

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.831.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ СТРУКТУРИЗАЦИИ ВМЕЩАЮЩЕГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВЕДЕНИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Шинкевич Максим Валериевич^{1, 2},

канд. техн. наук, старший научный сотрудник, e-mail: gas_coal@icc.kemsc.ru

Леонтьева Елена Владимировна¹,

ведущий инженер, e-mail: gas_coal@icc.kemsc.ru

¹Институт угля Сибирского отделения Российской академии наук, 650065, Россия, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10

² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Аннотация

Рассмотрены особенности геомеханических процессов при отработке пластов длинными столбами по простиранию. Показано, их следствием является формирование во вмещающем массиве иерархии структурных элементов, параметры которых связаны с упругой энергией массива и длиной очистного забоя. Обоснована параметрическая модель этих процессов, учитывающая волнобразность внешней поверхности структур как по линии очистного забоя, так и длине выемочного столба. Соответствие модели реальным газогеомеханическим процессам в углегазоносном массиве обеспечивает существенный рост эффективности технологий управления как на стадии проектирования, так и ведения горных работ.

Ключевые слова: рудничная аэрогазодинамика, геомеханика, горное давление, своды давления, техногенная структуризация массива, моделирование процессов сдвижений, угольный пласт, длинный очистной забой, метанообильность.

Движение очистного забоя при отработке пологих угольных пластов приводит к периодическому изменению горного давления на призабойную часть пласта и механизированную крепь, что в классической геомеханике объясняется изменением размеров зависающих консолей близлежащих слоев кровли. В тоже время, не менее несомненным считается факт формирования сводов сдвижений подрабатываемого массива и подобных по форме зон снижения напряжений в надрабатываемом массиве. Эти особенности уточняются исследователями в настоящее время для выбора эффективных способов и средств управления горным давлением.

Методами физического моделирования немецкими учеными было установлено [1], что в выработанном пространстве длинных очистных забоев образуется не один, а несколько сводов в подрабатываемом массиве пород, последовательно формирующихся при движении забоя. В качестве одной из причин образования сводов принимается 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.

Позже, также немецкими учеными [2], выполнены измерения давления в стойках механизированной крепи в очистных забоях. Было показано, что распределение горного давления вдоль забоя периодично и имеет волнобразный характер, но эти результаты не получили до настоящего времени соответствующую идентификацию параметров.

Исследования процессов сдвижений горных пород были начаты в Институте угля СО РАН в 2000-х годах и проводятся по настоящее время [3–6]. Причем, акцент сделан на применение методов рудничной аэрогазодинамики, которая изучена достаточно подробно и затрагивает практически все аспекты ведения горных работ на угольных шахтах [14]. Основанием этому является известное правило – угольные пласти выделяют метан только при снижении напряжений, т.е. внешним контуром области газоистощения углегазоносных пород является фронт их техногенной разгрузки от действовавших напряжений. Следовательно, для уточнения динамики техногенного геомеханического процесса, охватывающего многие миллионы тонн углегазоносных пород, достаточно отследить один из его конечных результатов – изменения относительной метанообильности выемочного участка при движении очистного

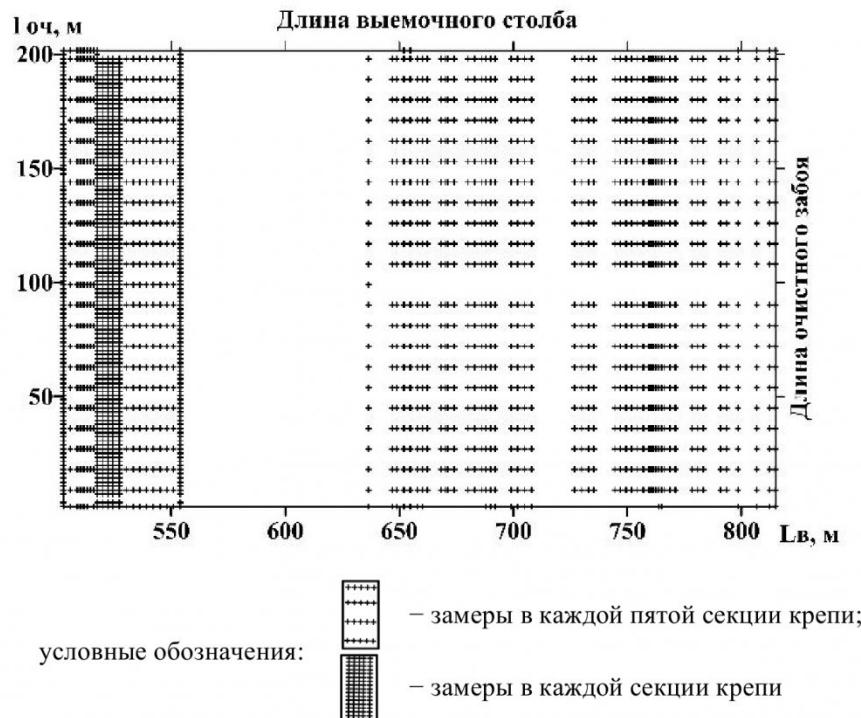


Рис. 1. Схема регистрации давлений в стойках механизированной крепи при отработке выемочного столба на Алардинском месторождении Кузбасса

забоя. При оснащении выемочных участков электронной системой рудничного мониторинга этот подход не создает технических затруднений.

Применение методов рудничной аэрогазодинамики при анализе горнотехнологических ситуаций на месторождениях с различной стратиграфией и последовательностью отработки пластов в свите выявило, прежде всего, существенную нелинейность изменения метанообильности с периодом изменений несоизмеримо большем шага обрушения основной кровли, заставляющую говорить о явной волнобразности газогеомеханических процессов [3, 15].

Обобщение результатов достаточно представительного объема горно-экспериментальных исследований (20 выемочных участков), позволило уточнить некоторые особенности геомеханических процессов, дополняющие классические представления о сводах сдвижений и их влияние на периодичность обрушения консолей.

Аналогичные исследования, но уже при проведении 15 подготовительных выработок, подтвердили установленные особенности дезинтеграции массива горных пород [16] и их соответствие явлению зональной дезинтеграции [17].

Однако, несмотря на весьма представительный объем горно-экспериментальных исследований геомеханических процессов методами рудничной аэрогазодинамики их результаты всё-таки несколько косвенные, поскольку включают еще один явно нелинейный процесс – изменение состояний углеметановых пластов с формированием неустойчивых газовых потоков в направлении

области контроля их интенсивности. По этой причине исследования были дополнены наблюдениями за изменениями давления в стойках секций механизированной крепи в очистном забое.

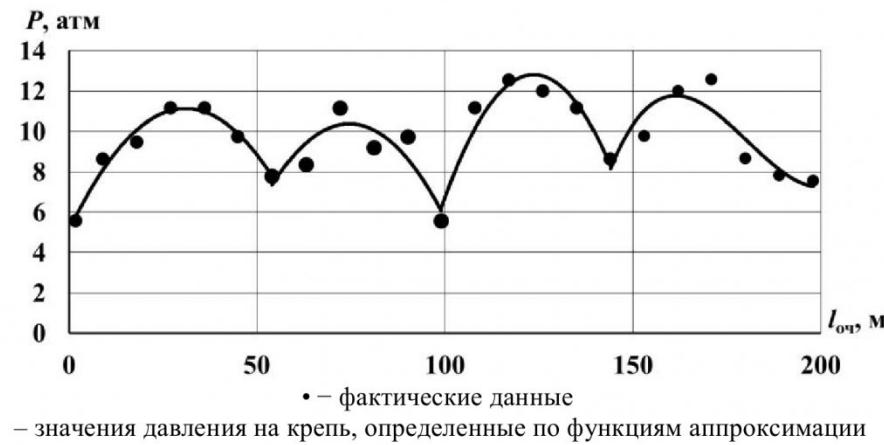
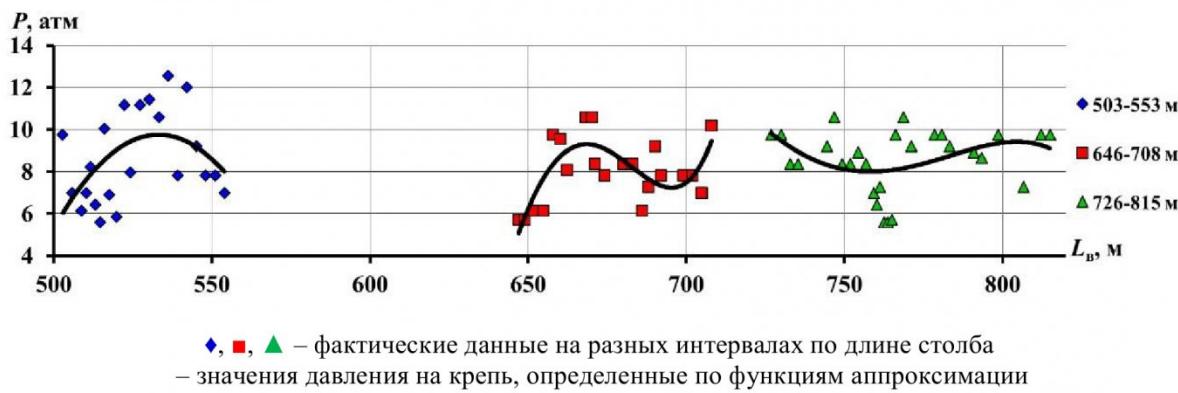
Один из рассмотренных горно-экспериментальных участков расположен на горном отводе шахты «Алардинская» (Кузбасс). Длина очистного забоя – 200 м, глубина залегания отрабатываемого пласта – 600 м. Пласт с труднообрушаемой кровлей. Шаг первичного обрушения основной кровли составил около 100 м, шаг вторичного обрушения близок 25 м. Схема регистрации давлений в стойках механизированной крепи на этом участке представлена на рис.1.

Аппроксимация данных с помощью программного продукта *Microsoft Office Excel* позволила выявить своды давления как по длине лавы (рис. 2), так и по длине столба (рис. 3).

На рис. 2 (по длине $l_{\text{оч}} \text{, м}$) и рис. 3 (по длине $L_v \text{, м}$) видны своды давления с периодичностью 50 м, что подтверждает волнобразность процесса сдвижений горных пород как по длине очистного забоя так и по длине выемочного столба. Отметим, что установленная периодичность кратна длине очистного забоя.

На рис. 2 и 3 отклонения фактических данных от значений функций не превышают 20 %.

Таким образом, обработка данных давления на крепь программой *Microsoft Office Excel* позволяет увидеть волнобразность процесса с удовлетворительной аппроксимацией данных отдельно по каждому направлению. Но ее возможности недостаточны для обобщения информации,

Рис. 2. Аппроксимация данных давления на крепь P по длине лавы $l_{\text{оч}}$ Рис. 3. Аппроксимация данных давления на крепь P по длине столба L_v

представленной в двух координатах $l_{\text{оч}}$ и L_v . С целью обобщения исходной информации использован более представительный программный продукт *Surfer* с методом аппроксимации *Local Polynomial* для визуализации поверхности давления на крепь.

Для удобства анализа значения давлений интерпретировались через мощность (h , м) соответствующего слоя пород, вес которого равен реакции крепи. Результаты обработки по трем интервалам наблюдений приведены на рис. 4 (а), где первый интервал – 517–553 м при средней скоро-

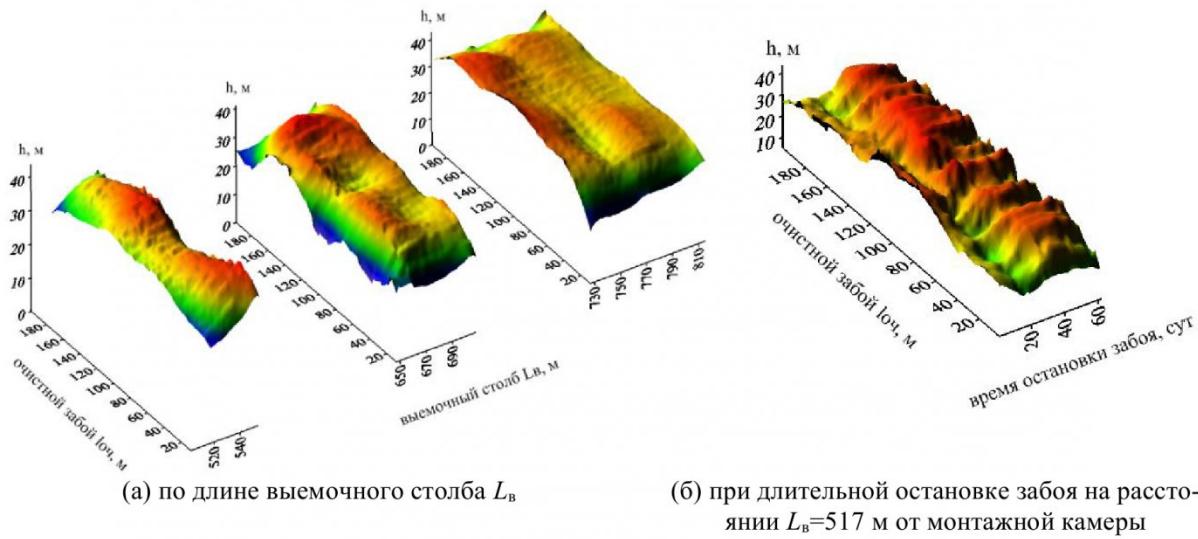


Рис. 4. Высоты сводов давления на секции механизированной крепи при отработке пласта с труднообрушаемой кровлей на шахте «Алардинская»

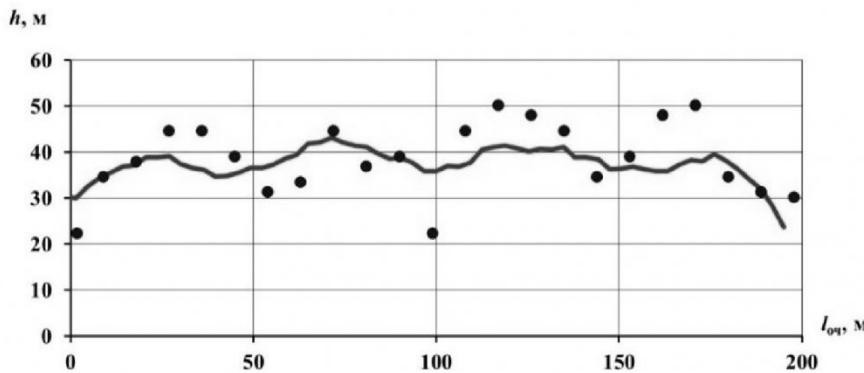


Рис. 5. Аппроксимация фактических данных с разреза поверхности на $L_b=687$ м

сти подвигания очистного забоя $V_{\text{оч}}=2,8$ м/сут; второй — $646 \div 707$ м при $V_{\text{оч}}=1,9$ м/сут; третий — $726 \div 815$ м при $V_{\text{оч}}=2,5$ м/сут.

Отчетливо видны максимумы давлений на расстояниях от монтажной камеры 548 м, 660 м, 735 м и 782 м.

В пределах первого интервала наблюдений содержится период длительного простоя лавы при отходе забоя на 517 м от монтажной камеры, что позволило оценить развитие процесса во времени при остановке забоя (рис. 4 (б)). Видно, что, своды давления на механизированную крепь и призабойную часть пласта выше, чем на других интервалах, что свидетельствует о направленности по вертикали развития процесса сдвижений в случае остановки забоя.

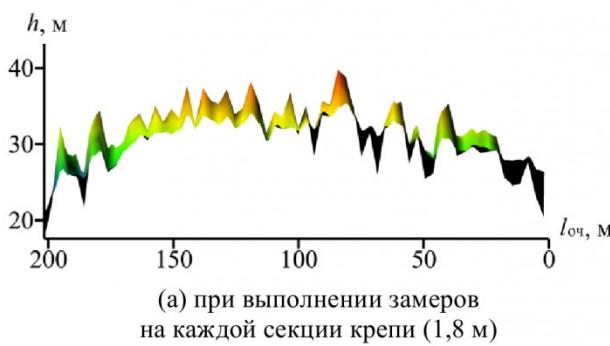
Для проверки построения поверхностей, представленных на рис. 4., был сделан разрез в *Surfer* вдоль линии очистного забоя на интервале $L_b=687$ м и нанесены фактические данные давления на крепь в этом же сечении (рис. 5). Как мы видим на рис. 5, по линии аппроксимации проявляется образование сводов с периодичностью по 50 м так же, как и при фактических данных.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что аппроксимация в программе *Surfer* позволяет визуализировать пространственное распределение давления на крепь, его волнобразный характер, но при этом динамика процесса «сглаживает»

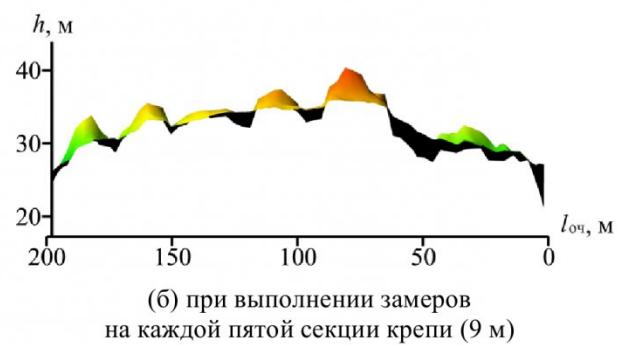
ся», однако отклонения расчетных значений от фактических данных не превышают 15 %.

Из результатов анализа следует, что большое значение для детализации процессов сдвижений имеет плотность замеров (рис. 6). При высокой плотности, можно видеть более мелкие своды давления. Так, при плотности 1,8 м по длине очистного забоя (одна секция) проявляется периодичность в 12,5 м (рис. 6 (а)), а при контроле через 9 м (пять секций) виден только период в 25 м (рис. 6 (б)). Следовательно, при наличии замеров давления жидкости в стойках секций крепи, можно определять следствия техногенной структуризации вмещающего массива, устанавливать периодичность развития сводов различного уровня иерархии.

Обобщая результаты исследований геомеханических процессов по данным давления в стойках механизированной крепи при движении забоя, можно констатировать, что в установленных особенностях присутствуют и соответствующие классическим представлениям закономерности процессов сдвижений и формирования горного давления. Повышение разрешающей способности методов контроля лишь уточняет эти закономерности и раскрывает новые подробности «деформационно-волновой» [6] природы реакции геосреды на изменение внешних условий, указывает на единство причинно-следственных связей в не-



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



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

Рис. 6. Высоты сводов давления на секции механизированной крепи при отработке пласта с труднообрушающейся кровлей длинными столбами по простирианию

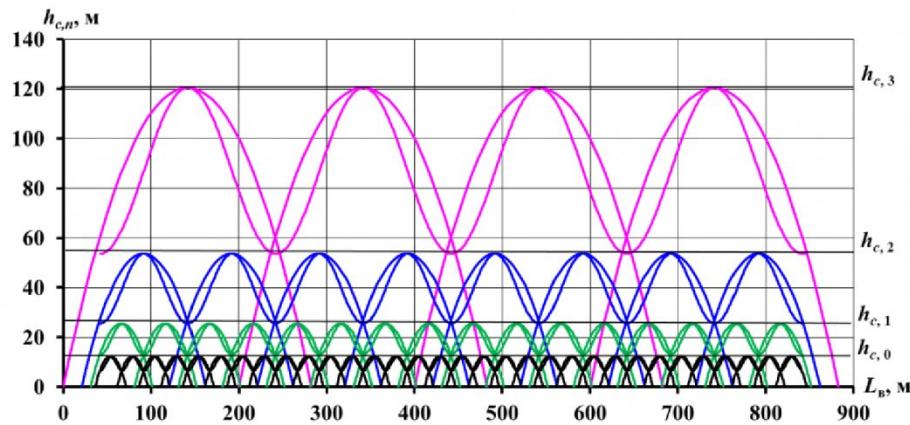


Рис. 7. Схема формирования геомеханических слоев ($h_{c,0}$ – высота критического слоя)

линейных техногенных процессах.

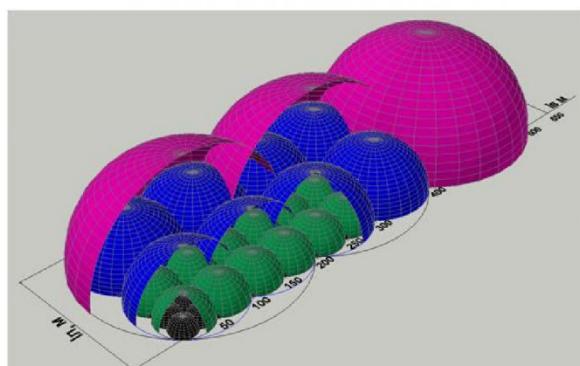
Для выявления этих связей необходимо обратить внимание на тот факт, что первичным следствием движения забоя является реализация упругой энергии массива пород. За ее фронтом начинается снижение напряжений и гравитационное расслоение пород с формированием консолей. Величина упругой энергии весьма значительна и, в отдельных случаях, может вызывать «стреляние» забоя и разрушение пород в виде горных ударов. Рассматривая динамические явления в качестве критических ситуаций можно принять, что их условием является достаточность упругой энергии в некотором объеме пород для образования поверхности его отторжения от массива. Иными словами, при изменении внешних условий массив снижает свой энергетический потенциал путем отторжения соответствующей массы. При этом, начальным этапом является ее оконтуривание без дезинтеграции. Правило минимизации затрат энергии соответствует образованию тел сферической формы. В нашем случае основание сводов сдвигений формируется технологически, т.е. зависит от длины очистного забоя.

Разгрузка пород происходит только по вертикальной оси. Соответственно, имеем формирование сводов-параболоидов, проекция которых на ось выемочного столба представлена на рис. 7. Здесь своды сдвижения представлены параболами и показаны синусоидальные функции, которые аппроксимируют контуры верхней половины образующихся сводов.

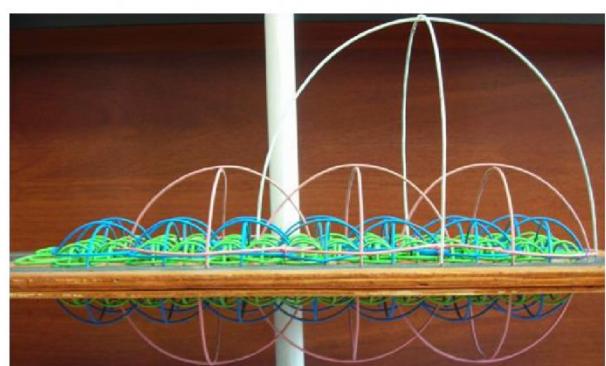
Высота этих сводов зависит от величины упругой энергии пород и определяет мощность геомеханического слоя, в пределах которого они формируются. С учетом нелинейного изменения упругой энергии с глубиной залегания отрабатываемого пласта упругая энергия ближайшего к пласту (критического) геомеханического слоя рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_0 = \frac{\kappa^2}{6E_n} \left(H_p^3 - (H_p - 0,5l_{kp}) \right)^3, \text{ МДж}, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_0 – упругая энергия ближайшего геомеханического слоя; H_p – глубина залегания отрабатываемого выемочного столба, м; E_n – модуль упругости пород, МПа; $\kappa=0,025$ МПа/м – градиент ли-



(а) трехмерная схема развития геомеханического процесса в подрабатываемом массиве



(б) макет модели развития геомеханического процесса в массиве

Рис. 8. Представления о техногенной структуризации углеказоносного массива при выемке пласта угля с учетом реализации упругой энергии и объединением сводов сдвижения

тологического давления; l_{kp} – диаметр основания свода-параболоида в критическом слое (шаг вторичного обрушения), м.

На рис. 7 представлена схема формирования иерархии геомеханических слоев в пределах которых формируются своды. Мощность n -го геомеханического слоя, вычисляется как

$$h_{c,n} = H_p - \sqrt[3]{H_p^3 - 6 \frac{E_n \cdot 2^n \mathcal{E}_0}{\kappa^2}}, \text{ м.} \quad (2)$$

Согласно этой схеме положение фронта разгрузки под- и надрабатываемого массива, среднедействующей в каждом геомеханическом слое, описывается синусоидами вида

$$h_{\sin,n} = A_n [\sin(L_x 2\pi/T_n) + 0,5\pi] + h_{c,n-1}, \quad (n=1;2;\dots N), \quad (3)$$

где A_n , T_n – амплитуда и период синусоид, м; L_x – отход забоя от монтажной камеры, м; $h_{c,n-1}$ – мощность ($n-1$)-го геомеханического слоя, м.

Параметры синусоид непосредственно связаны с геометрическими размерами выемочного столба, глубиной его залегания и средневзвешенным модулем упругости пород.

Амплитуды синусоид

$$A_n = \frac{h_{c,n} - h_{c,n-1}}{2}, \text{ м,} \quad (4)$$

где $h_{c,n}$ – мощность n -го геомеханического слоя, м; $h_{c,n-1}$ – мощность предыдущего геомеханического слоя, м.

Период изменений

$$T_n = \frac{l_{Ou}}{2^{N-n}} \quad (5)$$

где l_{Ou} – длина очистного забоя, м.

На основании полученных результатов горно-экспериментальных работ разработана параметрическая модель формирования и развития зон разгрузки массива горных пород при движении очистного забоя при подземной разработке угольных пластов длинными столбами по простианию. Ее основным параметром является длина очистного забоя. Прочие геометрические размеры кратны 2. Модель обобщает особенности формирования зональной дезинтеграции массива впереди очистного забоя и иерархии геомеханических слоев в выработанном пространстве (рис. 8) и позволяет прогнозировать различные проявления горного давления как при проектировании, так и при ведении горных работ.

Таким образом, массив горных пород в области развивающихся геомеханических процессов представлен в виде совокупности вложенных геомеханических слоев. Для визуального пояснения вложенности и развития иерархии сводов в программе AutoCAD построена трехмерная схема процесса (рис. 8 (а)) и создан макет модели (рис. 8 (б)).

Адекватные представления о геомеханических процессах происходящих во вмещающем массиве при выемке пласта угля, позволяют моделировать ситуацию и прогнозировать влияние процессов сдвижений на формирование горного давления, метановыделение из горных пород в действующие горные выработки. Моделирование геомеханических процессов позволит уточнить мероприятия по управлению горным давлением и обосновать выбор оптимальных технологических параметров отработки угольных пластов.

Обобщая полученные результаты, можно сделать следующие предварительные выводы по выбору технологических параметров при добыче угля.

1 Ширина межлавного 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 повышенного горного давления впереди очистного забоя возможного при формировании сводов высшего уровня иерархии на вентиляционные ходки и демонтажную камеру:

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

- длина выемочного столба должна приниматься кратной длине очистного забоя.

3 Периодичность и параметры применения способов управления горным давлением должны соответствовать особенностям процесса техногенной структуризации. Необходимо учитывать геометрические размеры контуров формирующихся сводов для минимизации энергетических затрат на разрушение пород.

4 При прогнозе метановыделения при ведении горных работ необходимо учитывать геомеханические процессы в массиве, поскольку процессы разгрузки влияют на интенсивность метановыделения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якоби, О. Практика управления горным давлением. Пер. с нем. // – М.: Недра, 1987. – 566 с.
2. Ройтер, М. Волнообразное распределение горного давления вдоль забоя лавы / М. Ройтер, В. Курфиуст, К. Майрховер, Ю. Векслер. // ФТПРПИ. – 2009. – № 2. – С. 38–44.
3. Полевицков, Г. Я. Газокинетический паттерн разрабатываемого массива горных пород / Г. Я. По-

- левщиков, Е. Н. Козырева // ГИАБ. – 2002. – № 11. – С. 117–120.
4. Полевицков, Г. Я. Влияние процессов разгрузки и сдвигений вмещающих пород на выделение метана из разрабатываемого пласта / Г. Я. Полевицков, М. В. Шинкевич, Е. Н. Козырева, О. В. Брюзгина // ГИАБ. – 2008. – № 2. 139–143.
5. Черданцев, Н. В. Классификация вырезов по степени их влияния на окружающий массив / Н. В. Черданцев, В. Т. Преслер, В. Ю. Изаксон // Вестник Кузбасского государственного технического университета – 2006. – № 5.– С. 3–7.
6. Полевицков, Г. Я. «Деформационно-волновые» процессы в массиве горных пород при движении очистного забоя в угольных пластах // ФТПРПИ. – 2013. – № 5. – С. 50–60.
7. Полевицков, Г. Я. Адаптивный прогноз метанообильности очистного забоя / Г. Я. Полевицков, Е. Н. Козырева // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2000. – № 7. – С. 35–39.
8. Козырева, Е. Н. Уточнение прогноза метановыделения из вмещающих пород и пластовых спутников / Е. Н. Козырева, М. В. Писаренко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2002. – № 9. – С. 97–98.
9. Козырева, Е. Н. Комплексный прогноз динамики метанообильности высокопроизводительных выемочных участков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2004. – № 6.1. – С. 95–97.
10. Полевицков, Г. Я. Нелинейные изменения метанообильности высокопроизводительного выемочного участка / Г. Я. Полевицков, Е. Н. Козырева, М. В. Шинкевич // Безопасность труда в промышленности. – 2014 – № 6 – С. 50–54.
11. Тайлаков О. В. К оценке ресурсов шахтного метана в выработанном пространстве. / О. В. Тайлаков, В. О. Тайлаков, М. П. Макеев, С. В. Соколов, А. Н. Кормин // Отдельный выпуск Горного Информационно-аналитического бюллетеня. – 2013. – № ОВ 6. – С. 160–165.
12. Тайлаков, О. В. Определение газоносности угольных пластов на основе исследования процессов фильтрации и диффузии метана / О. В. Тайлаков, А. Н. Кормин, Д. Н. Застрелов, Е. А. Уткаев // Уголь. – 2015. - № 1. – С. 74–77.
13. Шевченко, Л. А. Дегазация выработанных пространств длинными скважинами / Л. А. Шевченко, В. Ю. Гришин // Известия вузов. Горный журнал. – 2014. – № 2. – С. 10–11.
14. Портола, В. А. Эндогенная пожароопасность шахт в условиях управления газовыделением средствами вентиляции // Безопасность труда в промышленности. – 2006. – № 9. – С. 32–35.
15. Козырева, Е. Н. Зависимость динамики метанообильности очистного забоя от свойств отрабатываемого участка месторождения / Е. Н. Козырева, А. А. Рябцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – Т. 13. – № 1. – С. 166–176.
16. Полевицков, Г. Я. Газодинамические следствия зональной дезинтеграции массива при проведении подготовительной выработки / Г. Я. Полевицков, М. С. Плаксин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2011. – № 5. – С. 3–7.
17. Опарин, В. Н. Каноническая шкала иерархических представлений в горном породоведении. / В. Н. Опарин, А. С. Танайно. – Новосибирск: Наука, 2011. – 258 с.

Поступало в редакцию 14.04.2015

SIMULATION OF ENCLOSING ROCK MASS TECHNOLOGICAL STRUCTURING DURING COAL FACE OPERATIONS

Shinkevich Maxim Valerievich^{1,2}

C.Cs., senior researcher, e-mail: gas_coal@icc.kemsc.ru

Leontyeva Elena Vladimirovna¹

senior engineer , e-mail: gas_coal@icc.kemsc.ru

¹Institute of Coal of the Siberian Branch of the RAS, 10 street Leningrad Prospect, Kemerovo, 650065, Russian Federation

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Abstract

Geomechanical processes during coal layers long spreading pillars excavation are analyzed. It's shown, than the result is the forming of enclosing rock mass technological structuring, which parameters depends on rock mass energy and pit-face length. The parametric model of processes with structures' external surface wavi-

ness along pit-face and excavation pillar is described. The adequacy of the proposed model to real gas-geomechanical processes in coal gas-containing massif provides the essential growth of management technologies efficiency both on the project and mining stages.

Keywords: Mining gas-dynamic, geomechanics, mining pressure, pressure arch, rock mass technological structuring, displacement simulation, coal layer, long purifying pit-face, methane containing.

REFERENCES

1. Jakobi O. Praktika upravlenii gornym davleniem. Per. s nem. [Practice management of mountain pressure. The lane with it]. Nedra, 1987. 566 P.
2. Rojter M. Kurfjust V., Majrhofer K., Veksler Ju. Volnoobraznoe raspredelenie gornogo давления vdol' zaboja lavy [Wavy distribution of mountain pressure along a lava face]. FTPRPI [Physics technical problems of development of minerals]. 2009, № 2. P. 38–44.
3. Polevshhikov G. Ja., Kozyreva E. N. Gazokineticheskij pattern razrabatyvaemogo massiva gornyh porod [Gas-kinetic pattern of the developed massif of rocks] GIAB. 2002, № 11. P. 117–120.
4. Polevshhikov G. Ja., Shinkevich M. V., Kozyreva E. N., Brjuzgina O. V. Vlijanie processov razgruzki i sdvizhenij vmeshhajushhih porod na vydelenie metana iz razrabatyvaemogo plasta [Influence of processes of unloading and displacement of the containing breeds on release of methane from the developed layer]. GIAB. 2008, № 2. P. 139–143.
5. Cherdancev, N. V. Klassifikacija vrezov po stepeni ih vlijanija na okruzhajushhij massiv [Classification of cuts by extent of their influence on the surrounding massif]. Vest. KuzGTU. [Bulletin of the Kuzbass state technical university]. 2006, № 5. P. 3–7.
6. Polevshhikov G. Ja. «Deformacionno-volnovye» processy v massive gornyh porod pri dvizhenii ochistnogo zaboja v ugol'nyh plastah [Deformation and wave" processes in the massif of rocks at the movement of a clearing face in coal layers]. FTPRPI [Physics technical problems of development of minerals]. 2013, № 5. P. 50–60.
7. Polevshhikov G. Ja., Kozyreva E. N. Adaptivnyj prognoz metanoobil'nosti ochistnogo zaboja [Adaptive forecast of a metanoobilnost of a clearing face] Gornij informacionno-analiticheskij bjulleten [Mountain information and analytical bulletin]. 2000, № 7. P. 35–39.
8. Kozyreva E. N., Pisarenko M. V. Utochnenie prognoza metanovydelenija iz vmeshhajushhih porod i pla-stov-sputnikov [Specification of the forecast of methane emission from the containing breeds and layers satellites] Gornij informacionno-analiticheskij bjulleten [Mountain information and analytical bulletin]. 2002, № 9. P. 97–98.
9. Kozyreva E. N. Kompleksnyj prognoz dinamiki metanoobil'nosti vysokoproiz-voditel'nyh vyemochnyh uchastkov [Complex forecast of dynamics of a metanoobilnost of high-performance extraction sites]. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass state technical university]. 2004, № 6.1. P. 95–97.
10. Polevshhikov G. Ja., Kozyreva E. N., Shinkevich M. V. Nelinejnye izmenenija metanoobil'nosti vysokoprovizvoditel'nogo vyemochnogo uchastka [Nonlinear changes of a metanoobilnost of a high-performance extraction site]. Bezopasnost' truda v promyshlennosti [Safety of work in the industry]. 2014, № 6. P. 50–54.
11. Tajakov O. V., Tajakov V.O., Makeev M. P., Sokolov S. V., Kormin A. N. K ocenke resursov shahtnogo metana v vyrabotannom prostranstve. [To an assessment of resources of mine methane in the developed space]. Otdel'-nyj vypusk Gornogo Informacionno-analiticheskogo bjulletenja [Separate release of the Mountain Information and analytical bulletin]. 2013, № 6. – P. 160–165.
12. Tajakov O. V., Kormin A. N., Zastrelov D. N., Utkaev E. A. Opredelenie gazonosnosti ugol'nyh plastov na osnove issledova-nija processov fil'tracii i diffuzii metana [Determination of gas content of coal layers on the basis of research of processes of a filtration and diffusion of methane]. Ugol [Coal]. – 2015, № 1. P. 74–77.
13. Shevchenko L. A., V. Ju. Grishin. Degazacija vyrabotannyh prostranstv dlinnymi skvazhinami [Decontamination of the developed spaces long wells] Izvestija vuzov. Gornij zhurnal [News of higher education institutions. Mountain magazine]. 2014, № 2. P. 10–11.
14. Portola V. A. Jendogennaja pozharoopasnost' shaht v usloviyah upravlenija gazovydeleniem sredstvami ventiljacii [Endogenous fire danger of mines in the conditions of management of gas emission of means of ventilation]. Bezopasnost' truda v promyshlennosti [Safety of work in the industry]. 2006, № 9. P. 32–35.
15. Kozyreva E. N., A. A. Rjabcev/ Zavisimost' dinamiki metanoobil'nosti ochistnogo zaboja ot svojstv otrabatyvaemogo uchastka mestorozhdenija [Dependence of dynamics of a metanoobilnost of a clearing face on properties of the fulfilled field site] Gornij informacionno-analiticheskij bjulleten [Mountain information and analytical bulletin]. 2006. Vol. 13, № 1. P. 166–176.
16. Polevshhikov G. Ja., Plaksin M. S. Gazodinamicheskie sledstvija zonal'noj dezintegracii massiva pri provedenii podgotovitel'noj vyrabotki [Gasdynamic consequences of zone disintegration of the massif when carrying out preparatory development] Vestn. KuzGTU [Bulletin of the Kuzbass state technical university]. 2011, № 5. P. 3–7.
17. Oparin V. N., Tanajno A. S. Kanonicheskaja shkala ierarhicheskikh predstavlenij v gornom poro-dovedenii [Initial scale of hierarchical representations in a mountain porodovedeniye]. Novosibirsk: Nauka, 2011. 258 P.

Received: 14 Apr. 2015