

УДК 622.83

МЕТОДИКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧИ

Иофис М. А., Есина Е. Н.
(УРАН ИПКОН РАН, г. Москва, Россия)

Розроблено методуку геомеханічного і технологічного забезпечення свердловинного видобування пластових родовищ, застібчених великою кількістю породних прошарків.

Procedure of geomechanical and technological support of borehole mining of bedded deposits having a large number of bands is developed.

Современное состояние горнодобывающей промышленности, возрастающая потребность во всех видах минерального сырья требует вовлечения в разработку месторождений более бедных, а также со сложными гидрогеологическими условиями залегания. Эксплуатация таких месторождений традиционным подземным способом неэкономична.

Эффективная разработка таких месторождений возможна с применением физико-химических технологий, в частности, скважинной гидравлической добычи.

Скважинная гидродобыча (СГД) – метод подземной добычи твердых полезных ископаемых, основанный на приведении полезного ископаемого на месте его залегания в подвижное состояние путем гидрогеомеханического или другого мощного воздействия и выдачи на поверхность в виде гидросмеси [1].

Основное достоинство этого метода состоит в безопасности ведения горных работ, поскольку добыча сырья ведется без присутствия людей в очистном забое. Его преимуществом является также быстрая окупаемость капитальных затрат. При отработке

месторождения полезного ископаемого производят гидравлическое разрушение напорной струей воды, добываясь дезинтеграции и перевода в забое разрушенной горной массы в гидросмесь. Однако недостатком существующих способов является то, что вместе с минеральным сырьем на поверхность подается большое количество пустой породы.

Поэтому, в УРАН ИПКОН РАН разработана усовершенствованная технология СГД, которая основывается на подземной подготовке гидросмеси и заключается в следующем [2].

Полученную гидросмесь интенсивно перемешивают, а затем отстаивают, при этом осаждение ее тяжелой части происходит под собственным весом пустой породы на дно вымытой полости. После осаждения тяжелой части пульпу полезного ископаемого транспортируют к пульпоприемной скважине с дальнейшим ее транспортированием по трубам на поверхность к потребителю.

Таким образом, подготовка гидросмеси в подземных условиях исключает необходимость обогащения на поверхности, складирование хвостов обогащения, уменьшает оседание земной поверхности за счет оставления в выработанном пространстве пустой породы, выпавшей в осадок и играющей роль закладки выработанного пространства.

Особенно перспективен этот способ при разработке сильно обводненных, высокозольных угольных пластов с многослойным характером залегания, отработка которых традиционным подземным способом, как правило, низкорентабельна или даже совсем нерентабельна. Так, породные прослойки, засоряющие уголь при обычной подземной добыче угля, остаются в выработанном пространстве, а вода становится положительным фактором.

В технической литературе большое внимание уделяется технологическим аспектам СГД. Но широкое внедрение этой технологии в производство сдерживается из-за отсутствия комплексного геомеханического обеспечения процессов гидравлической выемки.

При СГД практически отсутствует возможность непосредственного контроля выработанного пространства. Поэтому основной вопрос геомеханического обеспечения состоит в опреде-

лении формы, размеров и местоположения этого пространства косвенным путем.

Названная цель достигается решением обратной задачи геомеханики: определение формы и местоположения выработанного пространства производится по наблюдаемым величинам сдвижений и деформаций земной поверхности на основе установленных закономерностей развития геомеханических процессов.

В настоящее время используется методика определения границы выработанного пространства по углам влияния только одного вида деформации. Например, при газификации угля применяется метод определения параметров выгазовывания угольных пластов, положения в них каналов газификации и оставшихся в выработанном пространстве целиков угля, основанный на закономерностях взаимного расположения точек с максимальными наклонами и границами выработанного пространства [3, 4]. Но практика горного дела показывает, что углы наклонов линий, соединяющих точки перегиба графиков деформаций с границей горных работ, колеблются в относительно широких пределах. Это связано с тем, что процесс сдвижения горных пород несколько отстает от продвижения очистных выработок, поскольку породы непосредственной кровли выработанного пространства не обрушаются вслед за выемкой полезного ископаемого, а происходит некоторое их зависание. Из этого следует, что для повышения точности определения положения очистного пространства следует пользоваться одновременно несколькими характерными точками мульды сдвижения. Например, положением точек максимального наклона, кривизны и границы мульды сдвижения, поскольку расположение выработанного пространства находится в закономерной зависимости от положения этих точек. При пересечении направлений углов максимальных влияний образуется треугольник погрешностей (рис. 1), нахождение средней точки (точки С) которого и повышает точность определения положения забоя.

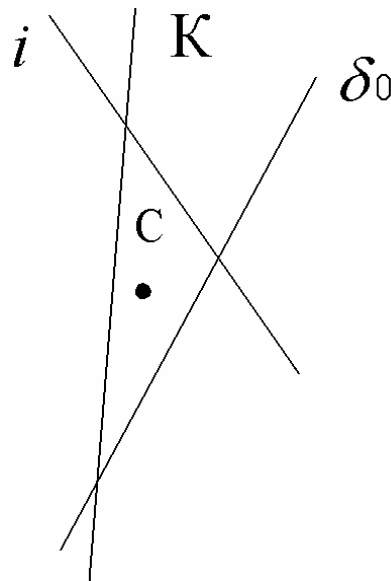


Рис. 1. Треугольник погрешностей направлений максимального влияния углов: i – направление влияния наклонов; K – направление влияния кривизны; δ_0 – граничный угол; C – средняя точка треугольника

С целью прогноза и контроля геомеханических процессов разработана новая методика определения параметров процесса сдвижения горных пород при СГД, которая основывается как на традиционных методах расчета сдвижений и деформаций, так и на принципиально новых решениях относительно соотношения местоположения максимальных величин деформаций земной поверхности и расположением выработки в толще пород. Так, при выполнении расчетов производится замена фактической выработки на условную прямоугольную, равную по площади истинной выработке. В дальнейшем осуществляется переход от расчетного выработанного пространства к фактическому с учетом формы выработанного пространства следующим образом:

– в случае, когда забой скважины находится у почвы пласта, истинная выработка имеет треугольную форму в сечении, переход от условных параметров к фактическим осуществляется по полученной зависимости:

$$D_{\phi} = 2D_p, \quad (1)$$

где D_p – расчетный размер выработанного пространства;

D_ϕ – фактический размер выработанного пространства;
– в случае, когда забой скважины находится ниже почвы пласта, реальная выработка в плоскости пласта имеет форму, близкую к трапецевидной, и ее параметры определяются соотношениями:

$$D''_\phi = D_p - m \cdot ctg \nu, \quad (2)$$

$$D'_\phi = D_p + m \cdot ctg \nu, \quad (3)$$

где D'_ϕ – фактический размер выработанного пространства (по кровле пласта);

D''_ϕ – фактический размер выработанного пространства (по почве пласта);

m – мощность пласта;

ν – угол стока водоугольной суспензии, который образуется при добыче полезного ископаемого указанным способом.

Образование угла ν в зависимости от глубины забоя скважины ниже кровли пласта исследовалось на опытном стенде. Полученная экспериментальная зависимость аппроксимирована аналитическим выражением гиперболического вида (среднеквадратическая погрешность $m_\nu = 0,11\%$):

$$\nu = \frac{1^\circ \cdot 25_m}{h_m^{0.2715} \text{ м}}, \quad (4)$$

где h_m – расстояние забоя скважины от кровли пласта.

В ходе анализа экспериментальных данных определены зависимости углов наклона линий, соединяющих границу выработанного пространства с характерными точками мульды сдвижения от основных влияющих факторов:

1. Установлено, что угол σ , проведенный от точки земной поверхности с максимальным наклоном до границы выработки, зависит от коэффициента подработанности земной поверхности n , глубины ведения горных работ H и размера зависшей части кровли над выработанным пространством a и определяется из выражения:

$$\sigma_i = 90^\circ + \operatorname{arctg} \frac{a}{2H} + 4^\circ \sqrt{n}, \quad (5)$$

$$a = c\sqrt{H \cdot m}, \quad (6)$$

где m – мощность пласта,
 c – коэффициент, зависящий от свойств горных пород; определяется соотношением:

$$c = 1 + \frac{f}{2}, \quad (7)$$

где f – коэффициент крепости по М. М. Протоdjяконову.

2. Анализ данных натуральных наблюдений показал, что угол σ_K , проведенный от точки земной поверхности с максимальным значением кривизны до границы выработанного пространства, занимает относительно стабильное положение и располагается по вертикали от выработанного пространства:

$$\sigma_K = 90^\circ. \quad (8)$$

3. В результате аналитической обработки результатов наблюдения за сдвижением горных пород и материалов нормативных документов [5] выявлена зависимость граничного угла δ_0 от прочностных свойств горных пород (рис. 2).

Эту зависимость можно аппроксимировать аналитическим выражением (среднеквадратическая погрешность $m_{\delta_0} = 0,11\%$):

$$\delta_0 = 40^\circ + 12,5^\circ \sqrt{f}. \quad (9)$$

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что наклоны являются наиболее чувствительными к влияющим факторам, причем как технологическим (n), так и природным (H, m, f), значения граничных углов зависят от прочностных свойств горных пород, а кривизна занимает наиболее стабильное положение в мульде сдвижения.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработан способ СГД угля и его геомеханическое обеспечение, позволяющие вовлечь в добычу пласты угля с большим

количеством породных прослоек, разработка которых традиционными способами нерентабельна.

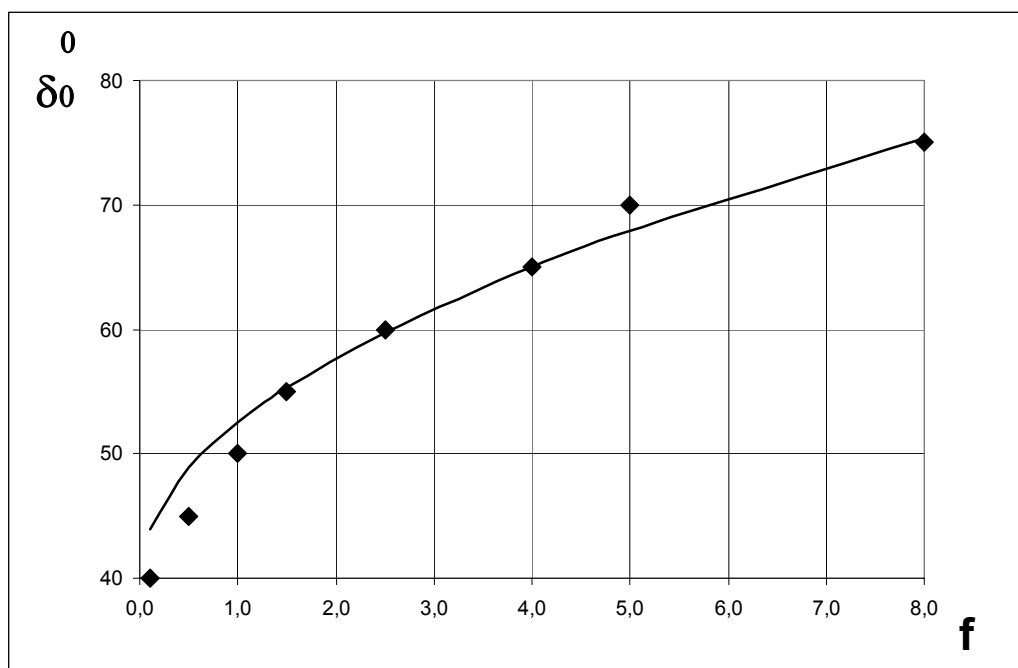


Рис. 2. Залежність граничного кута δ_0 від коефіцієнта крепости пород f

2. Для підвищення надійності визначення місцеположення границь вироботанного цілесобразно використовувати декількома критеріями, наприклад, σ_b , σ_K і δ_0 .

3. Установлені залежності кутів, проведених від характерних точок мульди сдвигу до границь вироботанного простору – від точок з максимальними нахилами і кривизною. Отримана залежність граничного кута від прочностних властивостей горних порід.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Аренс В. Ж., Бабичев Н. И., Башкатов А. Д., Гридин О. М., Хрулев А. С., Хчян Г. Х. Сквацинная гидродобыча полезных ископаемых.: Учеб. пособие. – М.: Издательство «Горная книга», 2007. 296 с.

2. Положительное решение о выдаче патента на изобретение «Способ подземной гидравлической разработки месторождений твердых полезных ископаемых». Авторы Чантурия В. А., Трубецкой К. Н., Иофис М. А. и др. Регистрационный номер 2006127276.
3. Орлов Г. В., Капралов В. К. Сдвигение горных пород и земной поверхности при геотехнологических методах добычи полезных ископаемых. – Сдвигение горных пород и земной поверхности при подземных разработках / Под общей редакцией В. А. Букринского и Г. В. Орлова. М.: Недра, 1984. 217 с.
4. Иофис М. А., Турчанинов И. А. О порядке разработки свиты угольных пластов при подземной газификации // Тр. ВНИИ-Подземгаза. М.: Госгортехиздат, 1962. Вып. 6. С. 18-25.
5. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб., 1998. – 291 с.