

УДК 622.831
 ДЕМИН В.Ф.,
 ПОРТНОВ В.С.,
 ДЕМИНА Т.В.,
 БАЛАБАС А.Ю.

Автоматизированная среда для расчета параметров анкерного крепления выемочных выработок

В Карагандинском бассейне все большее применение получает анкерная (до 12 %) и комбинированная анкерно-арочная крепь (до 36 % от общего объема проводимых выработок).

Для принятия обоснованных технологических решений по установке параметров анкерной крепи, для ее эффективной эксплуатации на базе геомеханического прогноза состояния горного массива предлагается интеллектуальная информационная система.

Алгоритм созданной интеллектуальной среды состоит в следующем. Параметрами анкерной крепи являются: расчетное сопротивление, податливость, расстояние между анкерами в ряду и между рядами, плотность установки анкеров [1].

Расчет параметров анкерной, комбинированной крепи и средств усиления в зоне временного опорного давления производится с учетом размеров и глубины расположения выработки, способа и параметров ее охраны, прочности, трещиноватости, устойчивости вмещающих пород и интенсивности проявлений горного давления.

В качестве критерия интенсивности проявлений горного давления для расчета и выбора крепи принимают расчетные смещения кровли или боков выработ-

ки с анкерной крепью U_a (м), определяемые по формуле:

$$U_a = U_p \cdot K_a, \quad (1)$$

где U_p – ожидаемые расчётные смещения пород в выработке, м;

K_a – коэффициент уменьшения смещений в выработках с анкерной крепью по сравнению с рамной податливой крепью.

Интенсивность проявления горного давления определяется по величинам смещений кровли ($U_{a\text{кр}}$) и боков ($U_{a\text{бок}}$) выработки. Для расчета и выбора параметров анкерного крепления выработки по смещениям кровли и боков подразделяются на три категории: менее 0,1; от 0,1 до 0,25; более 0,25 м.

Удельную расчетную нагрузку на анкерную крепь $P_{ак}$ определяют в зависимости от расчетных смещений U_a и ширины (высоты) B (h) выработки.

Длину анкеров в кровле выработки $L_{ак}$ определяют по формуле:

$$L_{ак} = \frac{B + 2 \cdot h \cdot \operatorname{tg} \frac{90 - \varphi_{\delta}}{2}}{0.2 \cdot R_{сп} \cdot \eta} + L_1 + L_2, \quad (2)$$

где B и h – ширина и высота выработки в проходке, м;
 R_{cp}^{cp} – расчетное сопротивление сжатию пород в кровле, МПа;
 φ_6 – кажущийся угол внутреннего трения в боках выработки, град.

$$\varphi_6 = \arctg(0.1 \cdot R_{cp}^{\delta o}) \cdot \eta, \quad (3)$$

где $R_{cp}^{\delta o}$ – расчетное сопротивление пород сжатию в боках выработки, МПа;
 η – коэффициент структурного ослабления, зависит от степени трещиноватости пород и изменяется от 0,5 до 1,0 (от сильно- до слаботрещиноватых);
 L_1 – величина заглубления анкера за зону разрушенных пород;
 L_2 – длина части анкера, выступающей в выработку.

Для ограниченно податливой крепи характерна схема работы по упругопластической модели с разрушением. Установка такой анкерной крепи в слабых породах приведет к срабатыванию узла податливости при образовании ближайшей по времени зоны расслоения. Образующийся свод-мост перераспределяет воздействие горного давления от сдвижения вышележащих пород на пяты свода – прилегающие боковые породы, что останавливает процесс формирования вертикальной нагрузки от зон разрушения над крепью выработки. Эффект управления породами кровли состоит в том, что в кровле выработки формируется грузонесущая плита с прочной связью между блоками и повышенной устойчивостью породных обнажений, препятствуя образованию трещин расслоения пород по напластованию (трещин горного давления) и технологических трещин. Поэтому при смещении кровли выработки от 0,1 до 0,25 м крепление и поддержание выработки в течение всего срока службы производят анкерной крепью с податливостью $\Delta a = 0,07-0,12$ м.

При расчетных смещениях кровли U_a от 0,2 до 0,25 м в зоне влияния очистных работ предусматривается усиление анкерной крепи податливыми стойками с сопротивлением 200 кН/м, устанавливаемыми по оси выработки.

При расчетных смещениях кровли $U_a = 0,25-0,35$ м применяется комбинированная крепь, состоящая из анкерной крепи и усиливающей крепи из податливых гидравлических стоек или стоек трения, устанавливаемых в средней части сечения выработок под верхняки между рядами анкеров в зоне влияния опорного давления от очистных работ.

При расчетных смещениях кровли $U_a > 0,35$ мм анкерная крепь применяется в сочетании с рамной податливой крепью, плотность установки подпорной рамной крепи Π (рам/м) при этом определяется из выражения:

$$\Pi = \psi \cdot n_o, \quad (4)$$

где n_o – плотность установки рамной крепи для данных горно-геологических условий, рам/м; ψ – поправочный коэффициент на устойчивость пород, зависит от класса, состава пород и изменяется от 0,5 до 0,7 (от угля до песчаников).

Для выработок, проводимых в массиве и поддерживаемых для повторного использования на границе с выработанным пространством, удельную расчетную нагрузку P_{a-k} во всех условиях следует принимать как при $U_a=0,25$ мм. При этом анкерная крепь применяется в сочетании с усиливающей (типа УКР) и специальной из стоек – ремонтин под продольные профили.

Расстояние между анкерами в ряду (a) определяется по формуле:

$$a = \sqrt{\frac{Q}{P_{ak}}}, \quad (5)$$

где Q – несущая способность одного анкера, кН.

Количество анкеров в ряду определяется соответственно при плоской, арочной кровле и для боков выработки

$$K_k = \frac{B}{a}, \quad K_k = \frac{L_{ce}}{a}, \quad K_k = \frac{h}{a}, \quad \text{шт}, \quad (6)$$

где L_{ce} – периметр свода выработки, м.

Шаг установки анкерной крепи (расстояние между рядами анкеров) определяется соответственно для кровли и боков

$$C_k = \frac{K_k \cdot Q}{B \cdot P_{ak}}, \quad C_6 = \frac{K_6 \cdot Q}{h \cdot P_{ak}}, \quad \text{м}. \quad (7)$$

Расчитанный шаг установки анкерной крепи C_k и C_6 сверяется с требуемой минимальной плотностью установки анкеров (Π), которая должна составлять при устойчивой кровле (прочность пород на одноосное сжатие R_c более 60-80 МПа) плотность установки составляет 1 анкер/м², а согласно проведенным расчетам, при породах средней устойчивости ($30 < R_c < 60$ МПа) – 1,5 анкера/м², неустойчивых породах ($R_c < 30$ МПа) – 2 анкера/м²:

$$C_k \leq \frac{Q}{B \cdot \Pi}, \quad C_6 \leq \frac{Q}{h \cdot \Pi}. \quad (8)$$

Данную задачу в Карагандинском угольном бассейне не ставили, поэтому разработок нет. Существуют отдельные программные продукты по расчетам анкерных крепей горных выработок [2, 3].

Так как программное обеспечение должно использоваться как для расчета параметров, так и представления технологической схемы эксплуатации анкерной крепи, то возможности имеющихся программных продуктов не в полной мере удовлетворяют необходимой функциональности и приведенным выше требованиям.

Для определения параметров технологии анкерного крепления создана объектно-ориентированная модель с программным модулем с использованием общесистемного обеспечения операционной системы *Microsoft Windows XP Professional*. Для разработки автоматизированной системы проектирования применена система визуального программирования *Borland Delphi 7.0* [3], являющаяся приложением *WINDOWS*. Для графической интерпретации результатов использована автоматизированная компьютерная среда *AutoCad 2000 AutoDesk*, а для текстовой информации – текстовый процессор *Microsoft Word XP* из пакета *MS Office XP*.

Логическая модель выполняемых расчетов по заданному алгоритму представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Алгоритм расчета и построение технологической схемы

В качестве исходной информации в программный модуль вводятся следующие данные:

- горно-геологические: угол падения пород, период разработки;

- горно-технические: удельный вес пород; время поддержания подработанной выработки и после надработки; расположение слоев пород; степень трещиноватости массива; характеристика тектонических нарушений; мощность и сопротивление пород в боках и кровле выработки;

- технологические: вынимаемая мощность пласта; класс кровли по обрушаемости; характеристика (сопротивление одноосному сжатию) и мощность слоев пород; тип, высота и поперечное сечение выработки; глубина расположения и назначение выработки; воздействие других выработок и их ширина; расстояние между параллельными выработками; время поддержания выработки; наличие присечной выработки;

- параметры безопасности.

Программа «Расчет параметров анкерных крепей» состоит из трех последовательно отображаемых интерфейсов «Основные параметры выработки», «Слой пород в кровле и боках» и «Определение расчетных нагрузок на анкер» (рисунок 2).

На интерфейсе «Основные параметры выработки» вводятся в систему данные, характеризующие разрабатываемую выработку: характеристики технологических нарушений, тип выработки, размеры выработки и т.д.

На интерфейсе «Слой пород в кровле и боках» задаются параметры, характеризующие слой горных пород: степень трещиноватости массива, расположение слоев пород, сопротивление пород и т.д.

Для расчета параметров анкерной крепи следует перейти на третий интерфейс «Определение расчетных нагрузок на анкер».

После выполнения описанных действий и генерации по заданному алгоритму система отобразит отчет на интерфейсе.

В результате исследований разработана моделирующая информационная интеллектуальная система, позволяющая автоматизировать процесс расчета параметров технологии применения анкерной крепи.

	А	В
1	Параметр	Значение
2	Расчетное сопротивление слоев пород в кровле, МПа	20 310
3	Расчетное сопротивление слоев пород в почве, МПа	31 870
4	Расчетное сопротивление слоев пород в боках, МПа	0,000
5	Действительные смещения пород на контуре выработки со стороны кровли, мм	171 600
6	Действительные смещения пород на контуре выработки со стороны почвы, мм	0,027
7	Действительные смещения пород на контуре выработки со стороны боков, мм	0,008
8	Расчетная вертикальная нагрузка на метр длины выработки, кН	102 300
9	Расчетная горизонтальная нагрузка на метр длины выработки, кН	171 600
10	Расчетная нагрузка на метр длины выработки, кН	0,000

Рисунок 2 – Пример экспортированной таблицы расчетных данных

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на шахтах Карагандинского бассейна / К.К. Элиманов, С.К. Баймухаматов, В.В. Демин и др. Караганда: АрселорМиттал Темиртау, 2008. 88 с.
2. Интернет-сайт www.ixbt.com.
3. Интернет-сайт www.overclocker.ru