© Н.И. Синкевич, 2006

УДК 622.83

Н.И. Синкевич

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО ГОРНОМУ ДАВЛЕНИЮ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛАХ

Почти во всех теоретических работах, посвященных вопросам горного давления в вертикальных стволах, ранее и по настоящее время наблюдается последовательное изменение основных положений и применяемых методов в натуральных экспериментах.

Профессор С.Г. Лехницкий в своей работе [1] решал задачи о напряжениях в упругом изотропном однородном массиве вблизи вертикальной цилиндрической выработки круглого сечения. Задача решена как плоская, в полярной системе координат.

Исходные напряжения в нетронутом массиве приняты:

по горизонтальным осям

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\mu}{1-\mu} \cdot \gamma h$$

и по вертикали $\sigma_z = \gamma h$.

Вокруг вертикального ствола круглого сечения напряжения концентрируются. Величины напряжений зависят от исходного горизонтального напряжения, размеров выработки и изменяются в зависимости от дальности принятой точки в массиве от выработки и определяются

$$\sigma_r = \frac{\mu}{1-\mu} \cdot \gamma h \left(1 - \frac{r_0^2}{r^2}\right) \quad (1)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\mu}{1-\mu} \cdot \gamma h \left(1 + \frac{r_0^2}{r^2}\right) \quad (2)$$

где h – глубина от поверхности, м; r_0 – радиус ствола, м; r – расстояние от рассматриваемой точки до центра ствола, м.

А профессор П.М. Цимбаревич, рассматривая вопрос о горном давлении [2], считал, что можно решить задачу и о размерах области пониженных напряжений.

Внешний радиус области пониженных напряжений может быть найден из условия

$$\sigma_\theta - \sigma_r = R'_2 \quad (3)$$

Подставив значения σ_θ и σ_r в условие (15) и решив его относительно внешнего радиуса области пониженных напряжений, получим выражение, определяющее r_1

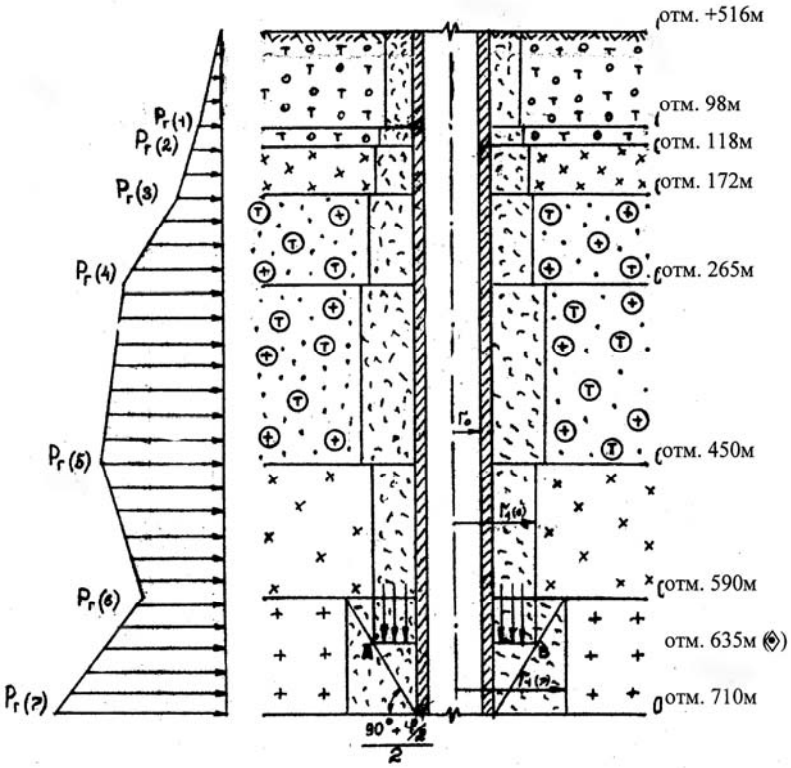
$$r_1 = r_0 \sqrt{\frac{2\mu \cdot \gamma h}{(1-\mu) R'_2}} \quad (4)$$

где r_1 – внешний радиус области пониженных напряжений, м; R'_2 – предел прочности при одноосном сжатии, МПа.

При наличии двух смежных блоков с нарушенной породой (см. рисунок), когда внешний радиус области пониженных напряжений у верхнего блока меньше, чем у нижнего, то высота призмы скольжения у нижнего блока, по П.М. Цимбаревичу [2, 3], должна уменьшаться, а если больше, то увеличиваться.

С развитием области пониженных напряжений автор этой работы связывал необходимую величину податливости крепи, определяя по формуле

$$\Delta = (\xi - 1)\left(\frac{r_1^2}{r_0^2} - 1\right) \quad (5)$$



– туфоконгломераты; – гранодиориты; – граниты;

– плагиограниты; – зона нарушения пород; – бетонная крепь;

Pr(n) – горизонтальная нагрузка на крепь ствола для каждого интервала участка;

φ/2 – угол внутреннего трения в зонах тектонических нарушений; – нагрузка вышележащих нарушенных пород; отм. 635м – место проявления микроудара 20.01.1998г.

Схема к определению горного давления на крепь ствола в скальных породах по методу проф. П.М. Цимбаревича

где ξ – коэффициент разрыхления породы (при ξ=1,01÷1,15 – в стесненных условиях [4]).

Величина давления на крепь ствола вычисляется раздельно для каждого интервала участка

$$P_r = \gamma\, m\, tg^2 \frac{90-\varphi}{2} \qquad (6)$$

где m – мощность разрушенного блока породы, м; φ – угол внутреннего трения, град.

Результаты расчетов величин σ_r, σ_θ, r_1, Δ и P_r, по предложенной выше методике, и μ, φ – по лабораторным испытаниям, а r – по натурным экспериментам, приводим в таблице.

В таблице показано изменение величины компоненты напряжений в зависимости от глубины и внешнего радиуса области нарушенных пород по результатам выше приведенных расчетов. Необходимо отметить, что величины компоненты напряжений, рассчитанные по лабораторным данным определения упругих характеристик горных пород в результате одноосного нагружения образцов, удовлетворительно согласуются с величинами экспериментальных данных, проводимых автором в стволах Абаканского месторождения.

На рисунке показаны изменения внешнего радиуса области пониженных напряжений по глубине при четкой тенденции к увеличению до отметки 450 м, а ниже – уменьшению до 590 м. В интервале глубин с 590 до 710 м эта область возрастает до 15,6 м и воздействует на крепь ствола с возрастающей горизонтальной нагрузкой по глубине ($P_г$ = 196,3 т/м^3), и за счет давления вышележащих нарушенных пород в сосредоточенном направлении к нижележащим породам разбитых трещинами или тектонической глинкой.

При достижении предельной нагрузки, породы в этом интервале (точках А и В) соприкасаются с поверхностью скольжения тектонической глинки, которая находится в этой призме сползания с углом равным $58^0 30'$, при ее геометрических размерах (высота – h = 120 м; внешний радиус области пони-женных напряжений r_1 = 15,6 м). Она, являясь результатом интенсивного дробления, скалывания и истирания исходных пород, дополнительно разуплотняет массив и создает ослабленные плоскости деформирования. Действительно, в этом случае деформированию сползающих блоков пород различных размеров будет препятствовать только реакция со стороны подпорной стенки ствола, поэтому в стволе «Клетевой» на данной глубине 635-639 м от поверхности произошел микроудар.

Результаты натурных экспериментов подтверждают прогнозные оценки, с переходом из одного слоя гранитоидов в другой, происходит изменение условий, соответственно колеблются и результаты измерений напряженного состояния.

В рассматриваемых условиях управление напряженным состоянием в призабойном массиве пород и в крепи вертикальных стволов на длительный срок эксплуатации эффективно обеспечивается применением податливых элементов крепи с глубиной вскрытия, что подтверждено промышленным опыта ряда рудников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лехницкий С.Г.* Определение напряжений в упругом изотропном массиве вблизи вертикальной цилиндрической выработки круглого сечения /С.Г. Лехницкий. Известия АН СССР, ОНТ. – 1938. №7. – с.60-71.
2. *Цимбаревич П.М.* Механика горных пород /П.М. Цимбаревич. – М.: Углетехиздат, 1948. – с. 120-136.
3. *Цимбаревич П.М.* Рудничное крепление /П.М. Цимбаревич. – М.: Углетехиздат, 1951. – с. 51-80.
4. *Турчанинов И.А.* Основы механики горных пород / И.А. Турчанинов, М.А. Иофис, Э.В. Каспарьян. – Л.: Недра, 1989. – с. 21-42.

Коротко об авторах

Синкевич Н.И. – кандидат технических наук, Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк.