

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.

Отбор проб для определения предела прочности пород на одноосное сжатие осуществлялся через каждые 2 м в предполагаемой зоне нарушения, методом выбуривания кернов с последующим изготовлением стандартных образцов, их испытание в лаборатории по стандартным методикам (рис. 1).

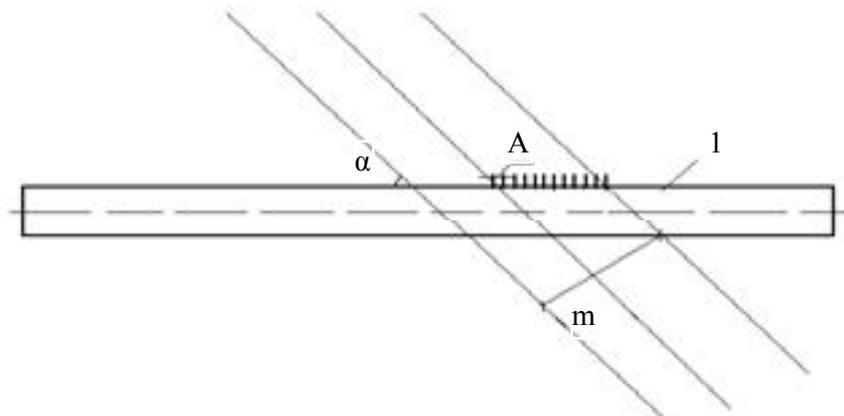


Рис. 1. Схема отбора проб в массиве: 1 – выработка;  $\alpha$  – угол наклона дизъюнктива;  $m$  – ширина дизъюнктива;  $A$  – расстояние между выбуриваемыми кернами.

Проведение исследований по определению той же величины  $R_c$  производилось непосредственно в выработке с помощью молотка Кашкарова. Конструкция эталонного молотка Кашкарова приведена на рис. 2.

Молоток Кашкарова оснащен эталонным стержнем из гладкой арматурной стали длиной 150 мм, диаметром 10–12 мм и шариком диаметром 15,88 мм.

Метод регламентирован ГОСТ 22690.2-77 и основан на наличии связи между прочностью породы  $R_c$  и величиной косвенного показателя, в качестве которого используется отношение диаметров отпечатков, оставленных при ударе молотком на породе и на эталонном стержне.

Молоток Кашкарова относится к приборам динамического действия с эталонном. Устройство молотка позволяет исключить влияние силы удара на результаты измерений, т.к. отпечатки получаются одновременно на породе с неизвестной прочностью и на эталонном стержне с известными характеристиками

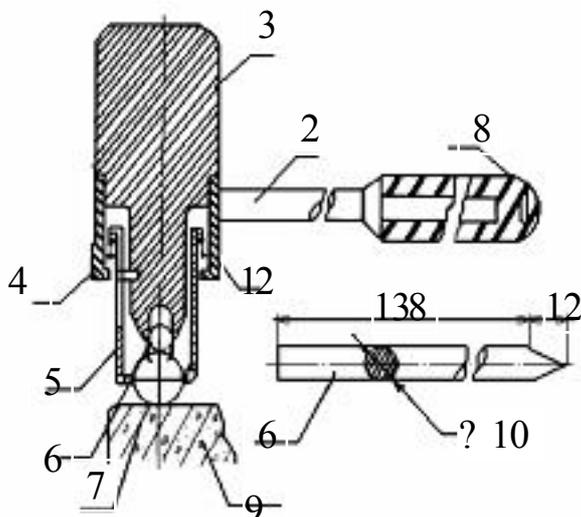


Рис. 2. Конструкция эталонного молотка Кашкарова: 1 – корпус; 2 – металлическая ручка; 3 – головка; 4 – пружина; 5 – стакан с отверстиями для шарика и эталонного стержня; 6 – эталонный стержень; 7 – стальной шарик; 8 – резиновая ручка; 9 – испытываемая поверхность

Оценка прочности горных пород и угля с помощью прибора основана на корреляционной связи между изменяемыми параметрами, т.е. между поверхностью отпечатка и пределом прочности породы (угля) на сжатие.

Отношение диаметров отпечатков практически не зависит от силы скорости и направления удара. На участке поверхности выработки наносят серию ударов с такой силой, чтобы получить достаточно крупные удобные для измерения отпечатки. Способы нанесения удара по испытываемой поверхности горных пород и угля приведены на рис. 3. После каждого удара эталонный стержень сдвигается на расстояние не менее 10 мм.

Испытания в натуральных условиях проводились на предварительно подготовленном участке стенки выработки. Расстояние между отпечатками на подготовленной поверхности составляло не менее 100 мм.

Диаметр отпечатков на породе (угле)  $d_6$  и эталонном стержне  $d_3$  – измерялся с помощью штангенциркуля с погрешностью не более 0,1 мм. Формы отпечатков на поверхности породы и эталонном стержне приведены на рис. 4.

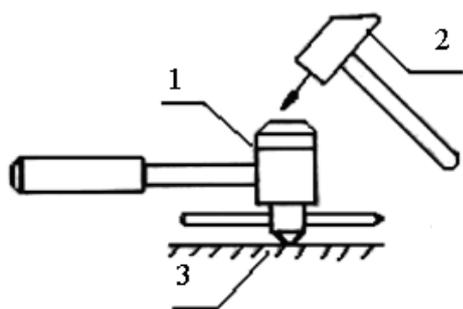


Рис. 3. Схема нанесения удара по испытываемой поверхности: 1 – эталонный молоток; 2 – слесарный молоток; 3 – испытываемая поверхность породы

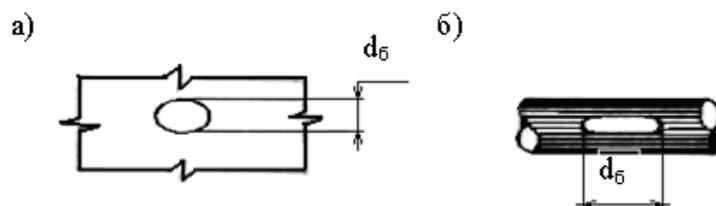


Рис. 4. Форма отпечатков: а – на поверхности породы; б – на эталонном стержне

Между относительной величиной  $S$ , равной отношению диаметра углубления в породе (угле) к диаметру углубления в стандартном стержне и величиной прочности на одноосное сжатие  $R_c$  существует функциональная связь, которая устанавливалась в ходе лабораторных экспериментов.

Для получения формулы, объединяющей это отношение с величиной предела прочности на одноосное сжатие  $R_c$ , были выполнены лабораторные эксперименты. Суть их состояла в следующем. В выработках шахт были отобраны куски угля и породы размером, в среднем  $300 \times 300 \times 300$  мм, в тех же местах, где отбирались керны. На кусках угля и пород определялся предел прочности на одноосное сжатие с помощью молотка Кашкарова. Из кернов изготовлены цилиндрические образцы горных пород и угля с соотношением высоты к диаметру равным 1,8–2,2. Выполнялись одновременно измерения коррелируемых ве-

личин  $S$  и  $R_c$ . Обработка результатов этих лабораторных испытаний позволила получить следующие формулы:

$$\text{для пород} \quad R_c = \frac{3 - \bar{S}}{0,005}; \quad (1)$$

$$\text{для угля} \quad R_c = \frac{2,5 - \bar{S}}{0,004}. \quad (2)$$

Здесь  $\bar{S}$  – среднее значение величины  $S$ .

Отклонение величин  $R_c$ , полученных по стандартной методике и с помощью молотка Кашкарова, не превышало 5–10%.

Методика проведения натурных экспериментов заключалась в следующем:

1. По поверхности подготовленного породного участка наносятся 12 ударов эталонным молотком Кашкарова. Для этого с помощью молотка, зубила и шлифовального инструмента устраивается ровный сухой участок на поверхности породы размером не менее 500x500 мм; на поверхность выбранного участка породы укладывается копировальная бумага и чистые листы. После каждого удара эталонный стержень выдвигается на расстояние не менее 10 мм.

2. Замеряется диаметр отпечатков на бумаге  $d_6$  и диаметр отпечатка на эталонном стержне  $d_9$  (по большей оси отпечатка с точностью до 0,1 мм).

3. Определяется отношение  $S = d_6/d_9$  для каждого удара.

4. Определяется величина предела прочности горной породы (угля) на одноосное сжатие по формулам (1) и (2).

5. Определяется доверительный интервал измеренной величины предела прочности породы, исходя из рассеивания значений  $S$ .

6. При коэффициенте вариаций  $k_g$  больше 12% эксперимент повторяется.

На рис. 5 приведен обобщенный график изменения прочности на одноосное сжатие пород кровли, почвы и угля для условий ГП «Добропольеуголь». Из него следует, что прочность пород и угля в зоне дизъюнктива уменьшается от его границ к центру по слабо выраженной нелинейной зависимости, которая имеет вид:

для пород кровли

$$R_c = 0,0001L^3 - 0,0897L^2 + 3,27L + 25,82; \quad (3)$$

для пород почвы

$$R_c = 0,0001L^3 - 0,0793L^2 + 2,86L + 22,27; \quad (4)$$

для угля

$$R_c = 0,00004L^3 - 0,027L^2 + 0,965L + 6,03, \quad (5)$$

где  $L$  – половина ширины дизъюнктива по длине пересекаемой при проходке выработки.

Для упрощения определения прочности в зоне геологического нарушения для пород почвы, кровли и угля в дальнейших расчетах нелинейная зависимость (3–5) была заменена линейной, которая имеет вид:

для пород кровли

$$R_c = 1,54L + 25,5, \quad (6)$$

для пород почвы

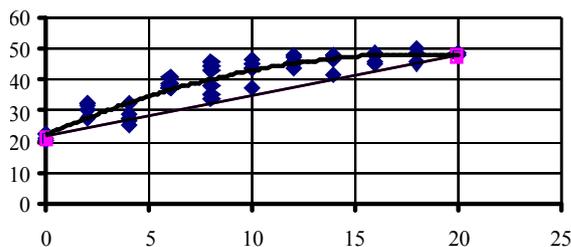
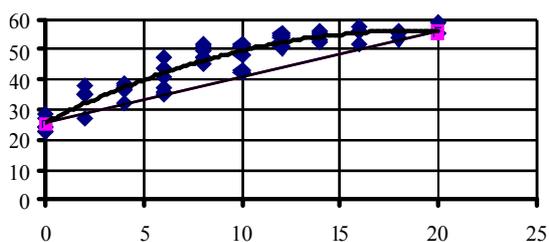
$$R_c = 1,3L + 21,7, \quad (7)$$

для угля

$$R_c = 0,435L + 5,95. \quad (8)$$

а)

б)



в)

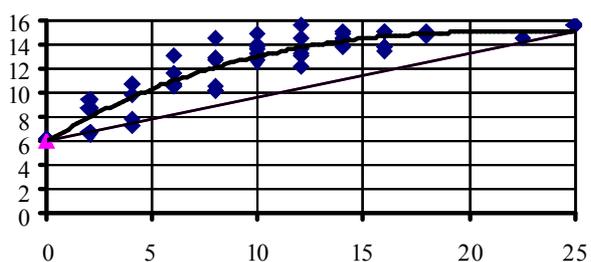


Рис. 5. Обобщенный график изменения прочности пород на одноосное сжатие, для условий ГП «Доброполье-уголь»: а) – кровли; б) – почвы; в) – угля

На рис. 6 приведена зависимость ширины зоны влияния дизъюнктива по нормали к направлению от мощности угольного пласта. Она имеет вид

$$L = 12m_y, \quad (9)$$

где  $m_y$  – мощность угольного пласта.

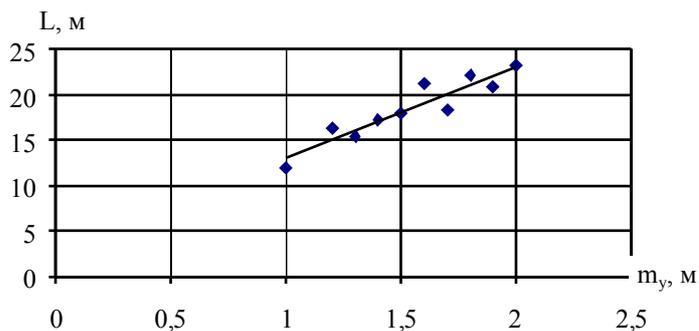


Рис. 6. Зависимость ширины зоны влияния дизъюнктива по нормали к его оси от мощности угольного пласта

## ВЫВОДЫ

1. Зоной влияния дизъюнктива следует считать область массива горных пород, примыкающую к сместителю, в пределах которой в результате тектонических деформаций под действием напряжений происходят изменения физико-механических, технологических и других свойств пород.

2. Для горногеологических условий шахт ГП «Добропольеуголь» ширина зоны влияния дизъюнктивного нарушения по нормали к напластованию составляет примерно 12 мощностей угольного пласта.

3. Прочность пород и угля на одноосное сжатие в зоне дизъюнктива от его центра к периферии изменяется вдоль горизонтальной плоскости по нелинейному закону от некоторой величины  $R'_c$  вблизи сместителя и до величины  $R_c$ , соответствующей прочности пород и угля вне участка, затронутого действием дизъюнктива. В дальнейших исследованиях эта зависимость была принята линейной, что не приводит к существенным ошибкам.

УДК 622.272:624.191.5

Харин С.А., к.т.н., КНЭУ, г. Кривой Рог, Украина

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ТЕМПЫ ПРОВЕДЕНИЯ КВЕРШЛАГОВ

В сложных условиях мирового экономического кризиса отечественная железорудная промышленность продолжает занимать видное место в экономике страны, обеспечивая как внутренние потребности, так и выступая стратегическим экспортером. Известно, что особенностью работы шахт является постоянная необходимость реконструкции предприятий, предусматривающей, в частности, большие объемы строительства горных выработок. Такое строительство необходимо выполнять в срок, поддерживая определенные скорости ведения работ, что всегда было достаточно трудной задачей.