

УДК 622.831.312



Ю. М. ХАЛИМЕНДИК,
доктор техн. наук
(Национальный горный
университет)



А. С. КУЧИН,
доктор техн. наук
(Национальный горный
университет)



Ю. А. ЗАБОЛОННАЯ,
магистр
(Национальный горный
университет)

Защита горных выработок от влияния очистных работ в соответствии с нормативным документом [1] в большинстве случаев осуществляется путем оставления целиков угля и расположением выработок в разгруженных зонах. Причина потеря оконтуренных запасов угля и создание в толще пород зоны

Выбор параметров крепей надрабатываемых магистральных выработок

Изложены результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния подошвы разрабатываемого пласта для условий Западного Донбасса. Полученные данные использованы для разработки графоаналитического способа оценки напряженного состояния горного массива в подошве пласта при отходе лавы от разрезной печи. Способ обеспечивает выбор параметров крепи магистральных выработок при кратковременной надработке.

Ключевые слова: напряженное состояние, численное моделирование, очистная выработка.

Контактная информация: zabolotnayayuliya@mail.ru

повышенных напряжений, что ухудшает условия ведения горных работ при разработке сближенных пластов, – оставленные для охраны выработок угольные целики.

В результате проведенных натурных наблюдений для условий Западного Донбасса были разработаны предложения по расположению магистральных выработок с учетом кратковременной надработки и последующей эксплуатации в разгруженных зонах [2, 3], позволяющие предприятиям одновременно решить две задачи: минимизировать потери угля и сохранить выработки долгосрочной эксплуатации в безремонтном состоянии. Однако остается нерешенным вопрос выбора крепи выработок с учетом роста напряженного состояния массива при кратковременном динамическом воздействии опорного давления на крепь.

Основные исследования процессов формирования опорного давления и давления в горном массиве во время отхода лав проводили в плоскости пласта и в его кровле [4–6]. Механизм обрушения пород кровли в выработанном пространстве изучали с помощью пошагового численного моделирования перемещения очистного забоя в объемной компьютерной модели трансверсально-изотропного массива горных пород [4].

Для Западного Донбасса при отходе лавы до 25 м от разрезной печи в кровле наблюдается предельное состояние пород до двух вынимаемых мощностей пласта, а при отходе на 35 – 45 м зона предельного состояния достигает 4-кратной вынимаемой мощности пласта, что соответствует первым обрушениям непосредственной кровли. При отходе лавы до 75 м зона предельного состояния горных пород развивается по вертикали на высоту 40 м. После этого происходит основная посадка кровли пласта, т. е. после отхода лавы от разрезной печи на расстояние свыше 75 м ожидается формирование всех зон опорного давления [5]. Подобная закономерность формирования зоны сводообразования установлена и при моделировании обрушения кровли в начальный период работы лавы шахты «Степная»

[6]. Несмотря на наличие в основной кровле пласта песчаника, при отходе лавы от разрезной печи до 50 м его большая часть над выработанным пространством разрушается.

Таким образом, закономерности формирования опорного давления в кровле разрабатываемого пласта при отходе лавы от разрезной печи достаточно изучены. Дополнительных исследований требует формирование опорного давления в подошве разрабатываемого пласта.

Цель исследований – оценка проявления динамического опорного давления в подошве пласта при отходе лавы от разрезной печи.

Моделирование напряженно-деформированного состояния горного массива методом конечных элементов выполнено с использованием программного продукта ANSYS 12.0 решением плоской задачи для условий разработки пласта c_8^H на шахте «Западно-Донбасская» (глубина ведения очистных работ 420 м; вынимаемая мощность пласта 1 м). Геометрические размеры модели определены в соответствии с нормативным документом [7]: расстояние h от подошвы пласта c_8^H составляет 80 м, что соответствует дальности действия зоны повышенной опасности и опасной зоны, выработанное пространство – 100 м. Физико-механические свойства горных пород, используемые для моделирования, приняты по данным геологической службы шахты.

Исходная горно-геометрическая модель имеет следующие ограничения:

- на нижней границе модели ограничения всех степеней свободы (перемещения по осям OX и OY равны нулю);

- на боковых границах модели перемещения по оси OY равны нулю.

На *первом шаге* решения моделировалось напряженное состояние нетронутого массива для установления в почве разрабатываемого пласта поля первоначальных напряжений, а также вес вышележащих пород приложением нагрузки, соответствующей весу слоев этих пород. При этом физико-механические свойства выработанного пространства и угольного пласта принимались равными.

На *последующих шагах* решения путем изменения граничных условий в массиве пошагово формировали: полость, соответствующую монтажной камере, затем дополнительно полость, соответствующую разрезной печи (1-й шаг); дополнительно полость размером 10 м, имитирующую выработанное пространство при отходе лавы на 10 м от разрезной печи в процессе выемки угля (2-й шаг и т. д.).

Всего расчетная схема включала 10 шагов, на каждом добавляли 10 м выработанного пространства и определяли вертикальные напряжения.

Для установления закономерностей перераспределения опорного давления в подошве разрабатываемого пласта:

- рассчитали прирост напряжений, который составляет 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40 и 50 % относительно напряжений нетронутого массива; прирост напряжений определен как отношение напряжений нетронутого массива к напряжениям, полученным в каждом из 10 шагов, имитирующих отработку пласта;

- построили изолинии прироста напряжений;

- выделили зоны, где напряжения при отработке лавы будут меньше определенного фиксированного значения.

В надрабатываемой толще разрабатываемого пласта для различных положений очистного за-

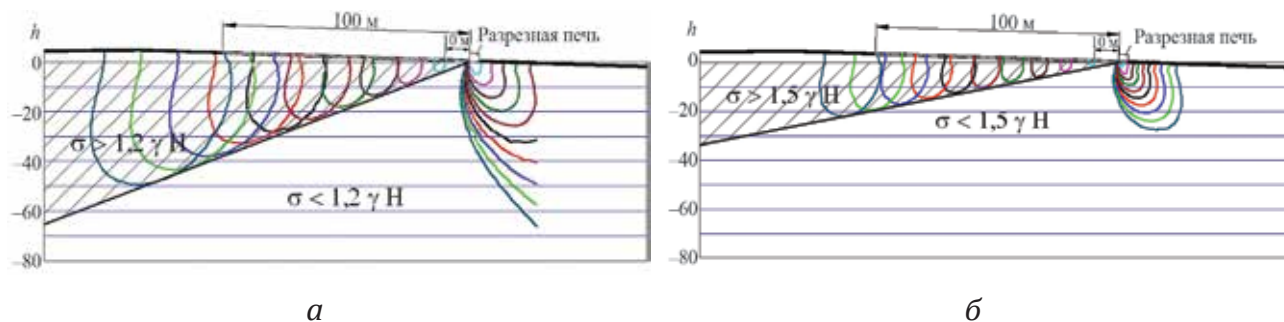


Рис. 1. Определение зон, где напряжения не превышают фиксированного значения: а – $\sigma > 1,2 \gamma H$; б – $\sigma < 1,5 \gamma H$; при отработке 10 м; 20 м; 30 м; 40 м; 50 м; 60 м; 70 м; 80 м; 90 м; 100 м.

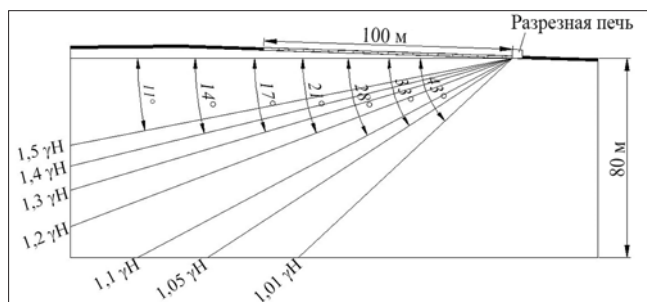


Рис. 2. Границы зон с фиксированным приростом напряжений в подошве пласта.

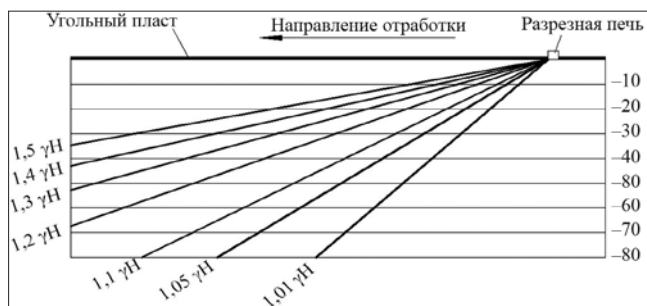


Рис. 3. График-номограмма для условий шахт Западного Донбасса.

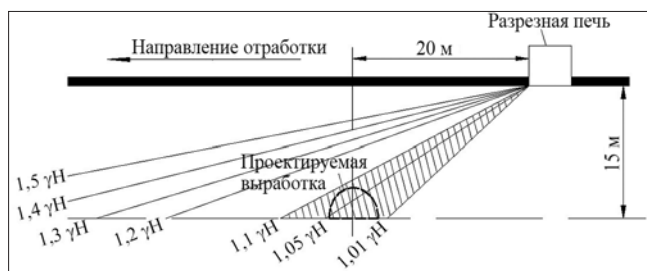


Рис. 4. Пример определения зоны с фиксированным приростом напряжений.

боя получены изолинии прироста напряжений, которые составляют 20 % напряжений нетронутого массива (рис. 1, а), а также изолинии прироста напряжений, достигающие 50 % напряжений нетронутого массива (рис. 1, б). Кроме того, в подошве пласта выделены зоны, где напряжения не превышают фиксированное значение: зона, где напряжения при различном положении очистного забоя не более 1,2 γH (см. рис. 1, а); зона, где напряжения при различном положении очистного забоя не превышают 1,5 γH (см. рис. 1, б).

Каждая из построенных зон ограничивается прямыми, касательными к эпюрам напряжений (рис. 2), которые располагаются под определен-

Прирост напряжений, %	Углы прямых, ... ⁰ , для глубин			Средний угол прямых, ... ⁰
	300 м	420 м	700 м	
1	44	43	43	43
2	41	39	38	39
3	37	37	36	37
4	34	35	35	35
5	33	33	31	33
10	29	28	28	28
20	20	21	21	20
30	18	17	15	17
40	13	14	14	14
50	12	11	10	11

ным углом к плоскости пласта (горизонтальной линии).

Углы прямых, ограничивающих зоны с различным приростом напряжений, приведены ниже.

Угол прямых, ... ⁰	43	39	37	35	33	28	21	17	14	11
Прирост напряжений, %	1	2	3	4	5	10	20	30	40	50

Вся толща горного массива на шахтах Западного Донбасса представлена аргиллитами, алевролитами и песчаниками. Средняя прочность пород изменяется от 12,5 до 24 МПа. Это дает возможность экстраполировать полученные результаты для других глубин. Аналогично выполнено моделирование ведения очистных работ на глубине 300 и 700 м. Для указанных глубин в подошве разрабатываемых пластов также определены зоны с фиксированным приростом напряжений.

Углы прямых, ограничивающих зоны с различным приростом напряжений для глубин 300, 420 и 700 м, отличаются незначительно, что дает возможность использовать усредненные значения (таблица).

С учетом усредненных значений углов прямых, ограничивающих в подошве пласта зоны с фиксированным приростом напряжений, получен график-номограмма (рис. 3), который позволит определить, на сколько увеличилось напряжение на этапе проектирования выработки и скорректировать параметры крепи, чтобы обеспечить ее сохранность.

Таким образом, в подошве пласта при отходе лавы от разрезной печи нижняя граница концентрации одноименных напряжений имеет вид прямой линии, угол наклона которой зависит от напряжения. Это позволяет в подошве разрабатываемого пласта выделить зоны с заданными на-

пряжениями для рационального расположения выработок главного направления.

Практическое применение полученных результатов заключается в следующем. В произвольном масштабе вычерчивают контуры положения пласта и разрезной печи, намечают положение проектируемой выработки в подошве обрабатываемого пласта. От плоскости пласта в подошву отстраивают прямые, ограничивающие зоны с фиксированным приростом напряжений под углами, заданными в таблице. Определяют зону, в которую попадает проектируемая выработка. При выборе необходимых параметров крепи выработки в соответствии с нормативными документами глубина ее заложения увеличивается на прирост напряжений в указанной зоне.

Например, на глубине 350 м планируется проведение дренажной выработки в подошве разрабатываемого пласта. Расстояние от разрезной печи до проектируемой выработки в плоскости пласта составляет 20 м, расстояние от разрабатываемого пласта до места проведения выработки – 25 м (рис. 4).

По графику-номограмме определяют зону с фиксированным приростом напряжения. Для этого от плоскости пласта в подошву проводят прямые, ограничивающие зоны с фиксированным приростом напряжений под углами, заданными в таблице; наносят контуры проектируемой выработки и разрезной печи. Из рис. 4 следует, что максимальные напряжения в месте проведения выработки будут на 10 % превышать напряжения нетронутого массива, поэтому с учетом прироста напряжений расчетную глубину для выбора параметров крепи выработки следует принимать на 10 % больше, чем фактическая глубина, т. е. 385 м.

Выводы. На основании результатов численного моделирования разработан графоаналитический способ оценки напряженного состояния гор-

ного массива в подошве пласта при отходе лавы от разрезной печи, который позволяет вводить поправки в расчетную глубину расположения выработок для выбора параметров крепи при их кратковременной надработке.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания [Текст]:* КД 12.01.01.201-98. – Донецк: УкрНИМИ, 1998. – 150 с.
2. *Пат.* 102769 Україна, МПК E21D 11/00 (2013.01). Спосіб відробки запасів і охорони гірничої виробки / Халимендик Ю. М., Заболотна Ю. О.; заявник і патентовласник Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет». – а 2012 03072; заявл. 16.03.2012; опубл. 12.08.2013, Бюл. № 15. – 3 с.
3. *Заболотная Ю. А.* Способы расположения магистральных выработок с целью исключения влияния очистных работ в условиях слабых боковых пород / Ю. А. Заболотная // Проблемы гірського тиску: зб. наук. праць ДонНГУ. – 2013. – № 1 (22) – 2 (23). – С. 68–79.
4. *Власов С. Ф.* Пространственное моделирование геомеханических процессов при подземной разработке месторождений: монография / С. Ф. Власов, А. А. Сидельников; МОН Украины, НГУ. – Донецк: НГУ, 2012. – 223 с.
5. *Власов С. Ф.* Исследование механизма обрушения пород кровли на объемной модели слоистого трансверсально-изотропного массива при подвигании очистного забоя / С. Ф. Власов, А. А. Сидельников // Наук. вісник НГУ. – 2010. – № 2. – С. 14–17.
6. *Мартовицький А. В.* Геомеханічні процеси при відробці вугільних пластів струговими комплексами в умовах шахт Західного Донбасу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.15.09 «Геотехнічна і гірничача механіка» / Мартовицький Артур Володимирович. – Донецьк, 2012. – 31 с.
7. *Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35°.* Руководство: КД 12.01.01.503-2001. – [Действующий с 2001-12-29]. – Офиц. изд. – К.: Минтопэнерго Украины, 2002. – 141 с. – (Нормативный документ Минтопэнерго Украины).