

- 2) взрывание с подпорной стенкой перед откосом уступа и пригрузкой его верхней площадки горной массой в специальных зонах;
- 3) применение комбинированных зарядов простейших взрывчатых смесевых ВВ с высокими показателем газовойности;
- 4) использование схем взрывания, обеспечивающих наибольшее соударение породных масс.

На основании имеющегося опыта применения разработанных технологических способов выбраны оптимальные параметры БВР. Наиболее рациональными схемами для узких рабочих площадок уступов ДФДК являются продольно-радиально-волновые, продольно-поперечно-волновые, продольно-клиновидно-волновые и продольно-трапецеидально-волновые.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Механизм взрывного разрушения пород различной структуры / Э.И. Ефремов, В.Д. Петренко, Н.Г. Рева, И.Л. Кратковский. — Киев: Наук. думка. 1984. — 192с.
2. Разрушение горных пород энергией взрыва / Э.И. Ефремов, В.С. Кравцов, Н.И. Мячина и др. — Киев: Наук. думка, 1987. — 264с.
3. Повышение эффективности действия взрыва в твердой среде / В.М. Комир, В.М. Кузнецов, В.В. Воробьев и др. — М.: Недра, 1988. — 207с.

УДК 622.83: 622.28

Л. В. Новикова, В. И. Бузило,
Касем Абдуллах.

ВЛИЯНИЕ УПРОЧНЕНИЯ МАССИВА АНКЕРОВАНИЕМ НА СМЕЩЕНИЯ КОНТУРА ВЫРАБОТКИ

Методом граничних елементів з використанням просторової та плоскої розрахункових схем і моделі лінійно спадкового середовища розв'язується задача визначення параметрів анкерування порід покрівлі взаємовпливових виробок.

Анализ напряжено-деформированного состояния массива спондиловой глины в окрестности взаимовлияющих выработок осуществляется методом граничных элементов на основе комбинации двух расчётных схем и двух моделей деформирования породы. Для учёта особенностей конфигурации исследуемой области массива и её неоднородности используется модель упругой среды и расчётная схема, представляющая собой пространственную область, которая включает три параллельные горизонтальные выработки. Боковые (достаточно протяжённые) выработки поддерживаются тубинговыми обделками. Средняя находится в стадии проходки, имеет конечную длину, причём участок её длиной 1,5 м ещё не закреплён.

Решением пространственной задачи теории упругости для такой области в ней устанавливаются коэффициенты концентрации напряжений по отношению к природному полю. Затем рассматривается плоская расчётная схема - сечение исследуемой области массива, перпендикулярное осям выработок в том месте, где средняя выработка ещё не подкреплена. По найденным коэффициентам концентрации напряжений подсчитываются соответствующие коэффициенты пригрузок и вводится так называемая условная глубина расположения выработок, увеличенная по сравнению с действительной. Для описания деформирова-

ния глины во времени на этом этапе исследований используется теория деформирования линейной наследственной среды. В соответствии с этой теорией модуль упругости определяется через функцию ползучести с учётом того, что наследственные свойства глины описываются степенной функцией $L(t, \tau) = \delta(t - \tau)^\alpha$. По данным ВНИМИ [1] для глины реологические характеристики имеют значения глины $\alpha = 0,832$, а $\delta = 0,0108 \text{ с}^{\alpha-1}$. И плоская и пространственная задача решаются методом граничных элементов в дополнительных напряжениях. Полные напряжения представляются в виде суммы начальных, имевших место до проходки выработок, и дополнительных, обусловленных наличием выработок. Базовым в пространственной задаче является аналитическое решение задачи Ронгведа [2] о разрыве смещений в прямоугольном элементе бесконечной упругой среды.

Дополнительные напряжения в i -ом граничном элементе формируются по принципу суперпозиции как сумма элементарных напряжений, возникающих вследствие разрывов смещений на каждом j -ом элементе $j=1, 2, \dots, N$. Граничные условия записываются в виде

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^N (A_{zx}^{i,j} D_x^j + A_{zy}^{i,j} D_y^j) &= \tilde{\sigma}_{zx}^i, \\ \sum_{j=1}^N (A_{yx}^{i,j} D_x^j + A_{yy}^{i,j} D_y^j) &= \tilde{\sigma}_{zy}^i, \\ \sum_{j=1}^N A_{zz}^{i,j} D_z^j &= \tilde{\sigma}_{zz}^i. \end{aligned} \quad (1)$$

В этих уравнениях $A_{zx}^{i,j}, \dots, A_{zz}^{i,j}$ есть коэффициенты влияния напряжений, определяемые по формулам базового аналитического решения. Правые части уравнений (1) равняются либо $(\sigma_{zx})_0 = (\sigma_{zy})_0 = -\lambda \gamma H$ и $(\sigma_{zz})_0 = -\gamma H$, если элемент принадлежит массиву, либо $-G^i D_x^i / h$, $-G^i D_y^i / h$, и $-E^i D_z^i / h$, если элемент расположен на обделке. Здесь H - глубина расположения выработок, м; γ - плотность породы, т/м³; $\lambda = \frac{\nu}{1-\nu}$ - коэффициент бокового распора; ν - коэффициент Пуассона породы; G^i и E^i - модули сдвига и упругости материала i -ого элемента, МПа; h - мощность граничного слоя, м.

В соответствии с граничными условиями (1) для каждого из N элементов формируется система $3N$ линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных "фиктивных" разрывов смещений D_x^i, D_y^i, D_z^i .

В результате решения полученной системы уравнений определяются величины D_x^i, D_y^i, D_z^i , по которым с помощью соотношений базового решения отыскиваются напряжения и перемещения в любой точке исследуемой области массива и обделки.

Плоская задача также решается методом граничных элементов, но в форме

фиктивных нагрузок с использованием аналитического решения известной задачи Кельвина [3].

Конкретные расчеты выполнены применительно к ситуации, которая имела место при строительстве трёхсводчатой станции Киевского метрополитена при следующих исходных данных: глубина расположения выработок $H = 80$ м; радиусы обделки средней выработки $R_1 = 4,35$ м и $R_2 = 4,8$ м; радиусы обделок боковых тоннелей $R_1' = 4,05$ м и $R_2' = 4,25$ м; Расстояние между осями средней и боковой выработок $l/2 = 11,05$ м; физико-механические характеристики спондиловой глины: $E = 300$ МПа; $\nu = 0,34$; $\gamma = 1,94 \text{ т/м}^3$; $\sigma_c = 0,9$ МПа; $\sigma_p = 0,18$ МПа.

Материал обделки: бетон марки М220.

Коэффициенты концентрации напряжений, полученные решением описанной пространственной задачи, в рассматриваемом плоском сечении имеют значения $K_x = 1,1$ и $K_y = 1,2$. Рассматривался наиболее опасный момент времени $t = 300$ суток от начала строительства.

Выполненные расчёты показали, что для того, чтобы избежать недопустимых деформаций боковых обделок в процессе проходки среднего тоннеля на данном этапе строительства, анкеры должны иметь несущую способность $P_a = 3,2$ т, длину $l_a = 2,8$ м, устанавливаться в кровле боковых тоннелей по окружности в секторе с центральным углом $\varphi = 124^\circ$ с плотностью 4 анк./м и с такой же плотностью - вдоль тоннелей. Длина анкера определялась исходя из максимальной протяжённости зоны предельного напряжённого состояния пород, которая устанавливалась по критерию Парчевского-Шашенко [4].

При использовании анкеров с указанными параметрами коэффициент уменьшения максимальных радиальных смещений обделок составляет 1,26, максимальные смещения обделок не превосходят допустимых значений и получаются равными 2,47 см в сводах и 0,16 см - в боках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булычев Н. С., Амосин Б. З., Оловянный А. Т. Расчет крепи капитальных горных выработок.-М.: Недра, 1974.-С.75.
2. Крауч С., Старфилд А. Метод граничных элементов в механике твердого тела.- М.: Мир, 1987.- 328 с.
3. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1979.- С.375-377.
4. Парчевский Л. Я., Шашенко А. Н. О размерах области пластических деформаций вокруг горных выработок // Изв. вузов. Горный журнал. - 1988.- №3.- С. 38-43.

УДК 622.760

А.С. Кириарский

СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ГИДРОСМЕСИ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ВИНТОВОГО СЕПАРАТОРА

Розглянуто рішення задачі динаміки гвинтового турбулентного масопереносу та запропонована система рівнянь руху гідросуміші в робочій зоні гвинтового сепаратора.

Всякий гидродинамический процесс при мокром обогащении полезных ископаемых, включая и мокрую винтовую сепарацию, является турбулентным, поэтому описание динамики винтового потока может основываться на общих уравнениях турбулентного потока на закруглении.