

УДК 622.023.62:551.243.1

*Янко В.В, ассистент, Смоляк Ю.А., студент гр. ГС-05  
Национальный горный университет, Днепропетровск, каф. БГМ*

## **ОЦЕНКА И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИ ЕЕ ПЕРЕСЕЧЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО НАРУШЕНИЯ**

Исследование процесса перемещения породного массива в окрестности одиночно-протяженной горизонтальной выработки в породном массиве во время пересечения и после пересечения нарушения в численном виде достаточно корректно можно выполнить только на основе объемной модели. Принимая во внимание то обстоятельство, что рассматриваемая задача должна быть упругопластической, численная модель представляется очень сложной, громоздкой. Интерпретация результатов вычислений при этом чрезвычайно затрудняется.

В этой связи предлагается упрощенный подход к решению поставленной задачи, состоящий в следующем. За основу принимаются известные решения плоской упруго-пластической задачи о пересечении разрывного нарушения очистной выработкой (лавой) и об упруго-пластической устойчивости протяженной одиночной горизонтальной выработки. Ищется искусственное решение основной задачи, опирающееся на решения известных задач.

В соответствии с этим, для исследований закономерностей распределения вышеперечисленных факторов приняты наиболее удобные для аналитических исследований модели протяженной горной выработки, пересекающей дизъюнктивное нарушение, приведенные на рис. 1–2.

В одной модели выработка имеет арочную форму, как показано на рис. 1.

В другой модели выработка моделируется прямоугольным вырезом, расположенным примерно, посередине по отношению к вертикали исследуемого массива, который приближаясь, постепенно пересекает дизъюнктивное геологическое нарушение, как показано на рис. 2 (см. пунктирные линии).

Моделируемое структурное нарушение – зона влияния дизъюнктива представляет собой сброс (рис.2). Угол наклона дизъюнктива варьировался от  $35^\circ$  до  $90^\circ$ . Зона влияния вокруг дизъюнктива была разбита на 10 одинаковых по ширине частей, каждая из которой имела собственные физико-механические характеристики пород. В частности, предел прочности на одноосное сжатие  $R_c$ , который изменяется по линейному закону в большую сторону по мере отдаления от дизъюнктива, как было показано ранее. Разбиение на относительно большое количество областей с разными физико-механическими свойствами обусловлено стремлением свести к минимуму влияние дискретности.

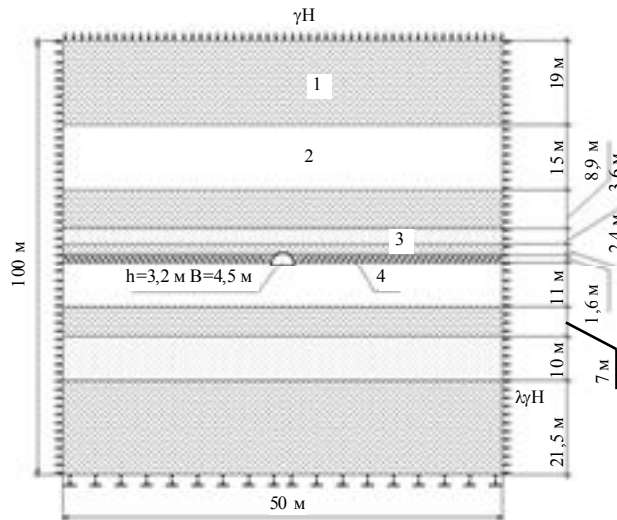


Рис.1. Модель в поперечном сечении протяженной горной выработки, пересекающей дизъюнктивное нарушение: 1 – алевролит; 2 – аргилит; 3 – песчаник; 4 – уголь

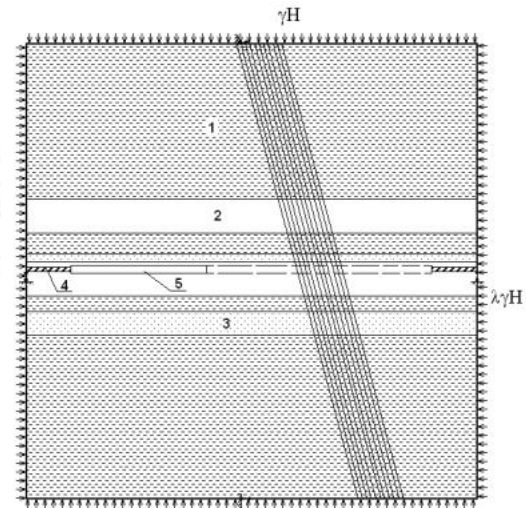


Рис.2. Модель в продольном сечении протяженной горной выработки, пересекающей дизъюнктивное нарушение: 1 – алевролит; 2 – аргилит; 3 – песчаник; 4 – уголь; 5 – выработка

Моделируемое структурное нарушение – зона влияния дизъюнктива представляет собой сброс (рис.2). Угол наклона дизъюнктива варьировался от  $35^\circ$  до  $90^\circ$ . Зона влияния вокруг дизъюнктива была разбита на 10 одинаковых по ширине частей, каждая из которой имела собственные физико-механические характеристики пород. В частности, предел прочности на одноосное сжатие  $R_c$ , который изменяется по линейному закону в большую сторону по мере отдаления от дизъюнктива, как было показано ранее. Разбиение на относительно большое количество областей с разными физико-механическими свойствами обусловлено стремлением свести к минимуму влияние дискретности.

При этом необходимо иметь критерий разрушения (эквивалентное напряжение  $\sigma_e$ ) определяемый равенством  $\sigma_e = R_c$ . Здесь, в соответствии с работой используется соотношение, предложенное А. Н. Шашенко:

$$\sigma_e = \frac{(\psi - 1)(\sigma_1 + \sigma_3) + \sqrt{(1 - \psi)^2(\sigma_1 + \sigma_3)^2 + 4\psi(\sigma_1 - \sigma_3)^2}}{2\psi}, \quad (1)$$

где  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  – компоненты главных напряжений;

$\psi = R_p / R_c$  – коэффициент хрупкости, равный отношению предела прочности на растяжение к пределу прочности на сжатие.

При достижении предельного значения  $R_c$  в некоторых точках области, прилегающей к зоне нарушения сплошности, начинается процесс разрыхления горной породы. Экспериментально и теоретически показано, что нагружение в глубине массива можно считать управляемым по деформациям.

Численное решение упруго-пластической задачи для неоднородной среды. В работе поставлена и решена численная задача для неоднородного массива, т.е., с учетом слоистости, приближенную к реальной структуре углевмещающей толщи по пласту  $l_3$  в пределах поля шахты «Алмазная». Глубина заложения выработки принималась равной 730,0 м, которая соответствовала 6 южному конвейерному штреку горизонта 550 м. В данной численной задаче условия на контактах слоев не учитывались.

Диаграммы «напряжения-деформации» для проведения расчетов в неоднородном породном массиве, соответственно для угля, аргиллита, алевролита и песчаника, представлены на рис. 3.

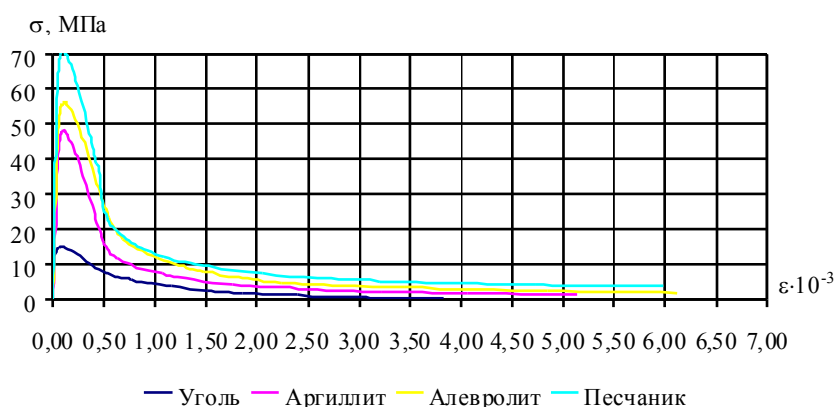


Рис.3 Диаграммы «напряжения-деформации»

ЗНД в случае исследуемого процесса перемещения одиночной выработки достаточно близко ( $\pm 10\%$ ) соответствует размеру ЗНД, полученному входе решения задачи для одиночной выработки. Таким образом, изложенный подход может быть применен к исследованию определенного класса геомеханических задач.

Таблица 1

#### Физико-механические параметры пород

Физико-механический параметр	Уголь	Аргиллит	Алевролит	Песчаник
Глубина расположения выработки, $H$ , м	730			
Объемный вес пород, $\gamma$ , МПа/м	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$
Предел прочности на одноосное сжатие, $\sigma_c$ , МПа	15	48	56	70
Предел прочности на одноосное растяжение, $\sigma_t$ , МПа	4,4	15,45	15,9	31,5
Предел прочности на сдвиг, $\tau$ , МПа	1,8	3,5	3,0	5,0
Модуль Юнга, $E$ , МПа	$2,5 \cdot 10^4$	$5,14 \cdot 10^4$	$5,75 \cdot 10^4$	$9,04 \cdot 10^4$
Коэффициент Пуассона, $\mu$	0,16	0,25	0,28	0,21
Модуль сдвига, $G$ , МПа	$1,03 \cdot 10^3$	$1,13 \cdot 10^4$	$1,31 \cdot 10^4$	$1,97 \cdot 10^4$

Такая постановка задачи позволяет по последовательности движения, т. е. по мере приближения и пересечения выработкой геологического нарушения, проследить изменение напряженно-деформированного состояния массива в окрестности выработки, форму и размер зоны неупругих деформаций, а также величину остаточной прочности материала в пределах зоны по мере неоднородности массива.

Обобщенная расчетная схема для задачи в поперечном сечении представлена на рис. 1, в продольном сечении – на рис.2. В задаче в продольном сечении варьировался угол наклона дизъюнктива –  $\alpha$ .

Физико-механические параметры пород, которые задавались в ходе проведения расчетов в неоднородном породном массиве, представлены в табл. 1.

На рис. 4 показана зона неупругих деформаций для численных моделей с углом залегания нарушения от  $35^\circ$  до  $90^\circ$ .

Схема зон влияния на выработку дизъюнктивного геологического нарушения  $L$  приведена на рис. 5. Формула расчета этих зон приведена ниже.

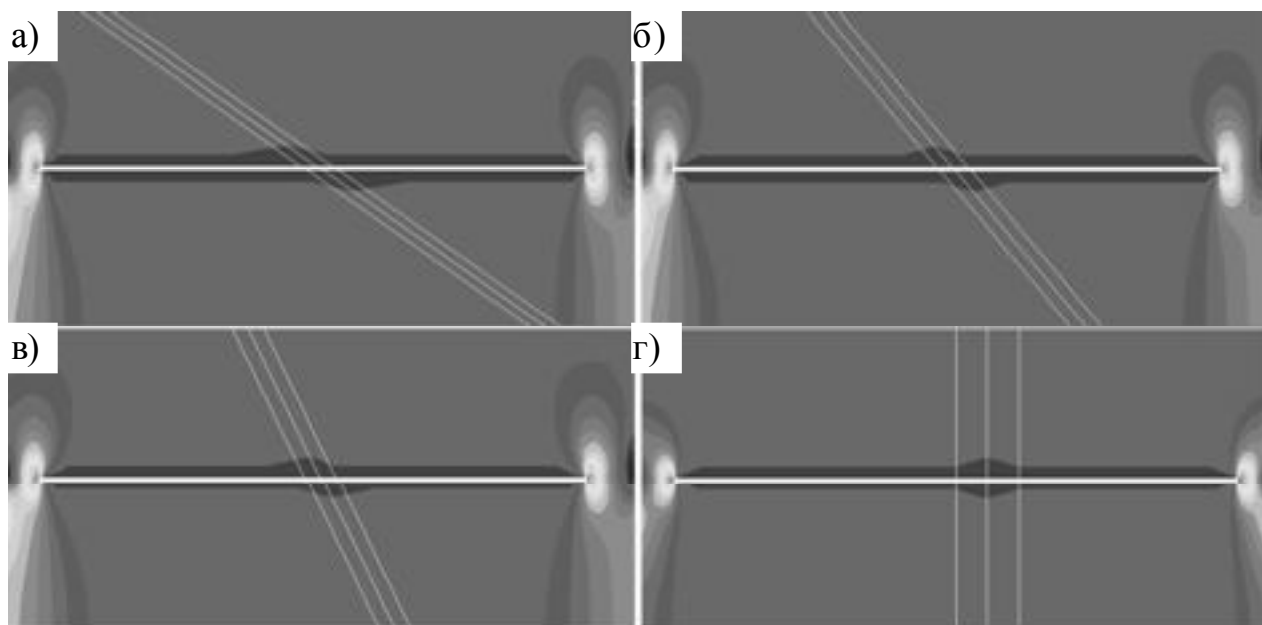
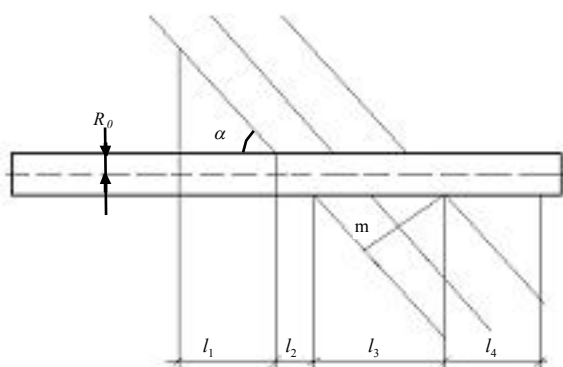


Рис. 4. Зона неупругих деформаций для численных моделей с углом залегания нарушения а)  $35^\circ$ , б)  $50^\circ$ , в)  $65^\circ$ , г)  $90^\circ$



$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$$

$$l_1 = l_4 = (R_L - R_0) \operatorname{ctg} \alpha$$

$$l_2 = 2R_0 \operatorname{ctg} \alpha$$

$$l_3 = m \operatorname{cosec} \alpha$$

Рис. 5. Схема влияния дизъюнктивного геологического нарушения

$$L = 2(R_L - R_0)ctg\alpha + 2R_0ctg\alpha + m\cos\epsilon\alpha \quad (2)$$

где  $\alpha$  – Угол наклона сместителя дизъюнктива.

$R_L$  – величина зоны неупругих деформаций,

$R_0$  – полупролет выработки

На основе вышеприведенных расчетов были получены следующие зависимости (рис. 6–9).

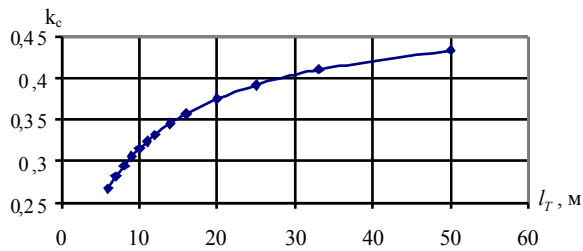


Рис. 6. Влияние расстояния между трещинами на коэффициент структурного ослабления

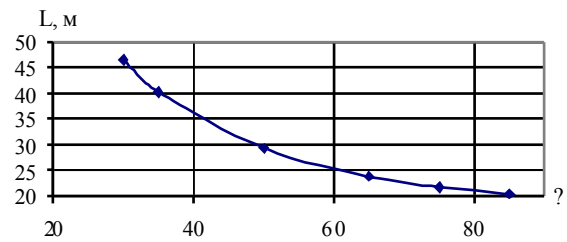


Рис. 7. Зависимость угла наклона сместителя геологического нарушения на его зону влияния

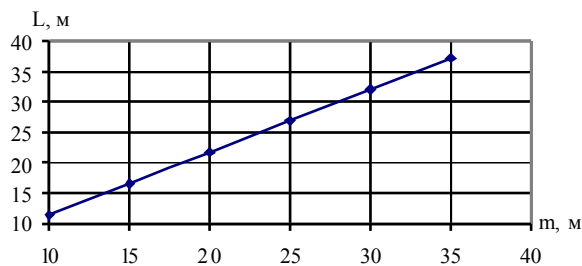


Рис. 8. Влияние мощности геологического нарушения на его зону влияния

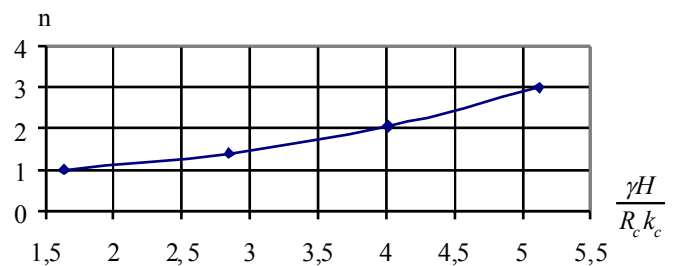


Рис. 9. Влияние комплексного показателя условной разработки на количество устанавливаемых рам на 1 п. м

## ВЫВОДЫ

1. Нагрузка на крепь выработки при ее пересечении геологического нарушения является величиной переменной, она максимальна в центре нарушения и понижается, приближаясь к обычной, у его краев.

2. Предложена методика расчета крепи в выработке при пересечении ею геологического нарушения.

3. При пересечении выработкой зоны влияния геологического нарушения зона неупругих деформаций имеет большие размеры по отношению к протяженному ее участку, расположенному вне зоны влияния дизъюнктива, примерно в 1,5–2,0 раза. Устойчивость выработки на этом участке следует ожидать пониженной.

4. Используя метод конечных элементов были разработаны численные модели геологического разрывного нарушения – сброса, залегающего под различными углами ( $\alpha=35^\circ, 50^\circ, 65^\circ, 75^\circ, 90^\circ$ ), максимально приближенны к реальным горнотехническим условиям. При помощи этих моделей можно с достаточной точностью оценить напряжённно-деформированное состояние породного массива в окрестности выработки, пересекающей геологическое нарушение и оценить ее устойчивость.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шашенко А. Н., Пустовойтенко В. П. Механика горных пород: Підручник для ВУЗів. – К.: Новий друк, 2004. – 400 с.
2. Шашенко А. Н., Сдвижкова Е. А., Кужель С. В. Масштабный эффект в горных породах: Монография. – Д.: АРТ-ПРЕСС, 2004. – 132 с.
3. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. Под. ред. Н. В. Мельникова, В. В. Ржевского, М. М. Протодяконова. М., “Недра”, 1975. 279 с.
4. Разрывные нарушения угольных пластов (по материалам шахтной геологии). - Гарбер И.С., Григорьев В.Е., Дупак Ю.Н. и др. /Л., Недра, 1979. 190с.

УДК 622.235.5:622.016.2

*Яворский А. В., ассистент каф., Андронович Е.В., студент гр. ГС–05,  
НГУ, г.Днепропетровск, каф. БГМ*

### **НАТУРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРОЧНОСТИ УГЛЯ И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В ЗОНЕ ДИЗЬЮНКТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ**

Цель натуральных экспериментов заключалась в определении закономерности, по которой изменяется прочность горных пород и угля в пределах геологического нарушения, установление на этой основе его границ. Прочность горных пород и угля оценивалась по величине предела прочности на одноосное сжатие –  $R_c$ .

Определение предела прочности на одноосное сжатие пород в зоне нарушения, а также его границ, выполнялось применительно к горно-геологическим условиям выработок ш. «Добропольская» и ш. «Алмазная». Для этого были выбраны на каждой из шахт по три выработки (ш. «Добропольская» – 4 северный конвейерный штрек горизонт 450 м, 5 северный конвейерный штрек горизонт 450 м, 6 северный конвейерный штрек горизонт 450 м; ш. «Алмазная» – 5 южный конвейерный штрек горизонт 550 м, 6 южный конвейерный штрек горизонт 550 м, 7 южный конвейерный штрек горизонт 550 м), пересекающие средние и мелкие дизъюнктивные нарушения с амплитудой сместителя от 10 до 20 м.