

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗОН СКОПЛЕНИЯ МЕТАНА

Ю.В. Сорбат, В.В. Новосельцев, Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», Украина

Приведены теоритическое обоснование и расчет геометрических параметров зон скопления метана с помощью метода определения напряженно-деформированного состояния углепородного массива с целью формулирования оптимальных параметров для заложения дегазационных скважин.

Разработка газугольных месторождений связана с проблемой шахтного метана, которая включает три аспекта: обеспечение безопасности ведения горных работ; снижение вредных выбросов шахтного метана в атмосферу; добычу шахтного газа метана как углеводородного сырья.

В отличие от месторождений природного газа, значительная часть метана угольных месторождений Украины находится либо в сорбированном состоянии в углях и глинистых породах, либо в порах практически непроницаемых песчаников, и лишь незначительное количество его находится в свободном и растворенном виде [1].

При интенсификации горных работ решающим условием эффективности очистных работ является газовый фактор. Наилучшим способом снижения выделения метана в горные выработки наряду с оптимизацией работ по вентиляции считается дегазация. Для эффективной дегазации, необходимым условием является определение зон максимального скопления метана в разрабатываемых, надрабатываемых, подрабатываемых, сближенных угольных пластах и пропластках, а также вмещающих газоносных породах.

Из практики отработки газугольных пластов известно, что в горном массиве происходит перераспределение напряженно-деформационного состояния пород, во время которого образуются полости. Образуемые пустоты называют полостями Вебера — пустоты расслоения горных пород с различными физико-механическими свойствами. Полости Вебера возникают на контактах породных слоев в результате их прогиба при выемке нижележащего угольного пласта. При наличии в составе вмещающих пород газоносных угольных пластов и пропластков полости Вебера заполняются метаном, который по трещинам в подрабатываемой толще пород поступает в выработанное пространство участка.

Объект исследования. Процесс образования полостей расслоения в подрабатываемых породах.

Цель работы. Повышение эффективности дегазации угольного пласта путем обоснования методов расчета зон скопления метана и оптимизации параметров заложения скважин.

Предмет исследования. Показатели параметров зон скопления метана и заложения дегазационных скважин, определяющие эффективность дегазации.

Вопросы образования полостей расслоения в породугольном массиве на контактах породных слоев при их подработке были освещены в работах ученых: А.В. Савостьянова, И.М. Печука, Л.В. Савенко, М.А. Иофиса, П.Я. Середнякова, М.П. Зборщика, Н. Вебера, К. Фортсмана, К. Петийского. Большинство авторов рассматривает образование полостей расслоения как последствие смещения горных пород при разработке угольных пластов. В данной работе рассмотрен метод, разработанный в НГУ профессором А.В. Савостьяновым [2]. Метод позволяет определить геомеханические параметры, связанные с поведением массива горных пород при отработке угольного пласта. На основании принятой физической и математической модели была решена задача определения параметров расслоения вышележащих пород с учетом процесса разработки пласта угля.

Для использования данного метода расчета поведения горного массива при отработке горного пласта необходимо учитывать особенности пород кровли, трещиноватость, мощность слоев породы над угольным пластом, влажность угольного пласта и пород, плотность

пород и угольного пласта.

За границами зоны полных смещений породы кровли зависят над угольным пластом и вызывают увеличение нагрузок, вследствие чего образуются зоны опорного давления. При этом, образуя зоны повышенного давления, уменьшаются нагрузки в области отработанного пространства. Такие процессы изменения давления над отработанным пространством и угольным пластом образуют аномалии вокруг обрабатываемого столба. Область сдвижения пород условно делят на зону беспорядочного обрушения, зону опускания пород с нарушением сплошности (образование вертикальных трещин), зону плавного опускания пород, зону опорного давления в породах кровли и почвы угольного пласта и зону разгрузки. На параметры этих зон влияет время, а также геологические, горнотехнические и производственные факторы.

Полное разрушение и первое обрушение пород происходит в зоне беспорядочного обрушения, расположенной непосредственно над отработанным пространством. Вверх перпендикулярно напластованию пород распространяется зона обрушения (в большинстве случаев на 3-6 мощностей пласта). Трещины закрываются (смыкаются) при сдвижении пород. В этой зоне наблюдается прогиб породных слоев и расслоение их на отдельные пачки.

Максимальные опускания породных слоев наблюдаются над средней частью отработанного пространства. Величина опусканий (при других одинаковых условиях) зависит от мощности пласта. Ширина зоны плавных опусканий пород превышает размеры обрабатываемого столба.

Зоны опорного давления образуются вследствие зависания шаров породы над движущейся лавой около границ выемочного столба во время его отработки. Временной называется первая зона опорного давления, стационарная или остаточная – это вторая зона. Опорная зона непосредственно над угольным пластом характеризуется размещением максимума напряжений относительного границ отработки угольного пласта, расстоянием от максимума напряжений до точки, где напряжения равны напряжениям в нетронутым массиве который не обрабатывался, шириной зоны и максимальными напряжениями. Именно эти параметры влияют на динамические проявления горного давления, стойкость слоев породы и состояние пород в призабойной зоне.

При наличии крепкого угля и крепких пород максимум напряжений находится вблизи забоя, при этом зона опорного давления возникает впереди лавы. В случае, если крепость пород невысокая и наблюдается стабильная крепость угольного пласта, опорная зона расширяется, нормальные напряжения становятся незначительными и от забоя отдалается максимум напряжений. Деформации в углепородном массиве происходят как при уменьшении скорости движения забоя, так и при его остановке. Параметры временного опорного давления зависят от подработки или надработки обрабатываемого пласта, длины лавы и скорости продвижения забоя. Зона опорного давления расширяется как в сторону массива, так и в сторону отработанного пространства по мере отдаления от пласта к поверхности.

Граница опорной зоны со стороны выработанного пространства ограничена линией, проведенной от забоя под углом $70-74^{\circ}$ к плоскости угольного пласта, которая является геометрическим местом точек пересечения. Опорная зона двигается вместе с забоем и охватывает всю подугольную толщу.

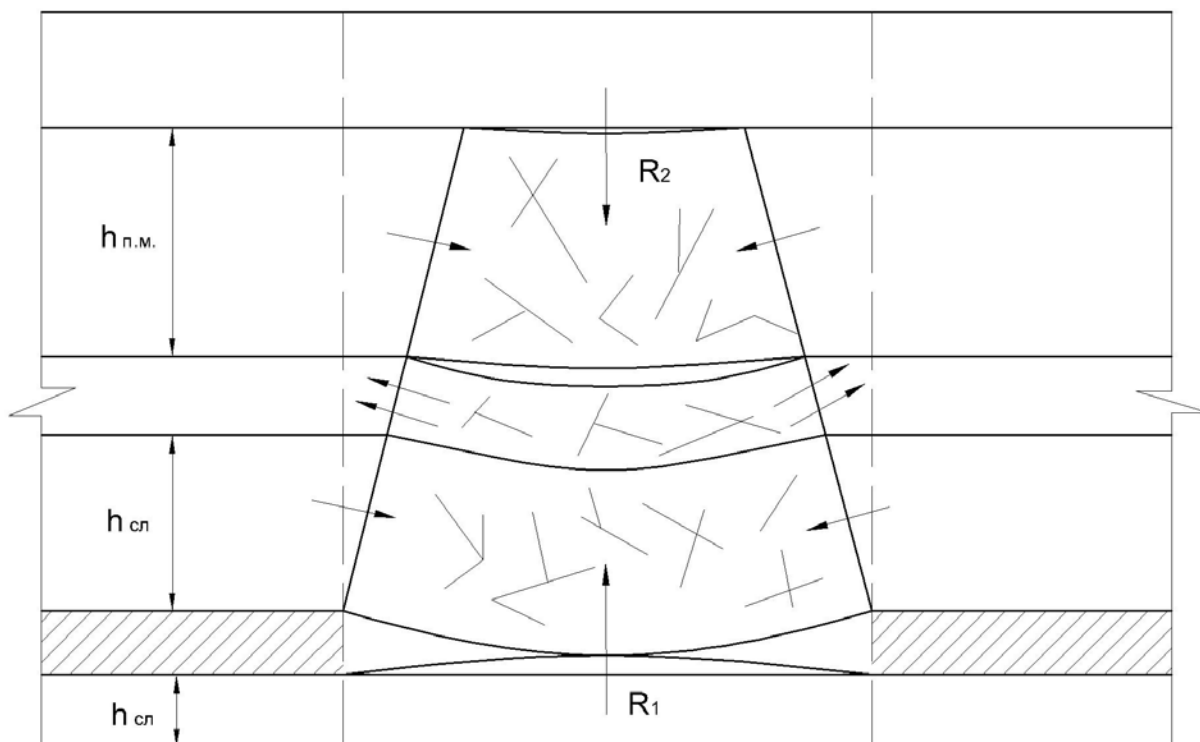


Рис. 1. Характеристика смещения породных слоев при подработке.
 $h_{п.м.}$ – мощность породы моста; $h_{сл}$ – мощность породного слоя; R_1 – величина реакции;
 R_2 – величина нагрузки.

Во время ведения горных работ на шахтах с высокой метанообильностью происходит активное образование полостей расслоения, в которых скапливается метан. Для определения рациональных параметров заложения дегазационных скважин необходимо определение геометрических параметров зон скопления метана. Одним из передовых предприятий, применяющих новейшие разработки науки и техники, осуществляющих добычу и утилизацию шахтного метана является шахта им. А.Ф. Засядько, запасы метана которой составляют 19,5 млрд. м³. В 2009 году, при объеме добычи угля 1,6 млн. тонн, было извлечено 78 млн. м³ метана, из которого утилизировано 40 млн. м³. Абсолютное метановыделение на шахте составляет 300 м³/мин, относительное нередко превышает 50 м³/т добытого угля [3]. Шахта им. А.Ф. Засядько является первым в Украине предприятием, организовавшим переработку каптируемого шахтного газа, содержащего метан, и получение из него электрической и тепловой энергии. Сооруженная когенерационная электростанция (КГЭС) воплотила самые передовые мировые технологии утилизации и когенерации. Двенадцать генераторных модулей JMS 620 с газопоршневыми двигателями производства австрийской фирмы GE Jenbacher обеспечивают общую установочную мощность КГЭС 36 МВт электроэнергии и 34 мВт тепловой энергии [1].

В связи со сложными горно-геологическими условиями и высоким метановыделением описание и расчет физической модели был произведен с учетом характера залегания угольных пластов шахты им. А.Ф. Засядько. Расчетная схема представлена на рис. 2.

Высота полости определяется по формуле:

$$w' = y_1(x) - y_2(x) = 1,37 - 0,34 = 1,03, \text{ м} \quad (1)$$

где $y_1(x)$ – опускания слоя 1, м; $y_2(x)$ – опускание слоя 2, м.

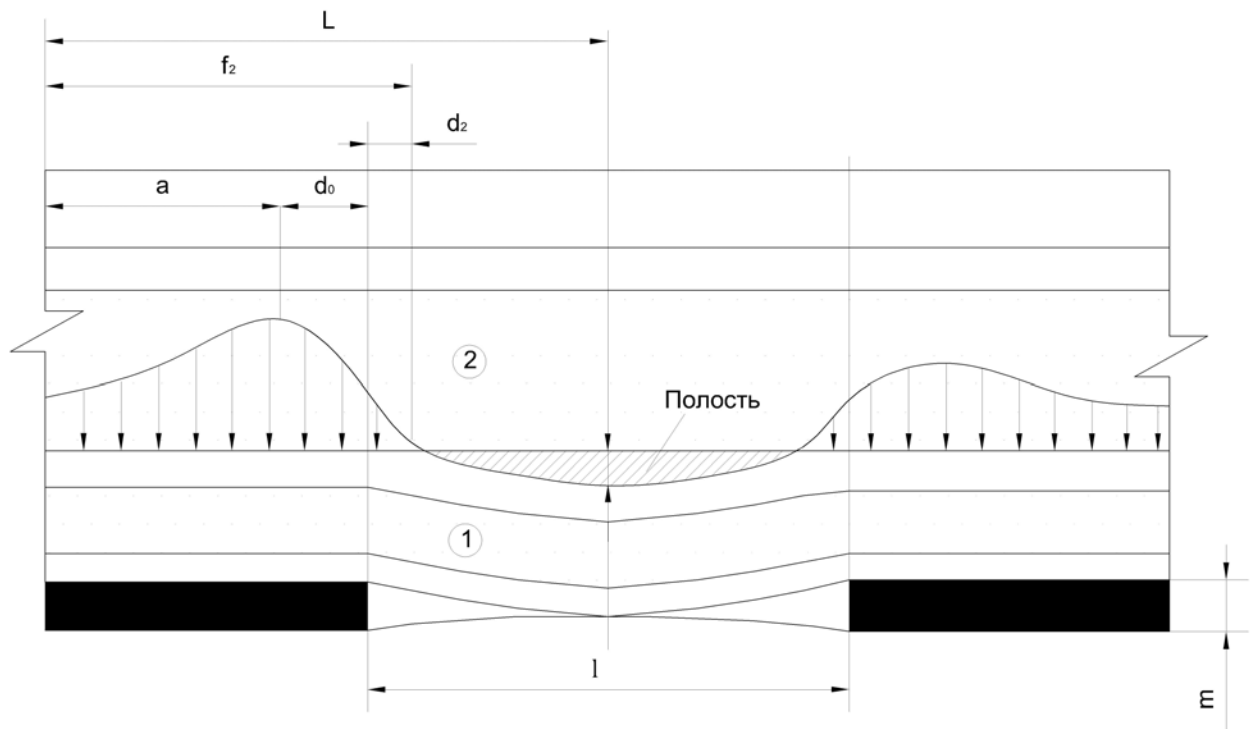


Рис. 2. Расчетная схема для определения геометрических параметров зон скопления метана. 1 – порода основной кровли; 2 – порода-мост.

Опускание слоев $y_{1(2)}(x)$ определяют следующим образом:

$$y_{1(2)}(x) = a + d_0 + l_{np1} \cdot (l_{np2}) \quad (2)$$

где a - расстояние от максимума реакции до начала координат (за начало координат принимается точка, в которой нагрузки соответствуют состоянию нетронутого массива):

$$a = \frac{d_0}{0,6}, \text{ м} \quad (3)$$

d_0 - расстояние от плоскости забоя лавы до максимума реакции:

$$d_0 = \frac{1}{\beta} \cdot \text{arctg} \frac{\beta \cdot l}{\beta \cdot l + 1}, \text{ м}; \quad (4)$$

где l - длина предельного полупролета, м,

β - коэффициент, учитывающий жесткость слоя и податливость подстилающих пород для очистной выработки

l_{np1}, l_{np2} - предельные полупролеты основной кровли и породы моста соответственно, величина которых корректируется в соответствии с условиями $y_{\max} = 0,8 * m \pm 0,05, \text{ м}$, где y_{\max} – максимальные опускания слоя пород, м, m – мощность слоя горных пород, м.

Ширина полости в сечении, параллельному очистному забою:

$$u' = l_{np2} - d_2 = 16,2 - 6,42 = 9,78, \text{ м} \quad (5)$$

где d_2 - расстояние от границы очистной выработки до границы раскрытия полости.

Площадь полости в рассматриваемом сечении приближенно равна:

$$S' \approx (L - f_2) \cdot (y_1(x) - y_2(x)) = (52,38 - 36,18) \cdot (1,37 - 0,34) = 16,7, \text{ м}^2 \quad (6)$$

где L - длина полного полупролета, м:

$$L = \left\{ \begin{array}{l} a + d_0 + l, \text{ если } l < \frac{L_n}{2} \\ a + d_0 + \frac{L_n}{2}, \text{ если } l \geq \frac{L_n}{2} \end{array} \right\}, \text{ м};$$

f_2 - ширина опорной зоны реакции, м:

$$f_2 = a + d_0, \text{ м};$$

Расстояние от границы очистной выработки до границы раскрытия полости вычисляется по формуле

$$d_2' = f_2 - (L - l) = f_2 - a - d_0 = 36,18 - 18,6 - 11,16 = 6,42, \text{ м}, \quad (7)$$

где l – длина предельного полупролета [4].

Под термином полости следует понимать не только одну полость, которая образуется во время расслоения пластов, но целую систему контурного расслоения, которое образует своеобразный канал. По этому каналу-полости метан протекает от зоны свежего обнажения пород к дегазационной скважине. При заложении дегазационных скважин следует учитывать геометрические параметры зон скопления метана и располагать рабочую часть скважины таким образом, чтобы она пересекала, либо максимально соприкасалась с полостью расслоения.

Список литературы

1. В.В. Лукинов. Создание энергоэффективного комплекса извлечения и использования шахтного газа метана / В.В. Лукинов, В.И. Сулаев, В.Г. Перепелица, Б.В. Бокий, И.А. Ефремов // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. - Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2010. - Вип. 88. - С. 3-8.
2. А.В. Савостьянов. Управление состоянием массива горных пород / А.В. Савостьянов, В.Г. Клочков. – К.: УМК ВО. – 1992. - 276 с.
3. А.Ф. Булат. Повышение эффективности энергокомплекса по утилизации угольного метана на шахте им. А.Ф. Засядько / А.Ф. Булат, И.Ф. Чемерис, И.А. Ефремов // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. - Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2010. - Вип. 87. - С. 3-10.
4. А.В. Савостьянов. Методика определения параметров полостей расслоения в подрабатываемом горном массиве // А.В. Савостьянов, В.И. Сулаев, С.П. Григорьев: Науковий вісник НГУ. – 2004. – №10. - С. 41-42.