

УДК 622.026.7

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ ЗОНЫ ОБРУШЕНИЯ ПОРОД

**Южанин И.А., Терлецкий А.М.**  
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*Запропоновано методику визначення висоти зони обвалювання на основі урахування коефіцієнта розпушення окремих шарів порід, що обрушуються.*

*Methods to determine the height of rock caving zone based on taking into account loosening factor for separate falling rocks are proposed.*

В кровле выработанного пространства очистных забоев образуется несколько геомеханических зон влияния; одной из характерных является зона беспорядочного обрушения. Данная зона образуется также над подготовительными выработками, расположенными в выработанном пространстве очистных забоев или на границе с ним. Влияние этой зоны приходится учитывать при решении многих задач горного производства: управлении горным давлением в очистных забоях, расположении горных выработок, определении порядка отработки пластов, расчете эффективности защитного действия и др.

Высоту зоны обрушения пород рассчитывают с помощью коэффициента разрыхления, величина которого зависит от состава пород, их физико-механических и структурных свойств, трещиноватости и т.д. С течением времени породы уплотняются, и величина коэффициента разрыхления уменьшается. В связи с этим различают коэффициент разрыхления при обрушении пород и остаточный – после их уплотнения.

В работе [1] приведены следующие коэффициенты разрыхления (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты разрыхления пород

Наименование пород	Коэффициенты разрыхления	
	обрушенной породы	остаточный
Песчаник	1,50-1,80	1,25-1,30
Сланец песчаный (алевролит)	1,20-1,80	1,10-1,20
Сланец глинистый (аргиллит)	1,15-1,55	1,10-1,25

Для случаев посадки кровли, завалов горных выработок рекомендуется использовать следующие значения коэффициентов разрыхления:  $k_p = 1,15-1,30$  – для глинистых и песчаных сланцев,  $k_p = 1,2-1,4$  – для песчаников и известняков [2].

В практике инженерных расчетов высоту зоны беспорядочного обрушения пород определяют по средним значениям коэффициента разрыхления для всех пород кровли независимо от их состава. Величина ее составляет, по данным различным исследователей [3, 4], от двух до шести вынимаемых мощностей пласта. Однако во многих случаях такой подход не может устроить разработчиков, например при управлении горным давлением, планировании расположения выработок и т. д.

Предлагается высоту зоны обрушения определять с учетом коэффициента разрыхления на каждом породном слое исходя из следующих соображений.

Беспорядочное обрушение пород над выработкой завершится в том случае, когда мощность обрушившихся и разрыхлившихся над выработкой пород будет достаточна для создания подпора вышерасположенным породам. Последовательными вычислениями, начиная от первого над выработкой слоя пород, можно найти слои  $n$  и  $n+1$ , на которых выполняются соотношения

$$\sum_{i=1}^n h_i k_{pi} < m + \sum_{i=1}^n h_i ; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n+1} h_i k_{pi} > m + \sum_{i=1}^{n+1} h_i , \quad (2)$$

где  $h_i$  и  $k_{pi}$  – соответственно мощность и коэффициент разрыхления  $i$ -го слоя пород;

$m$  – вынимаемая мощность пласта очистной выработки, в непогашенных выработках, расположенных в выработанном пространстве или на границе с массивом угля, принимают высоту выработки в черне, м.

В выражениях (1) и (2) не определена часть мощности  $(n+1)$ -го слоя, достаточная для «подбутовки» вышележащих слоев, чтобы прекратилось их разуплотнение. Обозначив эту неизвестную величину  $h'_{n+1}$ , получим

$$\sum_{i=1}^n h_i k_{pi} + h'_{n+1} k_{p(n+1)} = m + \sum_{i=1}^n h_i + h'_{n+1} \quad (3)$$

Таким образом, величина  $h'_{n+1}$  определится из выражения

$$h'_{n+1} = \frac{m + \sum_{i=1}^n h_i - \sum_{i=1}^n h_i k_{pi}}{k_{p(n+1)} - 1} , \quad (4)$$

а высота зоны обрушения – по формуле, полученной в результате несложных преобразований

$$h_{\sigma} = \frac{\left( m + \sum_{i=1}^n h_i \right) k_{p(n+1)} - \sum_{i=1}^n h_i k_{pi}}{k_{p(n+1)} - 1} \quad (5)$$

Если условия (1, 2) выполняются на первом от защитного пласта слое пород, уравнение (3) можно записать в виде

$$h'_1 k_p = m + h'_1 , \quad (6)$$

где  $h'_1$  – часть мощности первого слоя пород, на который реализуется беспорядочное обрушение, т.е.  $h'_1 = h_6$ . В этом случае  $h_6$  определяется по известной формуле

$$h_6 = \frac{m}{k_p - 1} \quad (7)$$

Применим расчетный метод для конкретных условий. На шахте им. Кирова ГП «Макеевуголь» при проведении вентиляционной магистрали центральной панели произошел завал выработки на протяжении 13 м.

Анализ геомеханических условий проведения вентиляционной магистрали показал следующее. Участок завала выработки находился в зоне зависания пород восточной коренной лавы над восточным коренным штреком. Расстояние от кровли этого штрека до почвы проводимой выработки составляет примерно 15 м.

Поскольку глубина ведения горных работ в данном районе небольшая – порядка 200 м – восточный коренной штрек при отработке лавы, по всей видимости, не был погашен. Взрывные работы при проведении вентиляционной магистрали спровоцировали процесс обрушения пород над восточным коренным штреком.

Расчет параметров обрушения, выполненный по вышеприведенной методике, приведен в табл. 2. Величины коэффициентов разрыхления приняты средними на момент обрушения пород.

Высота зоны беспорядочного обрушения, определенная по формуле (5), составляет

$$h_6 = \frac{20,98 \times 1,2 - 20,78}{1,2 - 1} = 21,98 \text{ м.}$$

Из таблицы видно, что процесс обрушения пород охватил участок проводимой вентиляционной магистрали. При этом на уровне почвы этой выработки величина оседания пород составила 0,7 м, что соответствует коэффициенту динамичности 2,3 [5].

Таблица 2

Расчет высоты зоны обрушения над восточным  
 коренным штреком

№ слоев	Наименование пород	Мощность слоев $h_i$ , м	Коэффициент разрыхления $k_{pi}$	Мощность, м		Высота зоны, м	
				разрыхлившись слоев $h_i \cdot k_{pi}$	суммарная $\sum h_i \cdot k_{pi}$	обрушения $m + h_i$	неподбученной
1	Сланец глинистый	13,00	1,20	15,60	15,60	16,70	1,10
2	Сланец песчаный	1,50	1,25	1,88	17,48	18,20	0,72
3	Сланец глинистый	2,00	1,20	2,40	19,88	20,20	0,32
4	Уголь	0,78	1,15	0,90	20,78	20,98	0,20
5	Сланец глинистый	3,00	1,20	3,60	24,38	23,98	–

Расчет параметров крепи вентиляционной магистрали показывает, что нагрузка на крепь в данном районе без учета разуплотнения пород почвы составляет 349 кН. При указанном коэффициенте динамичности она возрастает до  $349 \times 2,3 = 698$  кН. Плотность установки крепи в данных условиях должна составлять  $698 : 300 = 2,3$  рамы/м. Фактическая плотность крепи равнялась 1,25 рамы/м, т.е. в этих условиях она оказалась недостаточной и явилась причиной завала вентиляционной магистрали.

Таким образом, при расположении выработок над непогашенными горными выработками необходимо учитывать высоту зоны обрушения, которую рекомендуется определять по предложенной методике. При необходимости расположения выработок на расстоянии менее высоты зоны обрушения целесообразно в нижерасположенных выработках осуществлять горнотехнические

мероприяття по предотвращению обрушения пород кровли при проведении и эксплуатации выработок в подработанном массиве (закладка, принудительное обрушение на участках влияния) [6].

Предложенная методика расчета зоны обрушения пород может найти применение при решении вопросов, связанных с обрушением пород над выработанным пространством, в частности, при ведении горных работ над непогашенными выработками, расчете эффективности защитного действия, управлении горным давлением и др.

### СПИСОК ССЫЛОК

1. Проскуряков, Н.М. Управление состоянием массива горных пород / Н.М. Проскуряков. – М.: Недра, 1991. – 368 с.
2. Максимов, А.П. Горное давление и крепь горных выработок / А.П. Максимов. – М.: Недра, 1973. – 288 с.
3. Зборщик М.П. Охрана выработок глубоких шахт в выработанном пространстве. – Киев: Техніка, 1978. – 176 с.
4. Сдвигение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений / Акимов А.Г., Земисев В.Н., Кацнельсон Н.Н. и др. – М.: Недра, 1970. – 224 с.
5. СОУ 10.1.00185790.011:2007 Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони. – Прийнято та надано чинності: наказ Мінвуглепрому України від 09.11.07 № 494. – К.: Мінвуглепром України, 2007. – 113 с.
6. Спосіб захисту виробок, що проводяться в підробленому масиві над непогашеними виробками: пат. 33158 України: МПК E21C 41/00 / Южанін І.А., Феофанов А.М., Хламов Д.М.; Заявник і патентовласник Український держ. наук-дослід. та проектно-конструкт. ін-т гірничої геології, геомеханіки та маркшейдерської справи. – № 200801781; заявл. 11.02.08; опубл. 10.06.08, Бюл. № 11 – 6 с.