

Анализ уравнения (14) показывает, что с увеличением прочности пород КПД взрыва снижается и соответственно снижается КИШ, а с повышением $R_{ср}$, детонационных свойств ВВ и его энергии детонации η_6 и η возрастают приближаясь к единице.

Библиографический список

1. Филипенко Л.Г. К вопросу о вычислении КПД взрыва / Физика горения и взрыва. – Новосибирск: - Наука. – Том 6, № 2. – С. 259-261.

УДК 622.28.044

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АНКЕРНЫХ СИСТЕМ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ФОРМИРУЕМОЙ ПОРОДНО-АНКЕРНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Асс. Сахно И.Г., асс. Негрей С.Г.; асс. Мальшиева Н.Н., ДонНТУ, Донецк, Украина

На протяжении последних лет происходит интенсивное внедрение анкерных систем на угольных шахтах Украины. Это вызвано тем, что традиционное крепление выработок арочной металлической податливой крепью, объем которой на шахтах Донбасса составляет около 90%, практически исчерпало свои возможности. Сейчас наряду с проблемой высоких темпов проведения остро стоит вопрос обеспечения устойчивости выработок при минимальных расходах на их поддержание. Применение анкерных крепей позволяет обеспечить необходимые темпы проведения выработок при сравнительно небольших затратах и высокой безопасности работ. Одним из основных факторов, сдерживающих широкое внедрение анкерных систем на шахтах Украины, является ограниченная область применения анкерной крепи. На наш взгляд область применения анкерных систем можно расширить, если рассматривать анкер не как силовой, а как армирующий горные породы элемент.

Проведенные лабораторные испытания [1] позволили установить, что наряду с плотностью анкерования и длиной анкеров существенное влияние на режим работы породно-анкерной конструкции оказывает схема установки анкерных стержней. Ориентация анкеров по смещенным вдоль оси выработки большим диагоналям куба, нижняя грань которого параллельна плоскости напластования пород, обеспечивает сохранение несущей способности и устойчивости породно-анкерной конструкции при относительных деформациях контура выработки до 10 % от глубины анкерования. Работа затрачиваемая на деформирование образцов закрепленных анкерами с пространственным расположением в 1,71- 3,6 раза при плотности анкерования 0,83 анк./м², 13-15,8 раз при 1,25 анк./м² и 6,6-10,2 при 1,67 анк./м² больше, чем при радиальном их расположении, что говорит об эффективности предлагаемой схемы [2].

Деформационная характеристика создаваемой породно-анкерной конструкции существенно зависит также от мощности и прочности слоев, слагающих непосредственную кровлю, и ширины выработки. Для изучения влияния указанных параметров на работу формируемой в кровле породно-анкерной конструкции до момента начала разрушения было проведено математическое моделирование методом конечных элементов с использованием программного комплекса ANSYS/LS-DYNA. Моделировался участок непосредственной кровли залегающий над выработкой с плоской кровлей. Задача решалась в объемной постановке [3].

Для выполнения упругой стадии решения были заданы упругие свойства – модуль упругости и коэффициент Пуассона. Для решения задачи в заупругой стадии для горных пород были заданы следующие свойства – прочность пород на одноосное и двухосное сжатие, прочность пород на одноосное и двухосное растяжение, коэффициенты передачи сдвига для открытой и закрытой трещин.

Создаваемая в кровле выработки породно-анкерная конструкция представляла собой параллелепипед. Слоистость массива моделировалась при помощи задания контактных пар. Коэффициент трения между слоями был принят равным 0,3.

Было проведено два этапа моделирования: 1 – при традиционной радиальной схеме расположения анкеров и 2 – при пространственной схеме расположения анкеров. При моделировании изменялись следующие параметры: $a_{анк}$ – плотность установки анкеров, анк./м², $n_{слоев}$ – количество слоев, составляющих породно-анкерную конструкцию, шт.; $B_{выр}$ – ширина выработки, м, m_n – мощность n – го слоя пород, м, f_n – прочность n – го слоя пород, МПа. Для сокращения необходимого числа экспериментов был использован метод планирования эксперимента - латинские кубы.

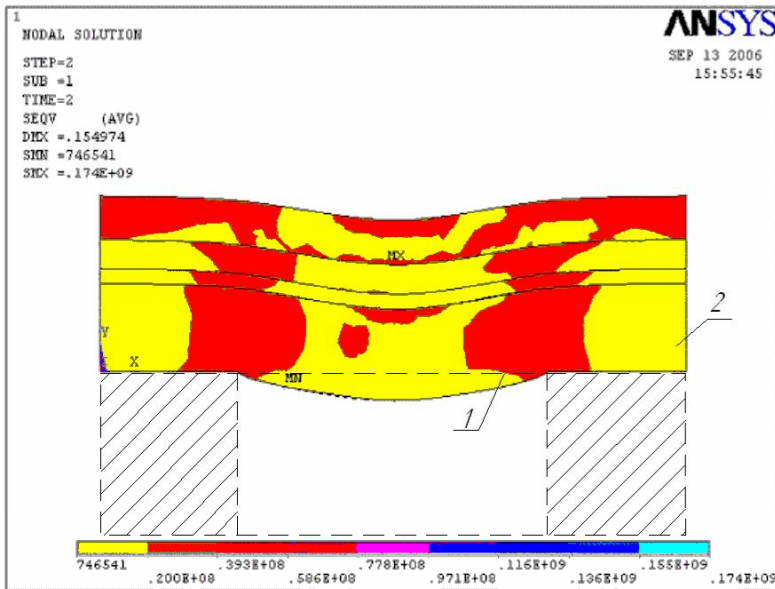


Рис. 1. - Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу в породно-анкерной конструкции при установке анкеров по смещенным диагоналям куба при нагрузке 2,1 МПа: 1 – условный контур выработки; 2 – породы кровли.

На рис. 1 и 2 в графическом виде представлены результаты решения задачи, на ANSYS. Из рисунков видно, что максимальные сжимающие напряжения возникают в углах выработки, максимальные растягивающие – посередине пролета. При этом трещинообразование в породах кровли начинается в середине пролета от растягивающих напряжений, и намного позже появляются трещины выше опор. Развитие трещин в моделируемой конструкции имеет сходный характер с трещинообразованием вокруг прямоугольной выработки, что подтверждает адекватность полученных результатов.

Обработка результатов моделирования производилась методами математической статистики при помощи пакета SPSS. В результате проведенного корреляционного анализа были получены формулы (1-4), позволяющие рассчитывать несущую способность (P_0) и смещения (U_0) породно-анкерной конструкции до момента начала ее разрушения:

при радиальной схеме установки армирующих элементов:

$$U_0 = 1,1685 + 2,4390 \cdot m_1^2 + 0,0007 \cdot f_1^2 + 7,5277 \cdot m_2^2 + 0,0012 \cdot f_2^2 + 6,4106 \cdot m_3^2 + 0,0012 \cdot f_3^2 + 5,9895 \cdot m_4^2 + 0,0011 \cdot f_4^2 + 4,0472 m_5^2 + 0,0037 \cdot f_5^2 + 10,8504 \cdot m_6^2 + 0,0124 \cdot f_6^2 - 0,3836 \cdot a_{анк}^2 + 0,1033 \cdot B_{выр}^2, \quad (1)$$

$$P_0 = 0,1143 + 0,3268 \cdot m_1^2 + 0,0008 \cdot f_1^2 + 0,0056 \cdot m_2^2 + 0,0002 \cdot f_2^2 + 1,3353 \cdot m_3^2 - 0,00003 \cdot f_3^2 + 5,7833 \cdot m_4^2 + 0,0002 \cdot f_4^2 + 0,1680 \cdot m_5^2 + 0,0003 \cdot f_5^2 + 8,7527 \cdot m_6^2 + 0,0065 \cdot f_6^2 + 0,0511 \cdot a_{анк}^2 - 0,0101 \cdot B_{выр}^2; \quad (2)$$

при установке армирующих элементов по смещенным диагоналям куба:

$$U_0 = 3,4333 + 4,3369 \cdot m_1^2 + 0,00006 \cdot f_1^2 + 14,4979 \cdot m_2^2 + 0,0061 \cdot f_2^2 + 13,6985 \cdot m_3^2 + 0,0083 \cdot f_3^2 + 15,8451 \cdot m_4^2 + 0,0056 \cdot f_4^2 + 29,7981 \cdot m_5^2 + 0,0173 \cdot f_5^2 + 47,9118 \cdot m_6^2 - 0,06152 \cdot f_6^2 - 0,3519 \cdot a_{анк}^2 + 0,0913 \cdot B_{выр}^2, \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
P_0 = & 0,3733 + 0,4363 \cdot m_1^2 + 0,0001 \cdot f_1^2 + 0,0136 \cdot m_2^2 + 0,0007 \cdot f_2^2 + \\
& + 2,4754 \cdot m_3^2 + 0,0001 \cdot f_3^2 + 9,3888 \cdot m_4^2 + 0,0008 \cdot f_4^2 + 0,6557 \cdot m_5^2 + \\
& + 0,0001 \cdot f_5^2 + 10,5774 \cdot m_6^2 + 0,0035 \cdot f_6^2 + 0,0697 \cdot a_{\text{анк}}^2 - 0,0173 \cdot B_{\text{выр}}^2.
\end{aligned} \quad (4)$$

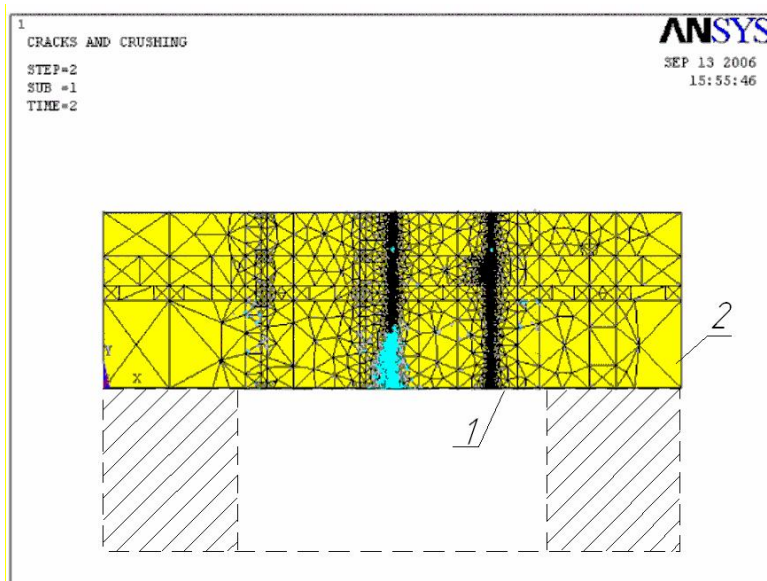


Рис. 2. - Распределение трещин в породно-анкерной конструкции при установке анкеров по смещенным диагоналям куба при нагрузке 2,1 МПа: 1 – условный контур выработки; 2 – породы кровли.

Анализ результатов проведенного математического моделирования позволил установить, что расположение анкеров по смещенным диагоналям куба приводит к повышению несущей способности породно-анкерной конструкции по сравнению с радиальной схемой расположения анкеров в 1-3,3 раз. При этом относительные деформации конструкции с сохранением ее сплошности повышаются в 1-5 раз.

Было установлено, что эффект от применения предлагаемой схемы анкерования проявляется при соблюдении следующих условий:

- отношение общей толщины породно-анкерной кон-

струкции к ширине выработки $h/V_B = 0,3-0,8$;

- отношение минимальной мощности составляющих породно-анкерную конструкцию слоев к ширине выработки $h_i/V_B = 0,06-0,21$;

- количество слоев более 1.

Наибольший эффект достигается при формировании породно-анкерной конструкции из слоев примерно одинаковой мощности.

Проведенные исследования позволили установить область эффективного применения схемы с расположением анкеров по смещенным диагоналям куба. Результаты проведенного математического моделирования будут положены в основу разрабатываемого аналитико-экспериментального метода определения предельных нагрузок и смещений, допускаемых формируемой в кровле выработки породно-анкерной конструкцией.

Библиографический список

1. **Касьян Н.Н.**, Сахно И.Г. Лабораторные испытания влияния схем установки анкеров в массиве слоистой структуры на его нагрузочно-деформационные характеристики // Вісник Криворізького технічного університету. – 2006, № 4(14), С. 34-37.
2. **Сахно И.Г.** Оценка эффективности армировки слоистого породного массива анкерной крепью // Материалы научно-практической конференции “Проблемы подземного строительства и направления развития тампонажа и закрепления горных пород”. – Луганск: Изд-во ВНУ им. Дала. – 2006. – С. 212-218.
3. **Касьян Н.Н.**, Сахно И.Г., Борщевский С.В. Аналитические исследования влияния параметров анкерных систем на нагрузочно-деформационную характеристику создаваемой в кровле выработки породно-анкерной конструкции // Материалы международного научно-практического симпозиума “Современные проблемы шахтного и подземного строительства”. – Алушта, 2006. – Вып. 7. – С. 256-260.