

группе после взрыва образовалась выемка (воронка), глубиной примерно равной 100 мм и протяженностью, примерно на 100 мм большей длины заряда с каждого его торца. Характеристика монозарядов второй испытанной серии приведена в табл. 2.

Таблица 2

Общие сведения о монозарядах второй серии

№№ групп монозарядов	Длина общая, аммонала, см	Масса, г	Объем фактический (занимаемый аммоналом), см <sup>3</sup>	Плотность, (фактическая), г/см <sup>3</sup>	Диаметр монозаряда (верх, середина, низ), мм
1.	96	1350	1205,76	1,13	40,1/40,15/40,5
2.	95	1350	1193,20	1,13	38,5/40,0/40,1
3.	96	1350	1205,76	1,13	40/40,15/40,5

Проведенные испытания показали, что монозаряды, в эластичной шланговой упаковке, изготовленные из порошка скального аммонала безотказно взрываются даже при нарушении полиэтиленовой оболочки и увлажнении взрывчатой смеси до 30%. При этом в стандартных шпурах диаметром 52...53 мм могут применяться монозаряды диаметром 40 мм и длиной 1,0...1,5 м каждый.

#### Библиографический список

1. **Калякин С.А., Шевцов Н.Р.** Обеспечение эффективности и безопасности взрывных работ в шахтах // Уголь Украины. – 2007. - № 6. – С. 30-34.
2. **Деклараційний патент 42247 А Україна.** МКВ F42 В3/103, F42В3/195. Патрон-бойовик для зворотнього способу ініціювання шпурових зарядів / О.Г. Гудзь, М.Р. Шевцов, І.В. Купенко, В.І. Пудак (Україна). Заявл. 05.12.00; Опубл. 15.10.01, Бюл. № 9.

УДК 622.831

*С.Н. Гапеев, к.т.н., доц. каф. СГМ, НГУ, г. Днепропетровск, Украина*  
*А.Е. Янкин, асс. каф. геодезии, НГУ, г. Днепропетровск, Украина*  
*И.В. Сидельник, ст.гр.Гс-03-2 каф. СГМ, г. Днепропетровск, Украина*

### СВЯЗЬ ФОРМЫ КОНТУРА ВЕРТИКАЛЬНОГО СТВОЛА И УСТОЙЧИВОСТИ ЕГО КРЕПИ

Особое место в организации подземного строительства занимают вертикальные выработки – стволы, через которые осуществляют доступ к комплексу подземных объектов различного назначения.

Важной и актуальной народно-хозяйственной задачей являются исследования геомеханических процессов, происходящих в породном массиве в окрестности ствола.

Методом конечных элементов (МКЭ) проводились численные исследования характера влияния различных факторов на напряженно-деформированное состояние (НДС) толщи крепи вертикального ствола. Программой исследований предусматривается решение нескольких задач.

В ходе решения, по полученным значениям компонентов тензора напряжений в материале крепи ( $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau_{xy}$ ) по формуле Парчевского-Шашенко [4] вычислялись значения эквивалентных напряжений  $\sigma_e$  в виде:

$$\sigma_e = \frac{\sqrt{(1-\psi)^2(\sigma_x + \sigma_y)^2 + 4\psi(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 16\psi\tau_{xy}^2} - (1-\psi)(\sigma_x + \sigma_y)}{2\psi}, \text{ МПа,}$$

где  $\psi = \frac{R_t}{R_c}$  – коэффициент хрупкости материала массива;  $R_t$  и  $R_c$  – пределы прочности материала крепи на растяжение и сжатие соответственно, МПа.

Коэффициента устойчивости  $k_y$  материала крепи, определяется в соответствии с выражением:

$$k_y = \frac{R_c}{\sigma_e}.$$

«Идеальная окружность». На рис. 3,а-в представлены картины распределения значений  $k_y$  по различным сегментам первого, расположенного на контуре крепи, кольца конечных элементов, при глубине расположения участка крепи  $H = 600$  м; 800 м и 1200 м и коэффициенте бокового распора  $\lambda = 1,0$ ; 0,75 и 0,5.

Графики показывают, что с увеличением глубины состояние крепи ухудшается, и крепь оказывается совершенно неприемлемой для глубины 1200 м, находясь в критическом состоянии уже с глубины 800 м.

«Внутренний эллипс». Картины распределения значений  $k_y$  в этом случае имеют форму эллипсов (рис. 1, г-е), а распределение  $k_y$  по толщине крепи более равномерно (рис. 2,б), в отличие от окружности (рис. 1,а-в и 2,а).

Отклонение формы контура крепи от идеально круглой к эллиптической негативно сказывается на устойчивости крепи: в случае эллипса ее контур уже при 800 м (рис. 1,д) находится в предельном состоянии ( $k_y = 1$ ).

В обоих случаях (и для окружности, и для эллипса) с уменьшением отношения полуосей  $a/b$  устойчивость крепи падает по степенному закону (рис. 3).

Исследования показали, что, паспортная толщина крепи вертикального ствола, рассчитанная по методике СНиП, действительной для глубины до 600м,

оказывается недостаточной уже с глубины 800 м, что приводит к необходимости введения обоснованных поправок в методику СНИП. Также, в таких расчетах необходимо учитывать отклонение формы контура крепи от идеальной, по-

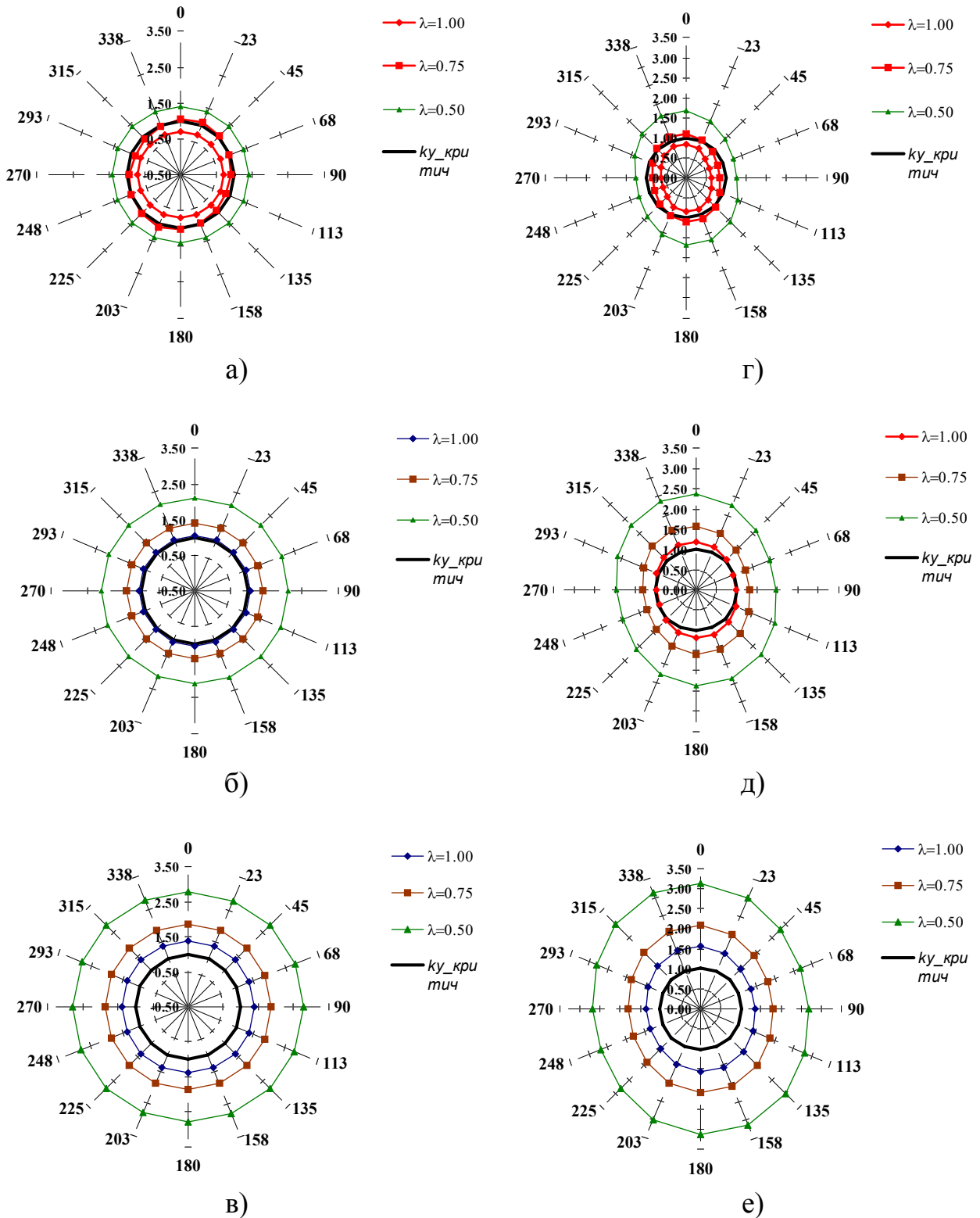


Рис. 1. Значения  $k_y$  в первом кольце конечных элементов для окружности (а-в) и эллипса (г-е) при  $H = 1200$  м (а, г), 800 м (б, д) и 600 м (в, е)

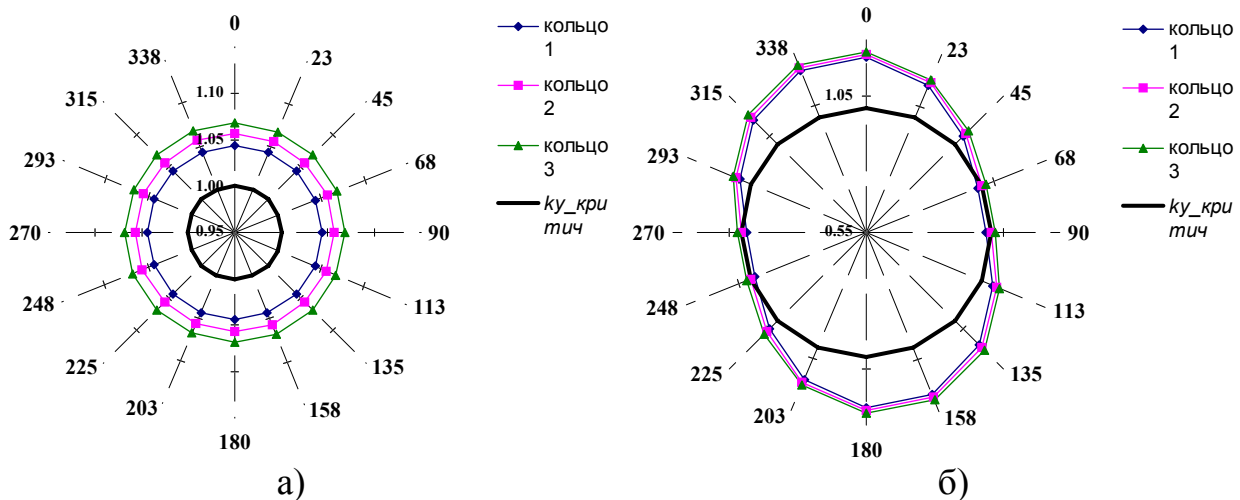


Рис. 2. Значения  $k_y$  в кольцах конечных элементов при  $H = 800$  м и  $\lambda = 1,0$  для окружности (а) и эллипса (б)

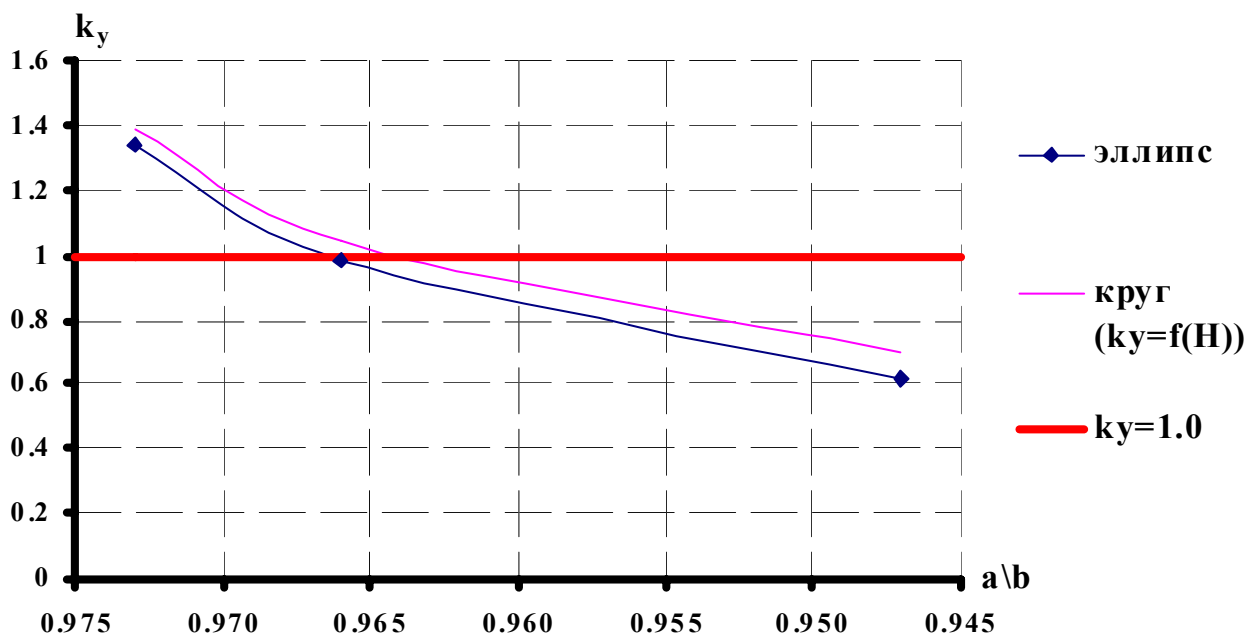


Рис. 3. Зависимость величины  $k_y$  от эллиптичности опалубки ( $a/b=f(H)$ )

скольку в этом случае в теле крепи по ее толщине формируется неравномерное напряженное состояние. В силу большой сложности среды, в которой сооружается и эксплуатируется ствол, локализация факторов, влияющих на формирование отклонений формы контура, имеет в целом случайный характер, поэтому представляется наиболее целесообразным применение для расчетов крепи и решения задач о напряженно-деформированном состоянии геомеханической системы «крепь-массив» методов статистической геомеханики.

### Библиографический список

1. **Бородуля А.А.** Обґрунтування параметрів анкерно-бетонного кріплення під час спорудження сполучень вертикальних стволів вугільних шахт: Автореф. дис. ... канд.техн.наук: 05.15.04 / НГУ.– Дніпропетровськ, 2003.– 20с.
2. **СНиП II-94-80** Подземные горные выработки. Нормы проектирования.– М.: ЦНТП Госстроя СССР, 1982.– 32с.
3. **Прокопова М.В.** Обоснование параметров крепи и жесткой армировки глубоких вертикальных стволов с учетом фактических отклонений от проекта в процессе проходки: Дис. ... канд.техн.наук: 25.00.22.– Новочеркасск, 2004.– 139с.
4. **Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П.** Механика горных пород: Учебник для ВУЗов.– К.: Новый друк, 2004.– 400 с.

УДК 625.224

*Л.Л. Кауфман, к.т.н., горн. инж., г. Нью-Йорк, США*  
*Б.А. Лысиков, к.т.н., проф., И.А. Комышан, студ., каф. СШ и ПС*  
*Дон. НТУ, г. Донецк, Украина*

### КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ КРОВЛИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ США

В угледобывающих странах мира разработаны различные оценки устойчивости кровли угольных пластов. Далее в качестве примера приведен критерий CMRR (Coal Mining Roof Raiting), применяемый в США. Его количественная оценка изменяется от 0 до 100, где показатель 0 характеризует абсолютно неустойчивую кровлю, а показатель 100 – абсолютно устойчивую. Обычный диапазон CMRR в угольных шахтах колеблется в диапазоне 25-200. Если этот показатель меньше 25, кровля обрушается сразу после угледобычи.

Для определения CMRR на первом этапе оценивают единичный показатель UR (Unit Raiting) для каждого отдельного слоя породы (в интервале его пересечения анкерной крепью). С этой целью проводятся специальные испытания растягивающих напряжений. Так, для слабых пород, имеющих поверхности скольжения, чувствительность к влаге, наличие комковатой глины оценка UR = 29. С другого конца шкалы массивный кристаллический песчаник будет иметь UR = 77.

На втором этапе определяют показатель RR (Roof Raiting), представляющий собой общую оценку кровли. Показатель рассчитывается, как оценка UR средневзвешенная по мощности слоев пород, пересекаемых анкерной крепью. Дополнительные пункты к этой оценке прибавляются при наличии в кровле крепких пород мощностью более 0,3 м, вычитаются при слабых контактах ме-