

УДК 622.272.6+622.831.2+622.834.3

М.В. Шинкевич, А.А. Черепов

УТОЧНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИИ ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ ДАВЛЕНИЯ В СТОЙКАХ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ВЫЕМОЧНОГО СТОЛБА

Движение очистного забоя приводит к периодическому изменению горного давления на призабойную часть пласта, что в классической геомеханике объясняется изменением размеров зависающих консолей близлежащих слоев пород и их числа, участвующих в формировании опорного давления.

Формирование консолей сопровождается поднятием слоев пород над пластом впереди зоны максимальных напряжений. Натурными исследованиями Ж.М. Канлыбаевой (1960 г.) инструментально доказано, что даже в слабых породах (аргиллиты) при глубине залегания обрабатываемого пласта около 100 м и длине очистного забоя 100 м поднятие нижней части кровли достигает 3 см на расстоянии 10-15 м от плоскости забоя [1]. Учитывая расстояние от плоскости забоя до максимума напряжений, место формирования опоры консоли кровли, и принимая форму прогиба кровли параболической, можно оценить размер зоны разгрузки обрабатываемого пласта от горного давления за зоной максимальных напряжений, в данном случае она близка 20-30 метрам.

И.Л. Черняком и В.Е. Зайденваргом (1994 г.) показано, что с ростом прочности пород кровли и глубины разработки этот эффект возрастает, при

этом происходит «топтанье» пласта горным давлением [2].

Немецкими учеными (2009 г.) аналитически и экспериментально доказано, что распределение горного давления на секции механизированной крепи очистного забоя имеет волнообразный характер, но и эти результаты не получили до настоящего времени соответствующую идентификацию параметров [3]. Методами физического моделирования установлено [4], что в выработанном пространстве длинных очистных забоев образуется не один, а несколько сводов в подрабатываемом массиве пород, последовательно формирующихся при движении забоя. Одной из причин образования сводов является горизонтальный распор в слоях пород. Явления образования и исчезновения горизонтального распора в сводах обрушения периодически сменяют друг друга. Следствия этого процесса проявляются в периодичности (шагах) обрушения кровли.

Ранее выполненными, методами рудничной газодинамики, исследованиями на месторождениях с различной стратиграфией и последовательностью отработки пластов в свите позволили установить, что отмечаемая волнообразность геомеханического процесса является следствием деструк-

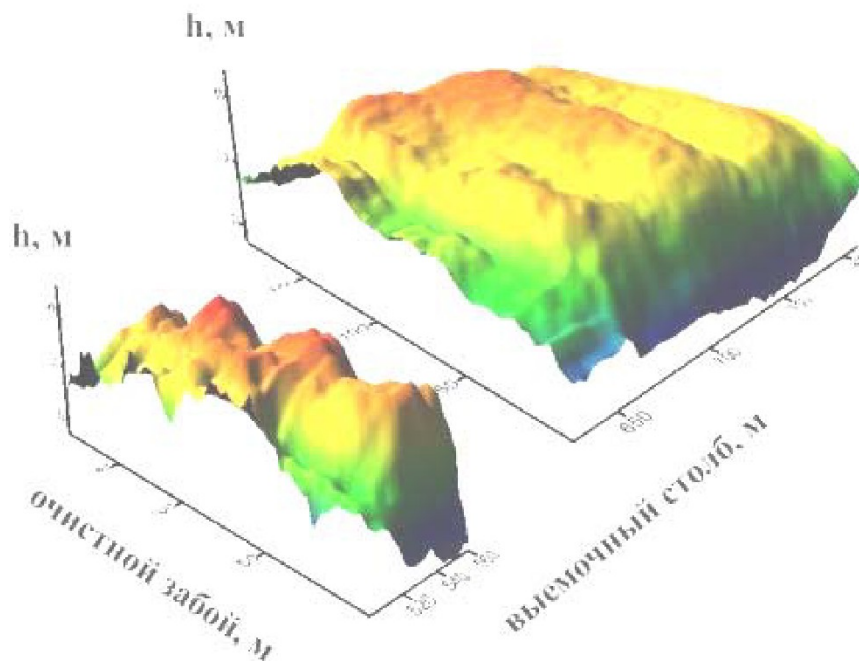


Рис. 1. Периодичность изменения высоты сводов давления на крепь при движении очистного забоя

туризации массива в виде рядов вложенных относительно внешней кривой периодических функций [5,6,7]. Параметры рядов кратны 2. Следовательно, массив горных пород, в области развивающихся геомеханических процессов, можно представить в виде совокупности геомеханических слоев, мощности которых равны высотам формирующихся в них сводов.

Аналогичные исследования динамики метанообильности, но уже подготовительных выработок, показали, что параметры иерархии структур дезинтеграции массива горных пород в приконтурной части выработки кратны $(\sqrt{2})^n$, где n-уровень структурной иерархии [8,9,10].

Для наблюдения единства причинно-следственных связей в газогемеханических процессах, как при проведении подготовительных выработок – радиальная разгрузка, так при движении длинного очистного забоя – вертикальная разгрузка, целесообразно иметь единый контрольный показатель ($\Phi=\sqrt{2}$): радиальная разгрузка Φ^n , вертикальная разгрузка Φ^{2n} .

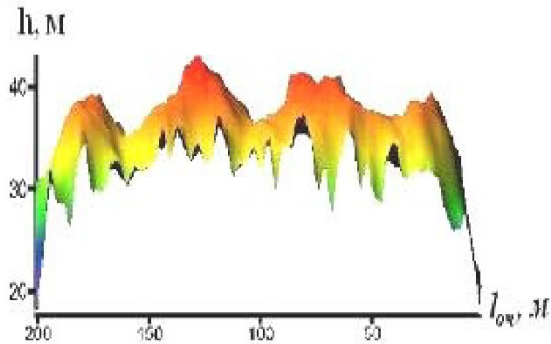
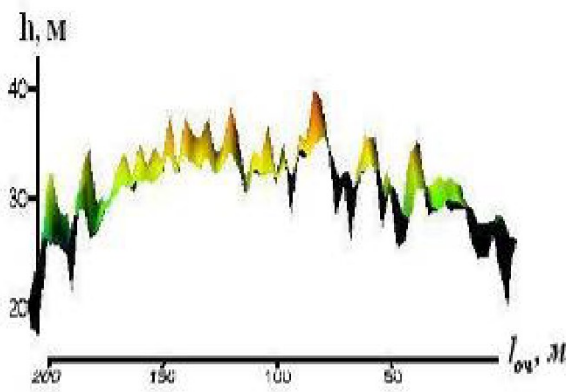


Рис. 2. Своды давления на секции механизированной крепи при отработке пласта с труднообрушаемой кровлей на интервале подвигания 530 – 553 м при выполнении замеров на каждой пятой секции крепи (9 м)

Несмотря на весьма представительный объем горно-экспериментальных исследований геомеханических процессов методами рудничной аэрога-



а) при выполнении замеров на каждой секции крепи (1,8 м)

зодинамики, их результаты все - таки несколько косвенные, поскольку включают еще один явно нелинейный процесс - изменение состояний углеметановых пластов одновременно с формированием неустойчивых газовых потоков в направлении зоны контроля. По этой причине эти исследования были дополнены наблюдениями изменений давления в стойках секций механизированной крепи в лаве 3-32 шахты «Алардинская». Длина очистного забоя 200 м, глубина залегания пласта 600 м. Шаг первичного обрушения основной кровли около 100 м, шаг вторичного обрушения около 24 м. Измерения давления проводились практически ежедневно на ремонтную смену.

Для удобства анализа значения давлений интерпретированы через мощность слоя пород, вес которого соответствует реакции крепи.

Приняв среднюю плотность пород кровли равной $2,5 \text{ т/м}^3$, получены значения высоты слоя пород, нагружающего перекрытия секций крепи.

$$h_{сл} = (P_{см.1}S_{см.1} + P_{см.2}S_{см.2}) / \gamma S_e, \text{ м,}$$

где $P_{см}$ – давление в гидроцилиндре стойки крепи, МПа; $S_{см}$ – площадь сечения гидроцилиндра, м^2 ; γ – удельный вес породы; S_e – площадь перекрытия секции крепи, м^2 .

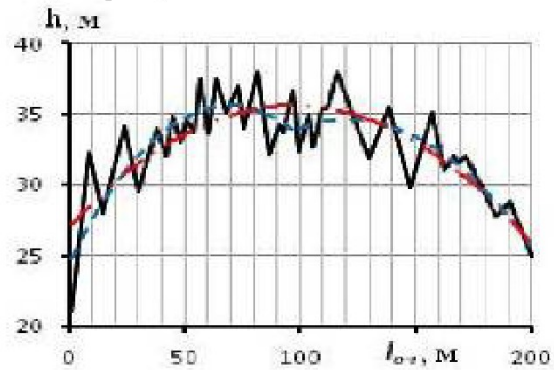
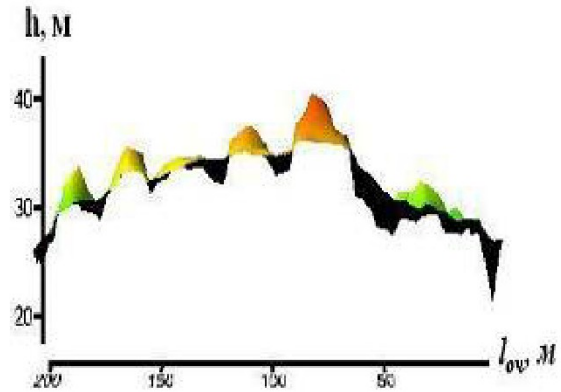


Рис. 4. Расчетные высоты сводов давления на секции механизированной крепи и их средние значения на интервале подвигания 517-530 м при выполнении замеров на каждой секции крепи (1,8 м)



б) при выполнении замеров на каждой пятой секции крепи (9 м)

Рис. 3. Своды давления на секции механизированной крепи при отработке пласта с труднообрушаемой кровлей на интервале подвигания 517-530 м

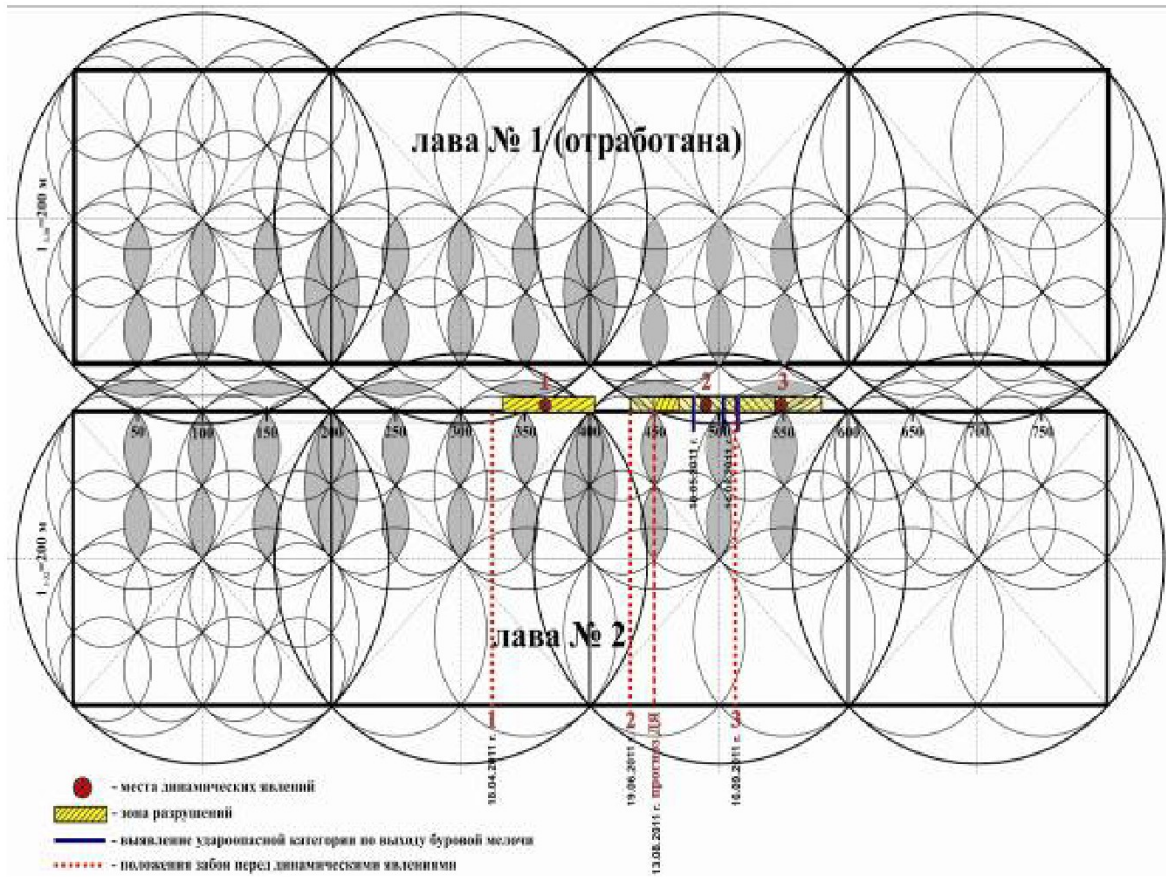


Рис. 5. Горизонтальная схема техногенной структуризации вмещающего массива горных пород

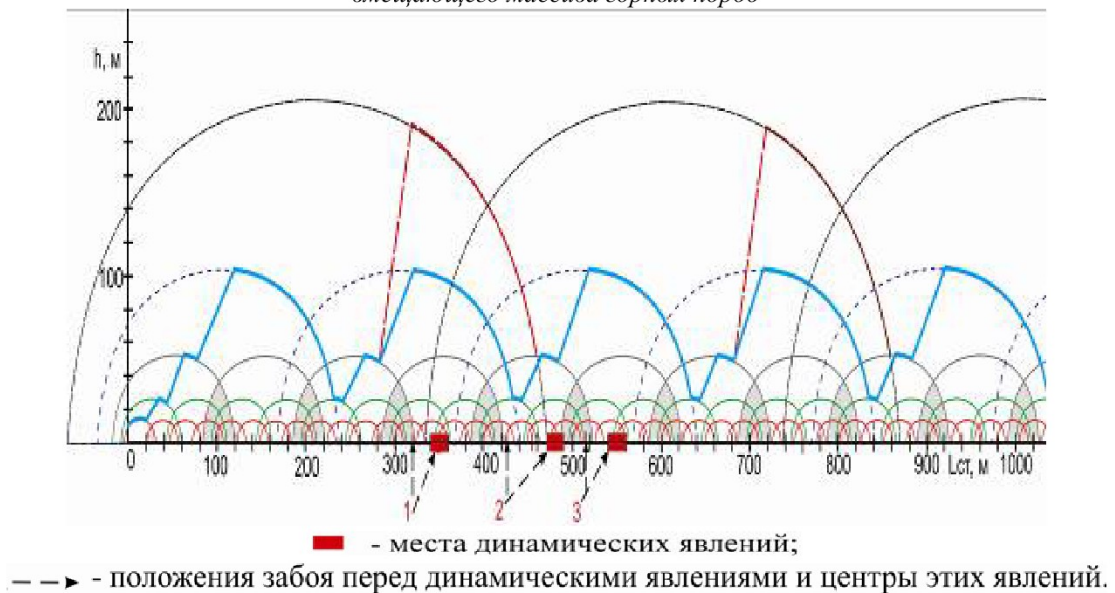


Рис. 6. Вертикальная схема развития геомеханического процесса в подрабатываемом массиве при движении очистного забоя

Из рис. 1 видно, что изменения высоты нагружающего слоя горных пород как по длине очистного забоя так и по длине выемочного столба имеют явно выраженную периодичность.

Результаты выявления вложенной периодичности представлены на рис. 2 – 4.

Прежде всего, отчетливо видна параболическая форма сводов давления с высотой 43 м и периодичностью 50 м, на интервале 530-553 м (повышенное давление) (рисунок 2), и 25 м, на интервале подвигания 517-530 м (минимальное давление) (рис. 3, 4). При этой плотности замеров про-

является и периодичность в 12,5 м (рис.3, а), а при контроле через 9 м видим только период в 25 м (рис.3, б). При плотности замеров через 1,8 м в средней части забоя видим влияние свода с длиной основания, близкой длине очистного забоя, так же отмечается небольшое снижение значений, указывающее на присутствие свода периодичностью 100 м по линии забоя (по средней линии замеренных значений) (рис. 4).

Тем самым, подтверждается установленная методами рудничной газодинамики особенность развития геомеханического процесса с кратностью параметров, равной Φ^{2n} .

Если исключить приштрековые зоны, то отклонения кратности замеренных значений относительно параболы основного свода во всех случаях лежат в пределах $\pm 10\%$.

Установленные особенности подтверждаются и наиболее яркими их проявлениями – горными ударами. Расширим приведенную выше информацию об объекте исследования следующими данными: лава 3-32 отрабатывает выемочный столб №2 с межлавым целиком шириной 26-40 м. Первичный шаг обрушения основной кровли, зафиксированный при отработке столба, составил около 100 м. На рисунках 5 и 6 показаны технологические схемы с нанесением контуров оснований иерархии сводов-параболоидов. Здесь же отмечены места динамических разрушений вентиляционного штрека при движении лавы № 2.

Предупредительные признаки динамической опасности технологическая служба шахты выявила при отходе забоя от монтажной камеры на 250 м. Было принято решение - бурить в борта штрека на глубину 20-30 м разгрузочные скважины диаметром 130 мм с расстоянием между скважинами 1 м. Но в условиях интеграции сводов сближенных лав на интервалах подрезки опор сводов («лестки») на отметке 275÷325 м этой меры оказалось не достаточно и произошло динамическое разрушение бортов штрека на протяжении 110 м. Два последующих динамических явления и выявленные текущим прогнозом опасные зоны также соответствуют интервалам интеграции техногенных структурных элементов массива более низкого уровня и имели существенно меньшую степень разрушения бортов. В дальнейшем динамические явления прекратились, чему способствовали: увеличение диаметра разгрузочных скважин до 250 мм для повышения податливости приконтурной части пласта; изменение ширины межлавого целика с 26 м до 40 м; рыхлаение почвы штрека для

снижения упругих напряжений в процессе зональной дезинтеграции пласта.

Обобщая полученные результаты, можно отметить следующее.

В прочных породах и при малой ширине выработки пределом развития процесса является основной свод, определяемый шириной самой выработки. Но, если прочностные свойства вложенных слоев окажутся недостаточными относительно опорного давления основного свода, то в подрабатываемом массиве процесс может иметь и дальнейшее развитие. В этой горнотехнологической ситуации деформации слоев в направлении выработанного пространства приводят к росту угла полных сдвижений массива вплоть до граничного (более 90°) и формированию «воронки», если длина выреза равна его ширине (квадрат).

Если же длина выреза в два и более раз больше ширины, то возможно формирование геомеханических слоев более высоких уровней структурной иерархии, вплоть до достижения сводом сдвижений дневной поверхности.

Из всего вышесказанного вытекают предварительные выводы.

1. Ширина межлавого целика должна соответствовать условию его податливости при формировании сводов низших уровней структурной иерархии вмещающего массива или же условию устойчивости относительно свода верхнего уровня с основанием, равным сумме длин сближенных лав.

2. Для снижения горного давления впереди очистного забоя на вентиляционные ходки и демонтажную камеру возможного при формировании сводов высшего уровня иерархии:

- вентиляционные ходки должны проводиться на расстояниях от монтажной камеры, кратных длине очистного забоя;

- длина выемочного столба должна приниматься кратной длине очистного забоя.

3. Для предотвращения динамического роста горного давления на межлавный целик на интервале выемочного столба, где возможна интеграция сводов сближенных лав, длины очистных забоев должны отличаться примерно на четверть.

4. Периодичность и параметры применения способов искусственного обрушения основной кровли должны соответствовать особенностям, установленным по давлению на крепь, и в процессе отработки выемочного столба могут уточняться по данным мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Канлыбаева, Ж.М.* Закономерности сдвижения горных пород в массиве / Ж.М. Канлыбаева. - Изд-во "Наука", 1968. – 108 с.
2. *Черняк, И.Л.* Периодичность изменения напряжённо-деформированного состояния массивов угля и пород впереди очистного забоя / И.Л.Черняк, В.Е. Зайденварг // Горный журнал. Известия Высших учебных заведений. – 1993. - №3.- С. 25-28.

3. *Ройтер, М.* Волнообразное распределение горного давления вдоль забоя лавы./ М. Ройтер, В. Курфюст, К. Майрховер, Ю. Векслер. // ФТПРПИ. – 2009, №2. – С. 38-44.
4. *Якоби, О.* Практика управления горным давлением. Пер. с нем. / О. Якоби. – М. :Недра, 1987. – 566 с.
5. *Полевщиков, Г.Я.* Влияние сдвижений прочных вмещающих пород на динамику метанообильности выемочного участка / Г.Я. Полевщиков, Н.Ю.Назаров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М., 2001. - №5.- С.121-127.
6. *Полевщиков, Г.Я.* Газокинетический паттерн разрабатываемого массива горных пород / Полевщиков Г.Я., Козырева Е.Н. // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2002. - №11. -С. 117-120.
7. *Полевщиков, Г.Я.* Влияние процессов разгрузки и сдвижений вмещающих пород на выделение метана из разрабатываемого пласта. [текст]/ Г.Я. Полевщиков, М.В. Шинкевич, Е.Н.Козырева, О.В. Брюзгина // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2008, №2.- С.139-143
8. *Полевщиков, Г.Я.* Газодинамические следствия зональной дезинтеграции массива при проведении подготовительной выработки / Г.Я. Полевщиков, М.С. Плаксин // Вестник КузГТУ. – 2011. - № 5 – С. 3-7.
9. Газодинамическая активность угольных пластов и зональная дезинтеграция массива горных пород при проведении подготовительных выработок / Г.Я. Полевщиков, М.С. Плаксин // Нелинейные геомеханико-геодинамические процессы при отработке месторождений полезных ископаемых на больших глубинах: Труды 2-ой Российско-Китайской научной конференции. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2012. – С. 83-89.
10. Газогеомеханические процессы при проведении подготовительных выработок / Г.Я. Полевщиков, М.С. Плаксин // Вестник Научного центра по безопасности работ у угольной промышленности. – Кемерово, 2010. – С.36-45.

□ Авторы статьи:

Шинкевич
Максим Валериевич,
канд.тех.наук., науч. сотрудник
лаборатории газодинамики и геомеханики угольных месторождений
Института угля СО РАН,
Gas_coal@icc.kemsc.ru

Черепов
Андрей Александрович,
главный инженер филиала
«Шахта «Алардинская» ОАО
«ОУК «Южжзбассуголь»
Тел. 8-903-943-11-68