ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $R$  – энергетический потенциал взрывчатых веществ,  $\text{КДж}/\text{кг}$ ;  $A$  – энергоемкость дробления,  $\text{КДж}/\text{м}^2$ ;  $F$  – удельная (в единицах объема) площадь поверхности частиц,  $\text{м}^2/\text{м}^3$ .

Для промышленных взрывов среднее значение приведенных характеристик составляют:  $B=0.8$ ;  $R=1000$ ;  $A=10$ ;  $F=5$ . При этом среднее значение коэффициента полезного действия взрыва равно 6%.