

УДК 622.837:622.016.25

ДИАМЕТР ВЕРТИКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА СТЕПЕНЬ ИХ НАРУШЕННОСТИ ПРИ ПОДРАБОТКЕ

Кулибаба С.Б., Хохлов Б.В.

(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

На основі статистичного оброблення результатів обстежень підроблених шахтних стволів встановлено, що діаметр вертикальних гірничих виробок є чинником, який впливає на ступінь їх порушеності. Визначено вид і параметри рівняння регресії, яке описує залежність порушеності вертикальних гірничих виробок від їх діаметра і ступеня впливу очисних робіт.

Based on statistical processing of the results of inspection of undermined shafts it has been determined that diameter of vertical openings was the factor that influenced their damage. There have been determined the type and parameters of regression equation, which describe dependence of the damage of vertical openings on their diameters and coalface work effect.

В технологической цепочке по добыче угля вертикальные шахтные стволы занимают главное место, поскольку осуществляют связь подземных горных выработок с земной поверхностью. На шахтах Украины для вспомогательных операций (проветривание, откачка воды, энергоснабжения и т.д.) часто используются технические скважины, которые отличаются от вертикальных шахтных стволов способом проходки, видом крепи и диаметром. В процессе эксплуатации вертикальные горные выработки часто попадают в зоны геомеханического

влияния очистных выработок. Поэтому изучение факторов, влияющих на их устойчивость, является важной задачей.

Конструкция крепи вертикальной горной выработки зависит от ее назначения, глубины, диаметра и устойчивости вмещающих пород. Критерием устойчивости пород может служить абсолютный размер (в радиальном направлении) зоны разрушения пород вокруг незакрепленного ствола l_c (м), который определяется следующим соотношением [1]:

$$l_c \approx R \left\{ \left[1 + \sin \varphi \left(2\lambda\gamma H / \sigma_{сж} - 1 \right) \right]^{1/\alpha} - \sqrt{\Pi} \right\}, \quad (1)$$

где R – радиус выработки;

φ – угол внутреннего трения;

λ – коэффициент бокового давления в нетронутым массиве;

γ – объемный вес пород;

H – глубина, м;

$\sigma_{сж}$ – предел прочности пород в массиве на сжатие с учетом структурного ослабления;

$\alpha = 2 \times \sin \varphi / (1 - \sin \varphi)$ – показатель степени длительности нагружения и стойкости;

Π – характеристика пластических свойств пород, определяемая по результатам испытаний пород на одноосное сжатие.

Из данного соотношения следует, что зона разрушения пород вокруг незакрепленной вертикальной горной выработки в нетронутым массиве, тем больше, чем больше ее радиус.

Крепь вертикальной горной выработки в нетронутым массиве, как правило, работает в режиме заданной нагрузки. При жесткопластической модели взаимодействия крепи и горных пород величина нагрузки на крепь может быть представлена как давление сползающего объема, определяемого в горизонтальной плоскости начальным радиусом выработки [1,2]:

$$p = \gamma R / \operatorname{tg} \varphi. \quad (2)$$

Из приведенных выше моделей следует, что нагрузки на крепь вертикальной горной выработки в нетронутым породном

массиве возрастают с увеличением ее радиуса при прочих равных условиях.

В применяемых в настоящее время методах прогноза влияния деформирующегося породного массива на крепь вертикальной горной выработки [3, 4] при воздействии очистных работ ее диаметр либо вообще не учитывается, либо учитывается в недостаточной степени. Рассмотрим влияние данного фактора на состояние крепи вертикальной горной выработки в деформирующемся горном массиве при влиянии очистных работ.

Для оценки влияния диаметра вертикальной горной выработки на степень ее нарушенности в процессе подработки обратимся к экспериментальным данным. Ранее нами была установлена эмпирическая зависимость, описывающая степень нарушенности вертикальных шахтных стволов Y , выраженная в баллах, при влиянии очистных выработок [5]:

$$Y = k(1,48 \ln X + 2,56), \quad (3)$$

где k – коэффициент, учитывающий прочностные свойства околоствольного массива горных пород, равный соответственно 1,0 для каменноугольных районов Донбасса и 0,6 – для антрацитовых.

X – некоторый параметр, учитывающий суммарное влияние очистных выработок на рассматриваемый участок ствола:

$$X = \sum_{k=1}^4 \operatorname{tg}(\chi_k - \delta_0) \quad \text{при } \chi_k \geq \delta_0, \quad (4)$$

где χ_k – угол оконтуривания ствола с k -той стороны (k – число сторон оконтуривания);

δ_0 – граничный угол сдвига.

Для проведения статистической оценки влияния величины диаметра вертикальных горных выработок на степень их нарушенности нами использованы результаты ранее проводимых обследований вертикальных шахтных стволов [5, 6]. Из всех случаев были отобраны только те, в которых влияние на ствол оказывало лишь опорное давление, возникающее в массиве вокруг очистных выработок, проводимых по периферии околоствольных целиков. В полученной таким образом выборке

оказалось 52 участка стволов 30-ти шахт Донбасса, имеющих различную степень нарушенности крепи – от 1 балла (ствол не нарушен) до 3 баллов (нарушения тяжелой степени).

С целью установления наличия зависимости между величиной диаметра ствола и степенью нарушенности его крепи при влиянии очистных выработок, а также для определения ее качественных и количественных параметров, проведем исследование остатков [7], где наблюдаемую величину будет представлять экспертная оценка фактического состояния ствола Y_{ϕ} , а прогнозируемую – степень его нарушенности Y_p , рассчитанная по формуле (3). Тогда первичные остатки Δ_i для k экспертных оценок можно определить следующим образом:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= Y_{\phi 1} - Y_{p1}; \\ \Delta_2 &= Y_{\phi 2} - Y_{p2}; \\ &\dots\dots\dots; \\ \Delta_i &= Y_{\phi i} - Y_{pi}; \\ &\dots\dots\dots; \\ \Delta_k &= Y_{\phi k} - Y_{pk}; \end{aligned} \tag{5}$$

На рис. 1 показан график распределения частоты n_j появления первичных остатков различных значений в интервалах вариационного ряда с шагом в 0,2 балла.

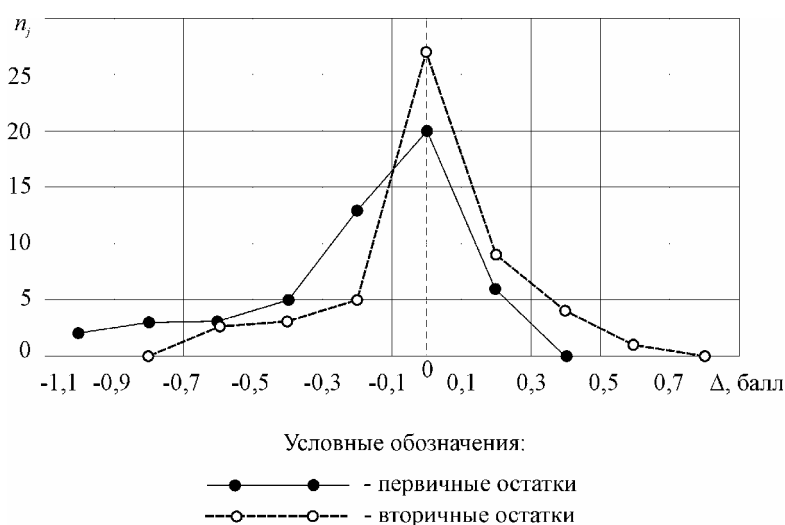


Рис. 1. Графики распределения частоты появления остатков

На графіке прослеживается очевидная асимметрия этого распределения относительно нуля, что говорит о возможном наличии других (одного или нескольких) неучтенных зависимостью (3) влияющих факторов.

Проверим наличие закономерности между величинами диаметров стволов, подвергавшихся влиянию очистных выработок, и степенью их нарушенности. На рис. 2 показан график распределения первичных остатков (5) в зависимости от диаметра стволов в свету D . Его анализ позволяет заключить, что, кроме того, что центр тяжести распределения первичных остатков смещен в отрицательную область графика, также заметна некоторая тенденция к изменению величины остатков с увеличением диаметра стволов. Это подтверждает наше предположение о влиянии диаметра стволов на степень их нарушенности при влиянии очистных выработок.

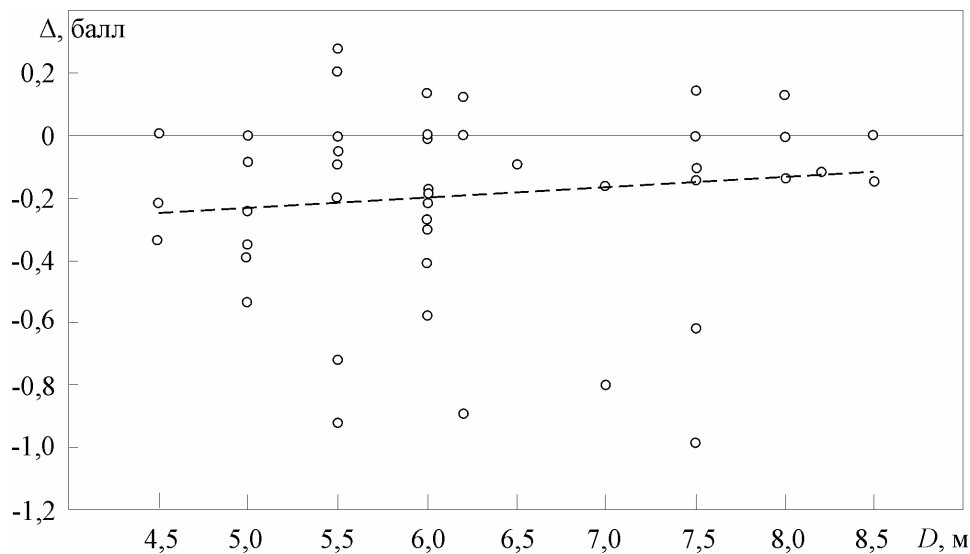


Рис. 2. График распределения первичных остатков в зависимости от диаметра ствола D

Анализ исходных данных позволил установить вид и параметры зависимости, учитывающей совместное влияние на степень нарушенности стволов обоих рассматриваемых факторов – фактора влияния очистных выработок X и диаметра ствола D :

$$Y = (a_0 + a_1 \ln X) \cdot \exp(a_2 \ln D + a_3), \quad (6)$$

где a_i – эмпирические коэффициенты, которые для рассматриваемой выборки равны: $a_0 = 0,576$; $a_1 = 0,373$; $a_2 = 0,222$; $a_3 = 1,027$.

Анализ формулы (6) позволяет сделать вывод о характере влияния величины диаметра ствола на степень его нарушенности. На рис. 3 показан ряд графиков зависимости степени нарушенности Y от диаметра стволов D для нескольких фиксированных значений параметра X , из которых следует, что при воздействии опорного давления на ствол с увеличением его диаметра степень нарушенности крепи возрастает при прочих равных условиях.

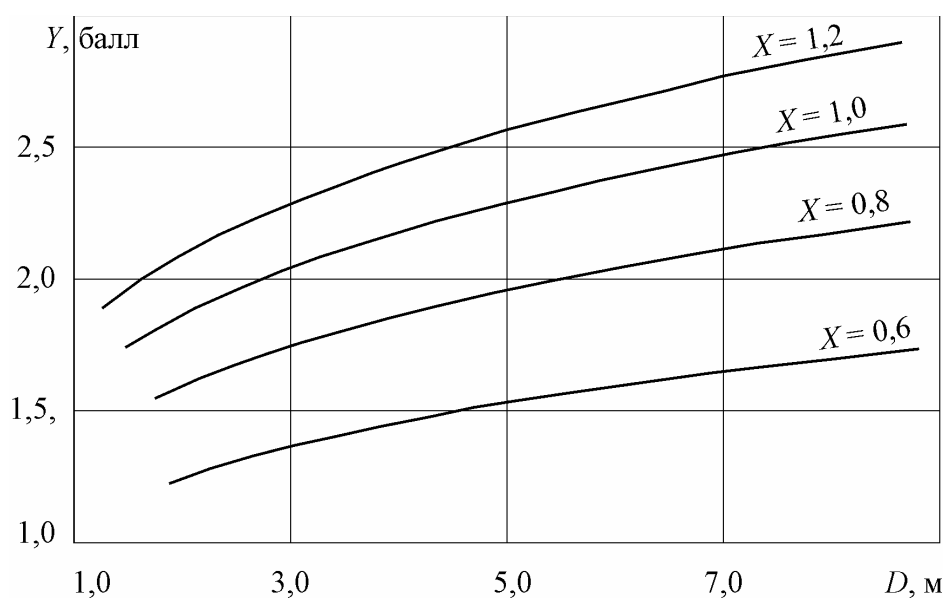


Рис. 3. Графики зависимости степени нарушенности стволов от их диаметра при влиянии очистных выработок

Корреляционное отношение полученного уравнения регрессии (6) составило 0,92, что говорит о хорошей сходимости расчетных значений прогнозируемой величины с фактическими. Исследование вторичных остатков (разности между фактическими и рассчитанными по формуле (6) величинами) показало, что их распределение относительно нуля подчиняется нормальному закону, а, следовательно, их отклонения носят случайный характер (см. рис. 1).

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований можно заключить следующее.

1. Анализ экспериментальных данных показал, что на нарушенность вертикальной горной выработки при подрботке, помимо фактора очистных работ, влияет также ее диаметр, при увеличении которого степень воздействия на нее деформирующегося породного массива возрастает при прочих равных условиях.

2. Определены вид и параметры уравнения регрессии, описывающего зависимость нарушенности вертикальной горной выработки от ее диаметра и степени влияния очистных выработок.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Булычев Н.С., Абрамсон Х.И. Крепь вертикальных стволов шахт. – М.: Недра, 1978. – 301 с.
2. Дашко Р.Э. Механика горных пород: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1987. – 264 с.
3. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Л.: ВНИМИ, 1986. – 222 с.
4. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания: КД 12.01.01.201-98: Утв. Минуглепромом Украины 25.06.98. – Донецк: УкрНИМИ, 1998. – 154 с.
5. Кулибаба С.Б. Прогноз степени нарушенности крепи глубоких вертикальных шахтных стволов при влиянии очистных выработок // Проблеми гірського тиску. – Донецьк: ДонНТУ. – 2002. – Вип. 7. – С. 199-206.
6. Охрана и поддержание глубоких вертикальных стволов в Донбассе: Обзор / В.М. Кулешов, И.А. Южанин, С.Б. Кулибаба, В.А. Дрибан. – М.: ЦНИЭИуголь, 1987. – 31 с.
7. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.