

УДК: 622.272.6:622-112.

С.Н. Гордеев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ И ОСНОВНОЙ КРОВЛИ НА ВЫВАЛООБРАЗОВАНИЕ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ КРОВЛИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТОВ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Проведены исследования в условиях шахт «Талдинская-Западная», «Талдинская-Южная», «Большевик». На пластах 48 (ш. «Талдинская-Южная»), 68 (ш. «Талдинская-Западная»), 29а, 30 (ш. «Большевик»). Характеристика указанных пластов и вмещающих пород, расположенных на глубине 120-210м.

Анализ данных табл. 1 показывает, что пласти относятся к мощным, с повышенными углами падения, имеют "ложную" кровлю и почву, межтами неустойчивую непосредственную кровлю. Основная кровля пластов 48, 30 сложена крепкими песчаниками и оценивается, как труднообрушающаяся, у пластов, 68, 29, а - основная кровля относится к среднеобрушающейся или легкообрушающейся.

В целом условия отработки указанных пластов оцениваются как сложные. Поэтому работа крепей механизированных комплексов будет в значительной мере зависеть от процессов взаимодействия основной и непосредственной кровли.

Отработка пластов производилась следующими механизированными комплексами: пласт 68 - 4КМ-130, пласт 48 - КМ138/4, пласт 29а - 20КП-70, пласт 30 - 4КМ-130.

Во всех очистных забоях имела место высокая аварийность, вызванная отжимом угля от забоя, вывалами пород кровли и развитием куполов. Взаимодействие крепей с вмещающими породами периодически нарушалось, крепи теряли контакт с породами кровли, продольную и поперечную ус-

тойчивость.

Отрабатываемые пласти подразделены на две группы: первая (I) - непосредственная кровля пластов средней устойчивости, основная кровля - труднообрушающаяся; вторая (II) группа - непосредственная кровля неустойчивая, основная изменяется от среднеобрушающейся до труднообрушающейся.

Для рассмотрения процессов взаимодействия основной и непосредственной кровли при отработке пластов I группы используется схема, приведённая на рис.1.

До обрушения основной кровли система "основная кровля - непосредственная кровля - секция крепи" находится в устойчивом состоянии. Давление пород на крепь незначительное, стойки крепи работают на уровне заданного начального распора. Отжим угля от забоя отсутствует. При передвижке крепи неустойчивые слои "ложной" кровли отслаиваются от верхних слоёв и обрушаются в призабойное пространство. Непосредственная кровля сохраняет устойчивое состояние, зависит позади крепи на расстоянии до 1,5м.

По мере подвигания лавы и увеличения площади обнажения, происходит рост давления пород кровли на крепь вследствие зависания пород основной кровли. Стойки крепи переходят в режим работы с нарастающим сопротивлением, а краевая часть пласта - в напряжённое состояние. Через 10-12м происходит осадки основной кровли. Основная кровля обрушается с образованием впереди забоя заколов. Заколы опережают забой на 4-6 м.

Таблица 1 Характеристика указанных пластов 48, 68, 29а-30 и вмещающих их горных пород

Пласт Шахта	Мощность, (м)	Угол па- дения,°	Крепость угля,(f)	Характеристика пород						
				непосредственная кровля			основная кровля			
				Мощ- ность,(м)	Сопротивл. сжатию, (МПа)	Устой- чивость	Мощность, (м)	Сопро- тивл. сжа- тию,(МПа)	Обруша- емость	
пл. 48 Талдинская- Южная	3,75	12-21	0,9-1	8-11,7 Ложная 0,3-0,4м	алевр. 40 20	Устой- чивость от неустойч. до средней	20	песчаник 50-70	от средней до трудно- обруш.	
пл. 68 Талдинская- Западная	5,5-6	10-20		4-8	алевр. и аргилл. 10-22		9-23	песчаник 30-40	от лёгкой до средней	
пл.29а Большевик	3,5-3,7	6-30		6	алевр. 30-40		до 20	алевролит 30-40	от лёгкой до средней	
				Ложная 0,3-0,4	аргилл. 2,7					
пл.30 Большевик	1,8-3,7	3-30		3,3-8,9	алевр. 30		26	песчаник 60-70	труднооб- руш.	
				Ложная 0,4-0,5	аргилл. 1,0-2,0					

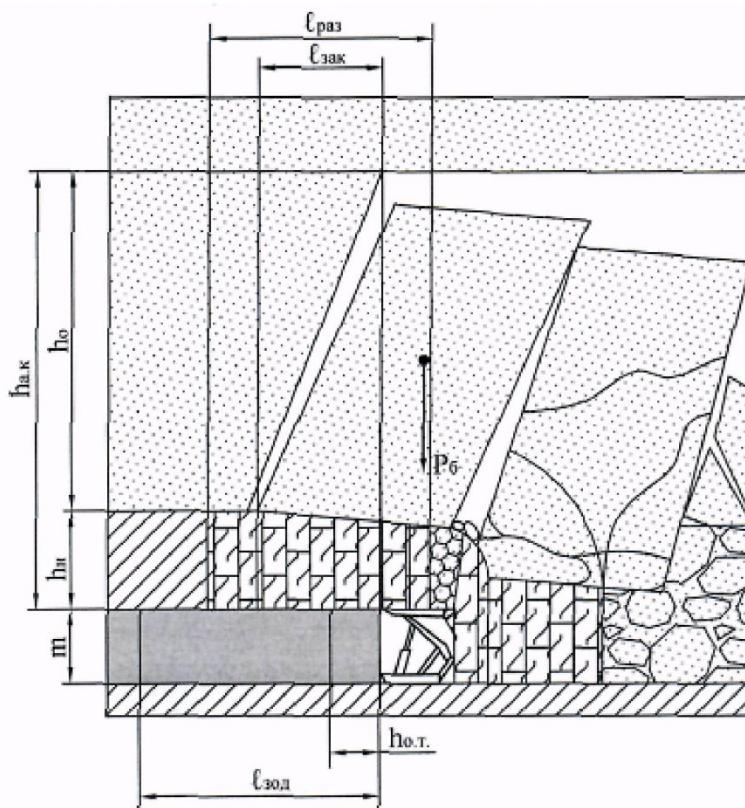


Рис. 1. Схема взаимодействия основной труднообрушаемой кровли с непосредственной кровлей средней устойчивости: $l_{зак}$ - длина опережения линии забоя заколом в основной кровле, м; $l_{раз}$ - длина участка впереди забоя, где происходит разрушение пород непосредственной кровли, м; $l_{зод}$ - ширина зоны опорного давления, м; $h_{от}$ - глубина отжима угля от забоя, м; m - мощность пласта, м; h_n - мощность непосредственной кровли, м; h_o - мощность основной кровли; $h_{ак}$ - мощность активной кровли, м; P_6 - давление обрушающихся блоков на крепь и краевую часть пласта

В период образования заколов и отслоения нижних слоёв основной кровли от верхних, возникает резкое увеличение давления на краевую часть пласта и секции крепи.

В зоне максимальных значений опорного давления породы непосредственной кровли деформируются. До образования закола при передвижках крепи они расслаивались, а при образовании закола расслоенные породы непосредственной кровли разрушаются на отдельные блоки, (рис. 1). Уголь в краевой части переходит в предельное напряжённое состояние и разрушается. Таким образом, с потерей несущей способности зависящей консоли основной кровли начинается процесс разрушения непосредственной кровли и уголь краевой части пласта. Непосредственная кровля высыпается в подкрепное пространство до момента создания устойчивой системы шарнирно-расклиниченных блоков основной кровли.

На рис. 2 показаны графики изменения напряжений в породах основной и непосредственной кровли в зоне временного опорного давления.

В непосредственной кровле напряжения находятся на уровне геостатического и только впереди забоя на расстоянии 1,5-1,8м происходит

рост напряжений до (1,7) γ Н, под заколом основной кровли образуется зона "дробления" пород непосредственной кровли протяжённостью до 4,5м. С приближением забоя к зоне разрушенных пород происходит их высыпание под крепь комплекса с образованием купола. Вывалу пород непосредственной кровли способствует отжим угля от забоя, глубина которого " $h_{от}$ " достигает до 1м.

Изменение напряжения впереди забоя в породах основной кровли представлено графиком (1) на рис. 2. Напряжение начинает возрастать по мере формирования консоли зависания пород основной кровли. В момент образования закола напряжение достигает максимального значения, точка "М" на рис. 2.

С отрывом образавшегося блока пород от верхних слоёв основной кровли напряжение в породах основной кровли снижается, а под действием веса обрушившегося блока происходит дальнейшее разрушение пород непосредственной кровли. При высыпании пород непосредственной кровли и образовании купола обрушившиеся породы основной кровли, теряя подпор, начинают смещаться и создавать значительно высокие нагрузки на секции крепи.

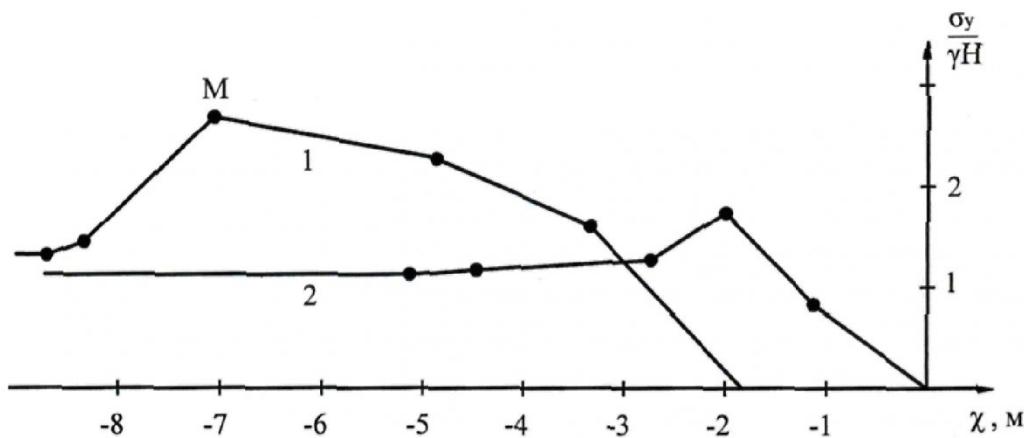


Рис.2. Графики изменения напряжений в породах основной и непосредственной кровли в зоне опорного давления: 1- в основной кровле; 2 – в непосредственной кровле.

При этом происходит посадка стоек крепи "нажёстко", деформируются отдельные элементы крепи. Концентрация напряжений в зоне максимума опорного давления в основной кровле достигает $2,5(\gamma H)$ и более (рис. 2). Высота куполов определяется мощностью непосредственной кровли, $h_{kup} \leq h_n$.

Длина участка разрушения пород непосредственной кровли зависит от местоположения максимума опорного давления.

Установлено, что максимум опорного давления формируется впереди забоя на расстоянии 7-8м.

Длина зоны опорного давления изменялась от 34 до 62 м, для пластов I группы зону опорного давления можно определять по следующей формуле

$$\ell_{зод} = K \cdot (1,87 + 1,13 \cdot m_{pl}) \cdot H^{0,4}, \quad (1)$$

где m_{pl} – вынимаемая мощность пласта, м;

H – глубина от дневной поверхности, м;

K – корректировочный коэффициент, величина которого может приниматься равной 1,12-1,3 в зависимости от прочности пород основной кровли.

Зона разрушения пород непосредственной

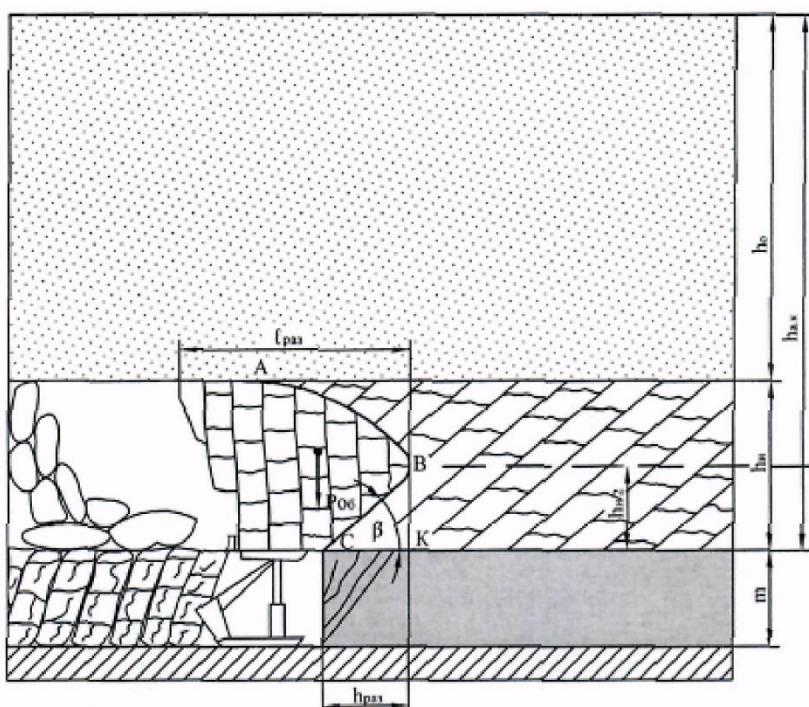


Рис. 3. Схема расчета параметров вывалаобразования при неустойчивой непосредственной кровле (до обрушения основной кровли): $h_{раз}$ - длина разрушения пород впереди забоя; β - угол наклона линии обрушения пород, град; m - мощность пласта, м; h_n - мощность непосредственной кровли; $h_{a,k}$ - мощность активной кровли; $l_{раз}$ – длина разрушающего участка пород непосредственной кровли

кровли определяется зоной максимального опорного давления. Установлено, что в исследуемых условиях максимум опорного давления располагается от линии забоя на расстоянии 4,4-5 м.

Для определения местоположения максимума опорного давления можно использовать установленную эмпирическую зависимость

$$\ell_{max} = \sigma \cdot \ell_{zod}, \quad (2)$$

где σ — эмпирический коэффициент, величина которого составляет 0,12-0,13.

Длина зоны разрушения пород непосредственной кровли определяется величиной удаления максимума опорного давления от линии забоя

$$\ell_{раз} = \ell_{max} + \ell_{kp} = \sigma \cdot \ell_{zod} + \ell_{kp}, \quad (3)$$

где ℓ_{kp} — длина поддерживающей части секций крепи применяемого механизированного комплекса.

Условие разрушения пород непосредственной кровли породами основной кровли определяется следующим неравенством

$$\frac{\gamma_o h_o \cdot (1 - f \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot \ell_{\delta}}{\sigma_{сж.н} \cdot \ell_{раз}} < 1 \quad (4)$$

где γ_o — объёмный вес пород основной кровли,

$\text{т}/\text{м}^3$;

h_o — мощность основной кровли в пределах мощности активной кровли, м;

ℓ_{δ} — длина блока, равная длине шага обрушения основной кровли при вторичных осадках, м;

f — коэффициент трения на контакте пород основной и непосредственной кровли;

$\ell_{раз}$ — длина участка, на котором происходит разрушение пород непосредственной кровли, м;

α — угол, под которым происходит опускание породных блоков, составляет 60-70°.

Для пластов II группы, когда непосредственная кровля неустойчивая, а основная труднообрушаемая схема взаимодействия основной и непосредственной кровли приведена на рис. 3, 4.

При выемке угля комбайном и передвижках крепи неустойчивая непосредственная кровля раслаивается и обрушается под крепь. При отсутствии обрушения основной кровли между выемочными циклами система "основная кровля - непосредственная кровля - крепь" сохраняет устойчивое состояние, хотя разрушение пород непосредственной кровли происходит, зона разрушения опережает забой на 1,5-2 м.

Объём разрушенных пород приобретает фор-

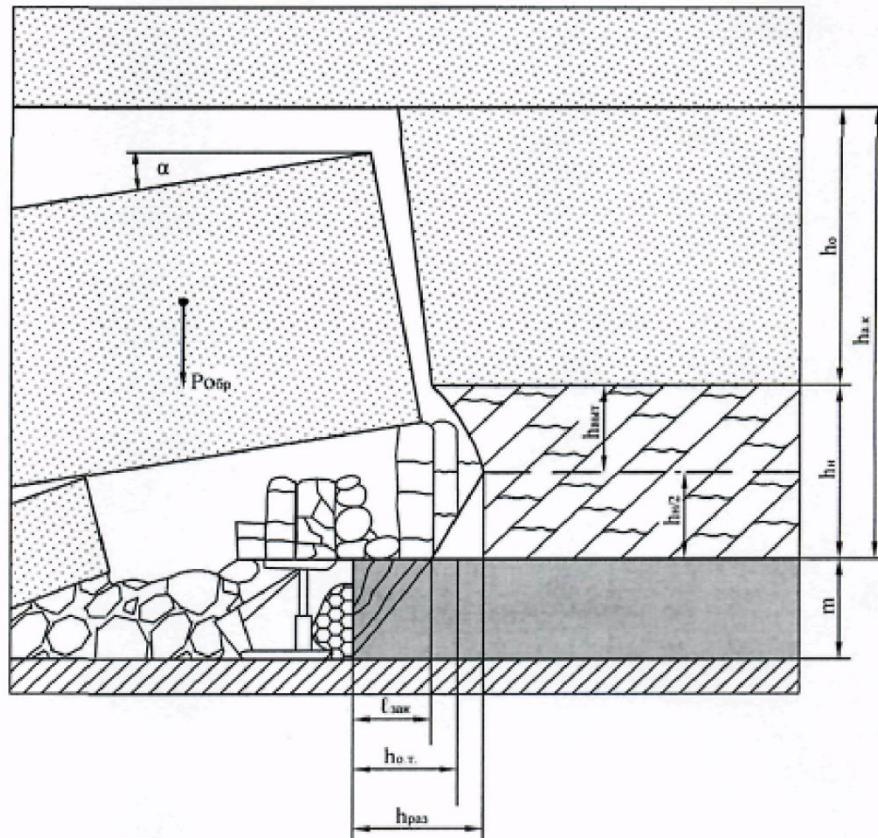


Рис. 4. Схема расчета параметров вывалаобразования при неустойчивой непосредственной кровле (при обрушении основной кровли): α — угол наклона блока в сторону выработанного пространства, град; $l_{зак}$ — опережение забоя заколом основной кровли; $h_{от}$ — глубина отжима угля; $h_{выт}$ — высота смещения блока основной кровли и вытеснения пород непосредственной кровли; $h_{раз}$ — глубина разрушения пород впереди забоя.

му треугольника, рис. 3.

При выемке очередной полосы угля и передвижке секций крепи разрушенные породы непосредственной кровли прорываются в подкрепное пространство, при этом формируются купола на разных участках по длине лавы. Высота куполов зависит от скорости крепления забоя.

Расслоение пород непосредственной кровли происходит в объёме, описываемой фигурой АВСД. Для удобства оценки процессов взаимодействия указанную фигуру заменяют по рекомендациям [3] треугольником АВД, рис.3.

Основанием треугольника является мощность непосредственной кровли - АД, вершина треугольника - "В" опережает очистной забой и удалена вглубь массива на расстояние $\ell_{раз}$, кроме того, она разделяет мощность непосредственной кровли на две части, высота которых составляет $h_n/2$.

При осадках основной кровли (рис.4) процесс вывалов пород непосредственной кровли существенно изменяется. Заколы в основной кровле образуются впереди забоя с опережением до 4-5м, а в непосредственной кровле при этом создаётся зона повышенного давления с опережением закола до 2 м и более. Под действием давления обрушенных пород основной кровли происходит отжим угля от забоя на глубину до 1-1,5м. Отжим угля приводит к обнажению кровли и вывалам разрушенных пород непосредственной кровли в подкрепное пространство, рис. 4.

Вывалообразование происходит со скоростью смещения обрушившихся блоков основной кровли, породы основной кровли сопровождают высыпающиеся породы непосредственной кровли, вытесняя их в подкрепное пространство. При этом образование куполов не происходит. Смещение блоков основной кровли по средним значениям составляют около $0,5h_n$.

Таким образом, при обрушении основной кровли происходит два следующих процесса:

- разрушение пород непосредственной кровли и вытеснение их в подкрепное и выработанное пространство со скоростью смещения блоков основной кровли;

- увеличение зоны разрушения пород непосредственной кровли впереди забоя.

При отработке пластов данной группы основными параметрами, характеризующими процесс вывалообразования пород непосредственной кровли, являются те же параметры, которые были установлены при рассмотрении отработки пластов I группы: глубина разрушения пород непосредственной кровли " $\ell_{раз}$ " достигает до 5 м, глубина отжима угля - до 1,5 м, смещение блоков основной кровли по линии забоя - до $0,5h_n$, а при малой мощности непосредственной кровли - на величину h_n .

Устойчивое состояние системы "основная кровля - непосредственная кровля - крепь" опре-

деляется в основном мощностью пород непосредственной кровли и их прочностными свойствами.

Устойчивое состояние обеспечивается, если в каждой точке кривой АВД выполняется условие

$$\tau_i \leq [\tau], \quad (5)$$

где τ_i — фактические касательные напряжения, в породах непосредственной кровли;

$[\tau]$ — предельные касательные напряжения в породах непосредственной кровли,

$$\tau_i = \frac{1}{2} \cdot (P_e - P_G); \quad (6)$$

$$[\tau] = \frac{[\sigma_{cyc}]}{2}; \quad (7)$$

$$P_e = \beta \cdot \gamma \cdot H; \quad (8)$$

$$P_G = \lambda \cdot \beta \cdot \gamma \cdot H \quad (9)$$

β - коэффициент концентрации напряжений в породах непосредственной кровли, принимается 1,7;

$$\lambda = \frac{\mu}{1-\mu} \text{ - коэффициент бокового распора;}$$

μ - коэффициент Пуассона для пород непосредственной кровли;

$[\sigma_{cyc}]$ - сопротивление пород непосредственной кровли на сжатие.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы..

1. Взаимодействие основной и непосредственной кровли является сложным процессом и зависит от типа пород непосредственной и основной кровли, их мощности, физико-механических свойств.

1.1. В любом случае основная кровля передаёт давление на непосредственную кровлю впереди очистного забоя, создавая в зоне опорного давления повышенные напряжения, вызывающие деформацию пород непосредственной кровли.

1.2. От состояния пород непосредственной кровли зависит процесс взаимодействия механизированной крепи с вмещающими породами, а степень деформации пород непосредственной кровли зависит от её прочности и устойчивости при обнажении.

2. При отработке пластов I группы установлено следующее.

2.1. При породах непосредственной кровли средней устойчивости и труднообрушаемых породах основной кровли до обрушения пород основной кровли непосредственная кровля обрушается за крепью с установившимся шагом, сохраняя устойчивое состояние впереди очистного забоя.

2.2. Обрушение пород основной кровли происходит с образованием заколов впереди забоя и созданием высоких напряжений в зоне опорного давления, вызывающих деформацию угля в краевой части пласта и пород непосредственной кровли. Концентрация напряжений при обрушении основной кровли достигает до 2,5(γH) и более.

2.3. Деформированные породы непосредственной кровли при их обнажении отжатой краевой частью пласта, при выемке угля и передвижке крепи обрушаются в подкрепное пространство с образованием куполов высотой, равной мощности непосредственной кровли

2.4. Установлено, что максимум опорного давления формируется впереди забоя в 4,4-5м, а зона разрушения пород непосредственной кровли достигает 5,5-6,5м, при этом условие разрушения пород непосредственной кровли определяется неравенством (4).

3. При неустойчивых породах непосредственной кровли и труднообрушаемых породах основной кровли процесс их взаимодействия и влияние на вывалообразование происходит иначе.

3.1. Непосредственная кровля до обрушения основной кровли деформируется впереди очистного забоя в зоне опорного давления. Форма разрушения пород непосредственной кровли в зоне опорного давления представляет собой треугольник, основание которого равно мощности непосредственной кровли, а высота - длине зоны разрушения пород. Вершина "В" треугольника (рис. 3) делит мощность непосредственной кровли ори-

ентированочно на две равные части.

3.2. Разрушенные породы прорываются в подкрепное пространство при выемке угля и передвижке крепи, при этом происходит образование куполов с высотой равной мощности непосредственной кровли.

3.3. При обрушении основной кровли процесс вывала пород непосредственной кровли существенно изменяется: создается зона повышенных напряжений впереди очистного забоя, увеличивается длина зоны разрушения пород непосредственной кровли, происходит отжим угля от забоя и вытеснение разрушенных пород непосредственной кровли обрушившимися блоками основной кровли в подкрепное и выработанное пространство без образования куполов в кровле.

3.4. Устойчивое состояние пород в промежутках между осадками основной кровли определяется неравенством (5), когда фактические касательные напряжения, под действием которых происходит отрыв блоков пород от массива, не превышают предельные касательные напряжения для данных пород в каждой точке кривой АВД (рис. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дрейлинг А.И. Исследование геомеханических процессов в очистном забое при отработке мощных пологих и наклонных пластов./ А.И. Дрейлинг, М.И. Рыженков, В.М. Колмогоров, С.И. Калинин.// Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых. Сб. науч. тр. №12, КузНИУИ. - Прокопьевск, 1997. - С.19-29.
2. Калинин С.И. Управление горным давлением при разработке пологих пластов с труднообрушающейся кровлей на шахтах Кузбасса./ С.И. Калинин, А.Ф. Лютенко, П.В. Егоров, С.Г. Дьяконов.// Кемеровское кн. изд-во, 1991. - 247с.
3. Борисов А.А.. Механика горных пород и массивов. -М.: Недра, 1980. - 359с.

Автор статьи:

Гордеев
Сергей Николаевич
- ген.дир. ООО «Талдинская
горно-добывающая компания»
Тел. 8-905-9188530

УДК: 622.272.6:622-112.3

С.Н. Гордеев

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В КРАЕВОЙ ЧАСТИ ПЛАСТА ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ЕРУНАКОВСКОГО РАЙОНА

Для угольных пластов Ерунаковского района, как и для других месторождений Восточного Кузбасса, характерна значительная доля пластов с неустойчивой кровлей, около 50% пластов имеют "ложную" кровлю. Дополнительно почти все пласты пересечены разрывными нарушениями. По фактору тектонической нарушенности в зависимости от отношения амплитуды смещения (h) к

мощности пласта (m) выделяется 4 группы шахтопластов:

- $h/m \leq 0,1$ - для таких нарушений достаточно большая, однако переход таких нарушений не оказывает какого-либо влияния на показатели работы очистного забоя;

- $0,1 \leq h/m < 0,5$ - переход таких нарушений сказывается на показателях работы очистного за-