

Н. В. Черданцев

## ЗОНЫ НАРУШЕНИЯ СПЛОШНОСТИ ВОКРУГ ВЫРАБОТОК С НЕТИПОВЫМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ СЕЧЕНИЯМИ

Решение задачи определения напряжённого состояния и зон нарушения сплошности вокруг одиночной протяжённой незакреплённой горной выработки типового поперечного сечения приводится в ряде работ [1,2, 3]. Однако, для выработок с нестандартной формой поперечного сечения

нам пластины вертикально и горизонтально приложены напряжения, соответственно,  $\sigma_z^\infty = \gamma H$ ,  $\sigma_y^\infty = \lambda \gamma H$ , где  $\lambda$  - коэффициент бокового давления. быть нагружен силами (рис. 1).

Для решения поставленной задачи наиболее эффективным является метод граничных инте-

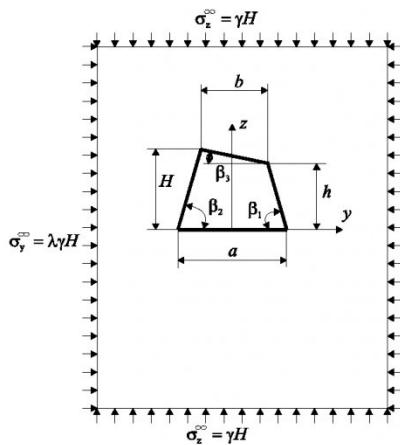


Рис. 1. Расчётная модель задачи

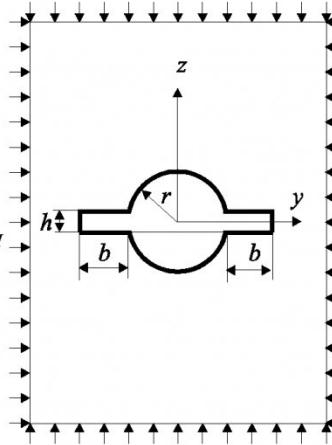


Рис. 2. К расчёту круглой с центральным вырезом выработки

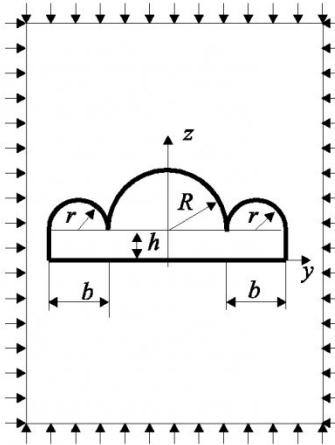


Рис. 3. К расчёту выработки пилонного типа

определять напряжённое состояние значительно сложнее так как задача в этом случае, если использовать метод функций комплексного переменного, значительно усложняется поиском отображающей функции [4].

В этой статье показано, что подобного рода задачи решаются методом граничных интегральных уравнений. Постановка задачи следующая: в прямоугольной пластине бесконечных размеров, стороны которой ориентированы горизонтально и вертикально имеется отверстие, имитирующее поперечное сечение горной выработки; по сторо-

грачных уравнений [5 - 7]. Сущность метода заключается в следующем. К контуру отверстия прикладывается компенсирующая нагрузка некоторой интенсивности. Суммарные напряжения от действия внешней нагрузки и от компенсирующей в каждой точке контура выработки должны удовлетворять условиям на поверхности (граничным условиям) [6]. Напряжения от компенсирующей нагрузки определяются следующим образом. Имеется решение Кельвина о действии сосредоточенной силы, приложенной внутри упругого пространства. Напряжения от компенсирующей на-

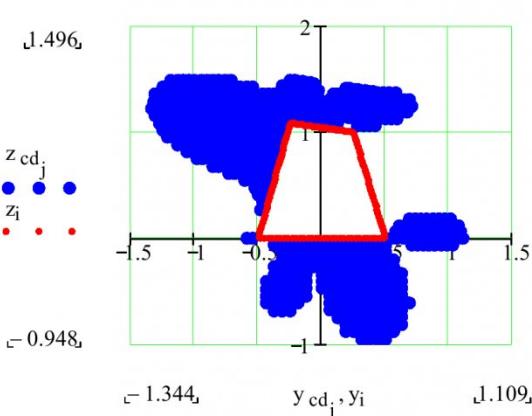


Рис. 4. Зоны нарушения сплошности вокруг трапециевидного отверстия  $a=1$ ,  $b=1/2$ ,  $h=1$ ,  $H=1,088$ ,  $\lambda=1$ ,  $\beta_1=76^\circ$ ,  $\beta_2=78^\circ$ ,  $\beta_3=10^\circ$

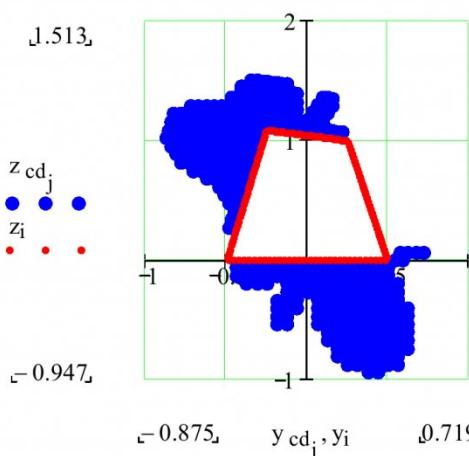


Рис. 5. Зоны нарушения сплошности вокруг трапециевидного отверстия  $a=1$ ,  $b=1/2$ ,  $h=1$ ,  $H=1,088$ ,  $\lambda=0,5$ ,  $\beta_1=76^\circ$ ,  $\beta_2=78^\circ$ ,  $\beta_3=10^\circ$

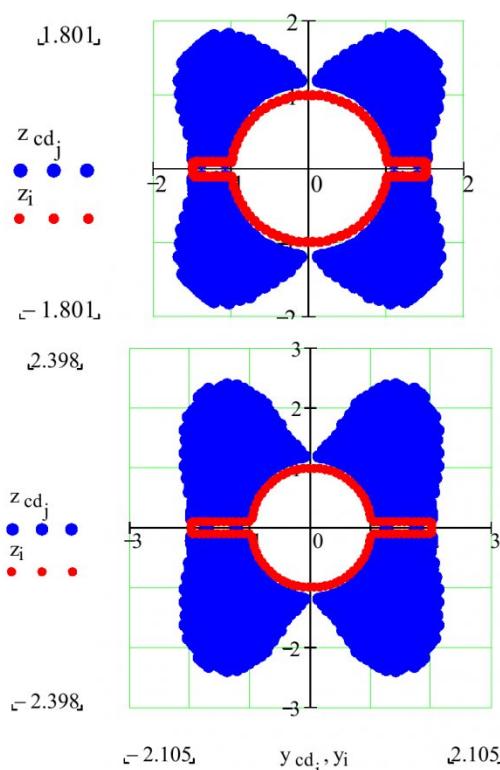


Рис. 7. Зоны нарушения сплошности вокруг круглого с центральным горизонтальным вырезом отверстия  $\lambda=1, h=0,2, b=1, r=1$

грузки определяются интегрированием по решению Кельвина в пределах контура отверстия. В результате этого условия на поверхности приводятся к интегральному уравнению, идентичному по структуре уравнению Фредгольма второго рода [6]. Полученное уравнение решается численно. Контур выработки заменяется конечным числом прямолинейных отрезков. Границные условия формулируются в центрах этих отрезков, и уравнение сводится к системе алгебраических уравнений. После решения полученной системы уравнений, напряжения в каждой точке массива определяются суммированием напряжений от внешней и действия компенсирующей нагрузок [8].

Разрушенные области или зоны нарушения сплошности вокруг выработки находятся как совокупность точек, где произошло разрушение по критерию прочности Мора. Рассматриваемый массив имеет горизонтальные поверхности ослабления, где коэффициент сцепления  $K=0$  и угол внутреннего трения  $\varphi=20^\circ$ .

Здесь приводятся результаты расчётов зон нарушения сплошности вокруг выработки с сечением несимметричной трапеции (рис. 1), круглой выработки с центральным горизонтальным вырезом (рис. 2) и выработки с сечением пylonного типа (рис. 3), находящихся в условиях плоского

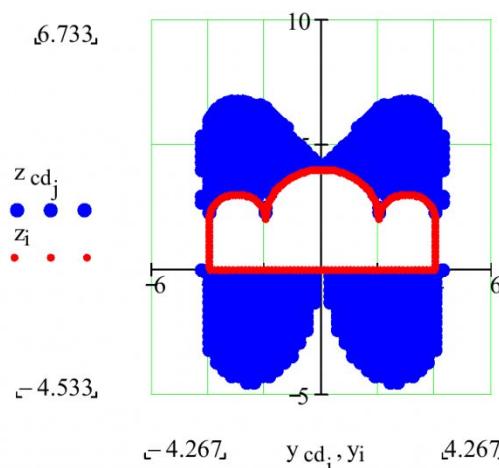


Рис. 8. Зоны нарушения сплошности вокруг выработки пylonного типа  $\lambda=1, h=1, R=2, r=1$

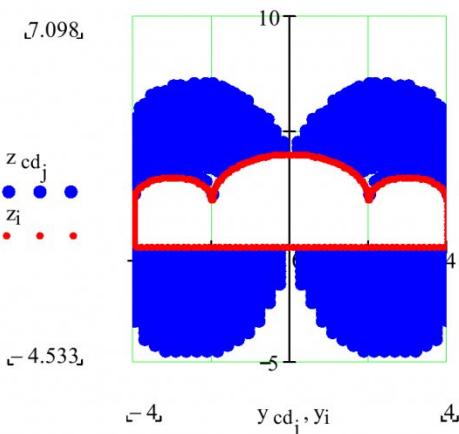


Рис. 9. Зоны нарушения сплошности вокруг выработки пylonного типа  $\lambda=0,5, h=1, R=2, r=1$   
деформированного состояния.

Для численной реализации задачи применялся пакет MATHCAD. На рис. 4, 5 показаны зоны нарушения сплошности в виде затенённых областей вокруг выработки с несимметричным трапециевидным сечением при различных значениях геометрических размеров и величин  $\lambda$ , на рис. 6, 7 аналогичные зоны для круглой выработки с центральным горизонтальным вырезом и рис. 8, 9 относятся к выработке пylonного типа. Очертание сводов - полуокружности, причём радиус центрального свода вдвое больше радиусов крайних.

Напряжения вычисляются в безразмерных единицах, отнесённых к  $\gamma H$ . Размеры отверстия тоже в относительных величинах.  $y_i, z_i$  - координаты выработки,  $y_{cdj}, z_{cdj}$  - координаты области разрушения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 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. Мусхелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука. - 1966. - 708.
5. Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов. - М.: Мир. - 1987. - 525 с.
6. Лурье А. И. Теория упругости. - М.: Наука. - 1970. - 940 с.
7. Метод граничных интегральных уравнений. Вычислительные аспекты и приложения в механике. Под ред. Т. Круза и Ф. Риццо. - М.: Мир. - 1978. - 210 с.
8. 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 кафедры строительства подземных сооружений и шахт

УДК 622.831

**К. А. Филимонов**

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ПОДВИГАНИЯ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ НА РАЗРУШЕНИЕ КРОВЛИ

Из практики разработки пологих пластов механизированными комплексами известно, что на процесс разрушения кровли оказывают влияние различные факторы и условия разработки. Главным фактором, влияющим на процесс разрушение кровли, является напряженное состояние в разрушающемся слое кровли. В свою очередь при подвигании забоя происходит изменение напряженного состояния, а значит изменяется интенсивность процесса разрушения. Эти положения были учтены при разработке модели разрушения кровли [1], соглас-

но которой секущие трещины, отделяющие блоки кровли от массива, зарождаются под действием максимальных касательных напряжений  $\tau_{xy \max}$  на расстоянии  $x_{MK}$  впереди очистного забоя в пределе зоны запредельных касательных напряжений  $L_{KZ}$ . Зарождение трещин происходит при каждом подвигании забоя, некоторые из них прорастают на всю мощность обрушающегося слоя  $L$  (рис. 1). Характер разрушения кровли за счет сдвига (среза) отмечается в работах различных авторов [2 - 4], анализирующих натурные наблюдения за разрушением

кровли на различных шахтах.

Описание процесса разрушения кровли с помощью данной модели вводит понятие времени образования секущей трещины, зародившейся впереди очистного забоя. Это позволяет перейти к решению важнейшей задачи установления взаимного положения секущей трещины и очистного забоя при отделении от массива очередного блока. Кроме того, чем быстрее завершится образование секущих трещин и произойдет отделение блока от массива, тем быстрее начнется прорастание очередной секущей трещины на расстоянии  $x_{MK}$  впереди очистного забоя. Так обосновывается связь скорости подвигания с размером блоков обрушения.

Актуальность исследования влияния скорости подвигания на характер обрушения кровли связана с тем, что современная очистная техника позволяет достигать высоких скоростей подвигания забоя, что, несомненно, отражается на интенсивности процесса разрушения кровли. Между тем, уже более 20 лет назад возникали ситуации, когда повышенные скоро-

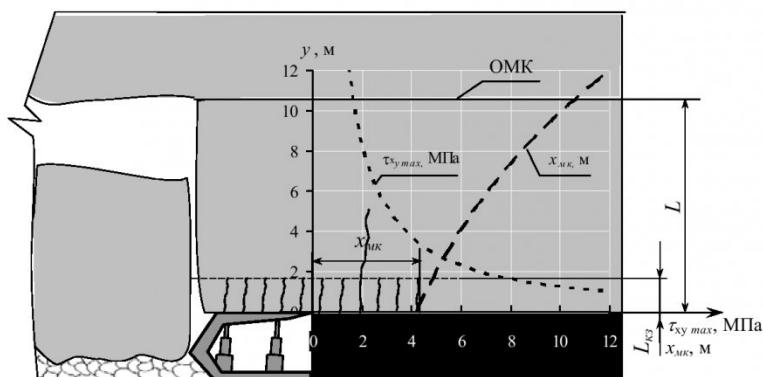


Рис. 1. Развитие трещин в кровле пласта