

незакрепленной выработкой. Следовательно, предварительно обжатая цилиндрическая пружина повышает ее устойчивость выработки.

В заключение, отметим, что необходимый диаметр поперечного сечения стержня в безразмерном виде может быть определен по формуле

$$\bar{d} \leq \frac{[\sigma]}{G \bar{M}_p}, \quad (28)$$

вытекающей из условия прочности.

Здесь G – модуль сдвига материала стержня,

$[\sigma]$ – его допускаемые напряжения,

$$\bar{d} = \frac{d}{R} \text{ и } \bar{M}_p = \sqrt{\bar{M}_1^2 + m^2 \bar{M}_2^2} \text{ – безразмерные диаметр стержня и расчетный момент .}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкции крепей. -М.: Недра. - 1992. - 544 с.
2. Лурье А.И. Теория упругости. - М.: Наука. - 1970. - 940 с.
3. Черданцев С.В. Нелинейные уравнения равновесия пространственного винтового стержня. // Вестн. КузГТУ. -Кемерово, 2000, № 1 - С. 12 - 17.
4. Ращевский П.К. Курс дифференциальной геометрии. - М.: Гос. изд.-во техн.-теор. Литературы. - 1956. - 420 с.

□ Авторы статьи:

Черданцев

Николай Васильевич

- канд. техн. наук, докторант каф.
строительства подземных сооруже-
ний и шахт

Черданцев

Сергей Васильевич

- канд. техн. наук, доц.
каф.строительства подземных со-
оружений и шахт

УДК 622.241.54

Н. В. Черданцев

ЗОНЫ НАРУШЕНИЯ СПЛОШНОСТИ В ОБЛАСТИ СОПРЯЖЕНИЯ ДВУХ ВЫРАБОТОК КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ

Задача распределения напряжений в окрестностях горных выработок и их сопряжений является важной в механике подземных сооружений, поскольку позволяет при использовании критериев разрушения материала массива определять зоны нарушения сплошности,

оценить устойчивость выработок, а, следовательно, и нагрузку на крепь. Ниже приводится решение задачи определения зон нарушения сплошности в области сопряжения двух выработок круглого поперечного сечения, оси которых пересекаются под углом в (рис. 1).

Задача о напряжённом состоянии вокруг выработок формулируется следующим образом [1- 3]: вертикально вдоль координатной оси z на бесконечный упругий массив действуют напряжения $\sigma_z^\infty = \gamma H$, горизонтально вдоль осей x , y действуют напряжения

$$\sigma_x^\infty = \sigma_y^\infty = \lambda \gamma H,$$

где λ - коэффициент бокового давления. Внутри массива имеется произвольных размеров и формы полость, имитирующая заданную выработку. На всей поверхности выработки или какой-то её части изнутри приложены напряжения F , которые могут создаваться, например, реакцией крепи. Требуется найти напряжённое состояние в любой точке массива вокруг выработки.

В работе для определения

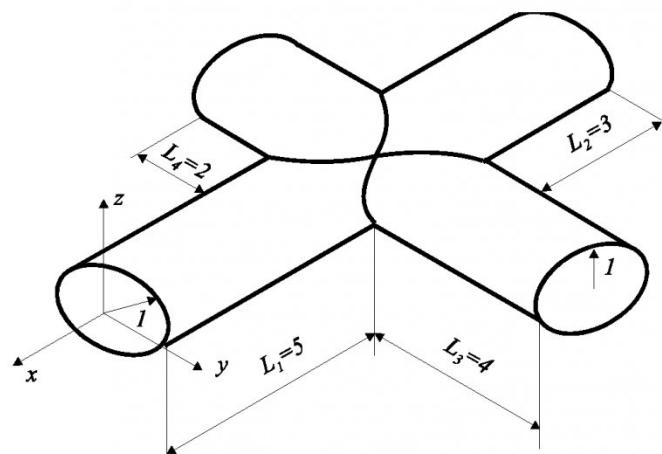


Рис. 1. Сопряжение двух выработок квадратного поперечного сечения

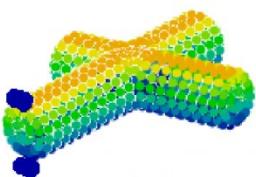


Рис. 2. Зона нарушения сплошности в торцевом сечении основной выработки: $x=0$

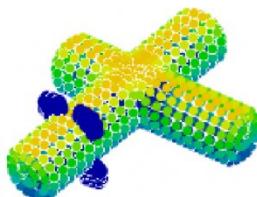


Рис.3. Зона нарушения сплошности в среднем сечении основной выработки: $x=-2,5$

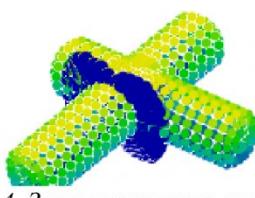


Рис. 4. Зона нарушения сплошности в сечении основной выработки на стыке с боковой: $x=-5$

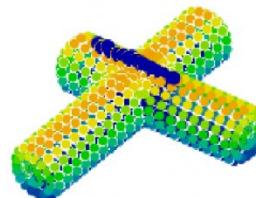


Рис. 5. Зона нарушения сплошности в сечении, совпадающем с продольной плоскостью боковой выработки: $x=-6$

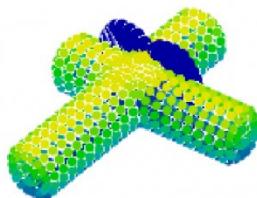


Рис. 6. Зона нарушения сплошности в сечении основной выработки на стыке с боковой: $x=-7$

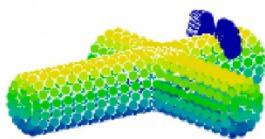


Рис. 7. Зона нарушения сплошности в сечении $x=-8,5$

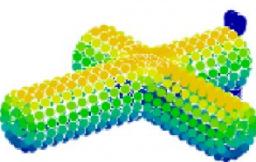


Рис. 8. Зона нарушения сплошности в торцевом сечении основной выработки: $x=-10$

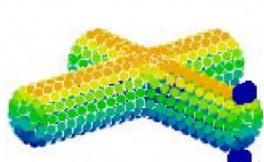


Рис. 9. Зона нарушения сплошности в сечении боковой выработки: $x=-6; y=5$

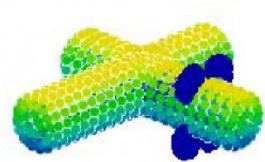


Рис. 10. Зона нарушения сплошности в сечении боковой выработки: $x=-6; y=3$

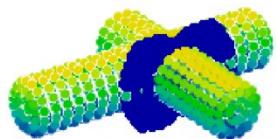


Рис. 11. Зона нарушения сплошности в сечении боковой выработки: $x=-6, y=1$

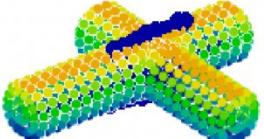


Рис. 12. Зона нарушения сплошности в сечении боковой выработки: $x=-6, y=0$

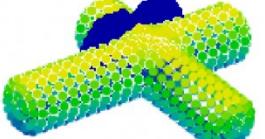


Рис. 13. Зона нарушения сплошности в сечении боковой выработки: $x=-6, y=-1$

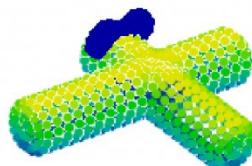


Рис. 14. Зона нарушения сплошности в сечении боковой выработки: $x=-6, y=-2$

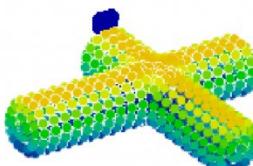


Рис. 15. Зона нарушения сплошности в сечении боковой выработки: $x=-6, y=-3$

напряжённого состояния вокруг выработок используется метод граничных интегральных уравнений [4 - 6]. Сущность метода заключается в следующем.

К поверхности полости прикладывается компенсирующая нагрузка некоторой интенсив-

ности. Суммарные напряжения от действия внешней нагрузки и от компенсирующей в каждой точке полости должны удовлетворять условиям на поверхности (граничным условиям) [5].

Напряжения от компенсирующей нагрузки определяют-

ся интегрированием по решению Кельвина о действии единичной сосредоточенной силы, приложенной внутри упругого пространства, в пределах поверхности полости. В результате этого условия на поверхности приводятся к интегральному

уравнению, идентичному по структуре интегральному уравнению Фредгольма второго рода [5]. Полученное уравнение решается численно.

Поверхность полости заменяется конечным числом плоских фигур (элементов). Границные условия формулируются в центрах тяжестей этих элементов, и интегральное уравнение сводится к системе алгебраических уравнений.

После решения полученной системы уравнений, напряжения в каждой точке массива определяются суммированием напряжений от внешней и действия компенсирующей нагруз-

зок. Подробно об интегральных уравнениях для плоской и объёмной задач и соответствующих им алгебраических см. в [7].

Разрушенные области или зоны нарушения сплошности вокруг выработки находятся как совокупность точек, в которых произошло разрушение материала по критерию прочности Мора. Рассматриваемый массив имеет горизонтальные поверхности ослабления, на которых коэффициент сцепления $K=0$ и угол внутреннего трения $\varphi = 20^\circ$. Коэффициент бокового давления принят $\lambda=1$.

Для численной реализации

задачи применялся пакет MATHCAD. Напряжения вычисляются в безразмерных единицах, отнесённых к γH . Размеры выработок тоже в относительных величинах. После нахождения напряжений находятся области разрушения, так называемые зоны нарушения сплошности (З. Н.С.) материала вокруг выработки.

На рис. 2 - 15 показаны зоны нарушения сплошности в виде затемнённых областей в ряде сечений вокруг основной и боковой выработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баклашов И. В., Картозия Б. А. Механика подземных сооружений и конструкции крепей. М.: Недра. - 1992. - 544.
2. Булычёв Н. С. Механика подземных сооружений. - М.: Недра. - 1994. - 382 с.
3. Ержанов Ж. С., Изаксон В. Ю., Станкус В. М. Комбайновые выработки шахт Кузбасса. Опыт поддержания и расчёт устойчивости. Кемерово, 1976. 216 с.
4. Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов. - М.: Мир. - 1987. - 525 с.
5. Лурье А. И. Теория упругости. - М.: Наука. - 1970. - 940 с.
6. Метод граничных интегральных уравнений. Вычислительные аспекты и приложения в механике. Под ред. Т. Круза и Ф. Риццо. - М.: Мир. - 1978. - 210 с.
7. Метод граничных интегральных уравнений в задачах механики подземных сооружений / Черданцев Н. В., Шаламанов В. А. // Вестник КузГТУ. 2003. № 4. С. 9 - 13.

□ Автор статьи:

Черданцев
Николай Васильевич
- канд. техн. наук, докторант каф.
строительства подземных сооруже-
ний и шахт

УДК 622.271.4

И.А. Паначев, М.Ю. Насонов, К.В.Антонов

О ПОВЕДЕНИИ КРУПНОКУСКОВОЙ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ ПРИ ВДАВЛИВАНИИ В НЕЕ ЖЕСТКИХ ШТАМПОВ

К числу наиболее опасных повреждений металлоконструкций экскаваторов относятся трещины. Процесс их образования и роста может привести к серьезным авариям, для предотвращения которых проводятся ремонтные работы по зачистке трещин. Сроки проведения этих работ назначаются инженерно-техническими ра-

ботниками разрезов интуитивно, на основе личного опыта. При этом в большинстве случаев трещины устраняются задолго до критического размера, по достижении которого происходит разрушение конструкции. Указанные обстоятельства ведут к излишне частым остановкам экскаваторов и необоснованному увеличению времени

простояев экскаваторов, что вызывает снижение их производительности. Кроме того, переварки трещин приводят к дополнительному увеличению концентрации напряжений в зонах сварных швов и способствуют быстрому накоплению в этих зонах дефектов. Поэтому частое проведение сварочных работ по устранению трещин