

УДК 622.834

А.О. Раджабов, В.Р. Рахимов

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИКОНТУРНОГО МАССИВА В УСЛОВИЯХ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Приведено аналитическое изучение напряженного состояния приконтурного массива в условиях комбинированной разработки месторождений открытым и подземным способами, с выработками различной формы.

Ключевые слова: горная порода, карьер, приконтурный массив.

Массив горных пород в условиях комбинированной разработки месторождений представляет собой геометрически сложную многосвязную область. Вопросы безопасной отработки такого массива имеют чрезвычайно важное значение, а одно из определяющих задач горной механики при этом является изучение напряженно-деформированного состояния массива в контуре влияния выработок. [1]

Требования эффективной разработки месторождений и условия устойчивости формируемого массива нередко альтернативны друг другу, поэтому представляются целесообразным прогнозировать поле напряжений в массиве до его фактического формирования. Определить практику производства горных работ и обеспечить наибольшую гибкость модели могут только аналитические методы. [2]

В разработке [3] построено приближенное аналитическое решение задачи для определения напряженного состояния полубесконечной упругой области с трапециевидным вырезом внутри, моделирующей массив карьера в условиях подработки.

В данной статье решение задачи обобщается на случай подработки карьера выработками произвольных форм.

Как показано в [3] решение такой задачи может быть получено путем определения для выработки произвольной формы ряда выражений.

а) выражений нагрузки на контуре

$$\begin{aligned} p &= -\gamma y \cos(vx) \\ q &= -\bar{T} \gamma y \cos(vy) \end{aligned} \quad (1)$$

где p, q – граничные нагрузки задачи в дополнительных напряжениях в проекции на ось X и Y соответственно; γ – удельный вес породы; \bar{T} – коэффициент бокового распора в массиве; x, y – декартовы координаты точек; v – единичный вектор внутренней нормали к контуру выработки;

б) выражений коэффициентов:

При m – нечетных:

$$\begin{aligned} k_1 &= \cos^2 \theta \cos(vx) + 0.5 \sin 2\theta \cos(vy); \\ k_2 &= \sin^2 \theta \cos(vx) - 0.5 \sin 2\theta \cos(vy); \\ k_3 &= \cos 2\theta \cos(vy) - \sin 2\theta \cos(vx); \end{aligned} \quad (2)$$

Для m – четных:

$$\begin{aligned} k_1 &= \sin^2 \theta \cos(vy) + 0.5 \sin 2\theta \cos(vx); \\ k_2 &= \cos^2 \theta \cos(vy) - 0.5 \sin 2\theta \cos(vx); \end{aligned} \quad (3)$$

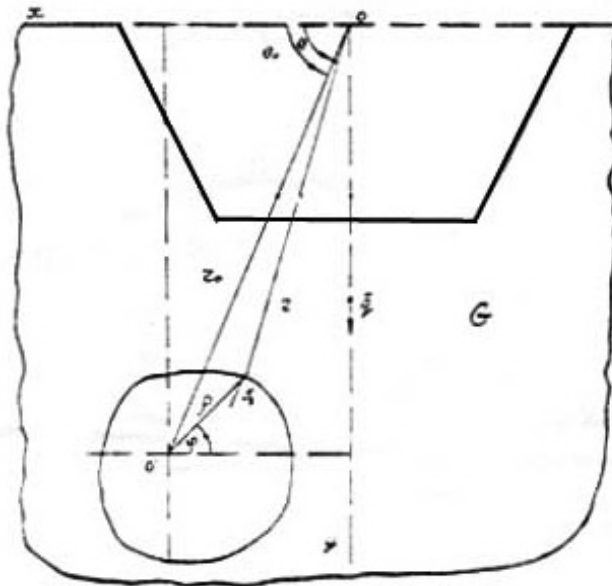


Рис. 1. Схема области G для карьера, подработанного

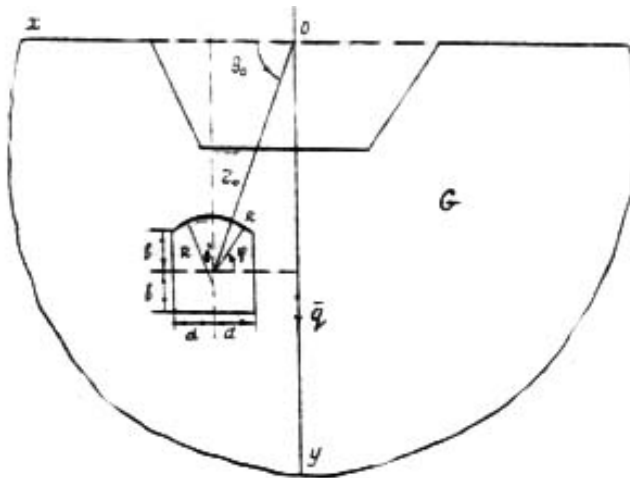


Рис. 2. Схема области G для карьера, подработанного выработкой произвольного профиля. выработкой со сводом

$$k_3 = \cos 2\theta \cos(vx) + \sin 2\theta \cos(vy);$$

где m – номер разрешающего уравнения.

Для произвольного контура имеем (рис. 1):

Координаты точек контура выработки:

$$\begin{aligned} x &= x_0 - \rho \cos \varphi \\ y &= y_0 - \rho \sin \varphi \end{aligned} \quad (4)$$

где $x_0 y_0$ – координаты внутреннего полюса O выработки; $\rho \varphi$ – местные полярные координаты выработки ($0 \leq \varphi < \pi$).

Принимая, что уравнение контура выработки описывается в общем виде выражением $\rho = \rho(\varphi)$, имеем, дифференцируя (4) по φ :

$$\begin{aligned} dx &= (-\rho' \cos \varphi + \rho \sin \varphi) d\varphi \\ dy &= (-\rho' \sin \varphi - \rho \cos \varphi) d\varphi \end{aligned}$$

Дифференциал дуги контура (при $\rho > 0$):

$$dl = \rho \sqrt{1 + \left(\frac{\rho'}{\rho}\right)^2} d\varphi,$$

тогда внутренняя нормаль к контуру выразится:

$$\cos(vx) = -\frac{dy}{dl},$$

$$\cos(vy) = \frac{dx}{dl},$$

либо:

$$\begin{aligned} \cos(vx) &= \cos(\varphi - \psi) \delta\psi, \\ \cos(vy) &= \sin(\varphi - \psi) \delta\psi \end{aligned} \quad (5)$$

$$\text{где } \psi = \arctg \frac{\rho'}{\rho}, \delta\psi =$$

$$= \begin{cases} 1, \cos \psi > 0 \\ -1, \cos \psi < 0 \end{cases}.$$

Формулы (1) примут вид:

$$p = \gamma(\sin \varphi - y_0) \cos(\varphi - \psi) \delta\psi$$

$$q = \gamma(\sin \varphi - y_0) \sin(\varphi - \psi) \delta\psi$$

для дуги контура со сводом имеем (рис. 2): $\varphi_0 < \varphi < \pi - \varphi$ ($\varphi_0 = \arctg$):

$$R^2 = \rho^2 + 2\rho \sin \varphi + \varepsilon^2,$$

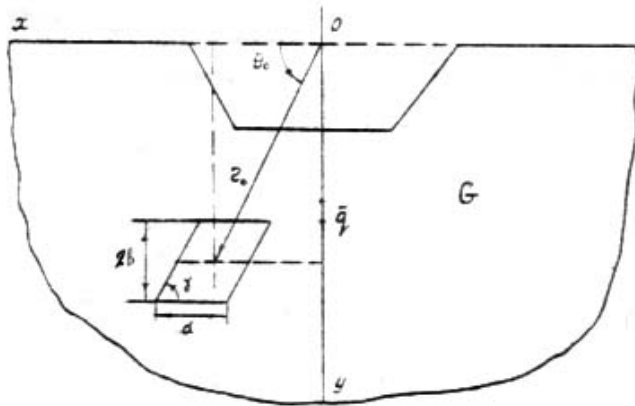


Рис. 3. Схема области G для карьера, подработанного выработкой наклонного профиля

где R – радиус дуги контура; ε — эксцентриситет центра дуги относительно полюс O .

Для величины ρ имеем:

$$\rho = \sqrt{R^2 + \varepsilon^2 \cos^2 \varphi} + \varepsilon \sin \varphi, \quad (6)$$

тогда:

$$\rho^I = \frac{\rho \varepsilon \cos \varphi}{\sqrt{R^2 + \varepsilon^2 \cos^2 \varphi}},$$

$$\operatorname{tg} \psi = -\frac{\rho \varepsilon \cos \varphi}{\sqrt{R^2 + \varepsilon^2 \cos^2 \varphi}}, \quad (7)$$

Положив $\varepsilon = 0$, получим $\psi = 0$, $\rho = R$, $\delta_\psi = 1$. Тогда из выражений (2),(3),(6) следует значения параметров, полученные в [3] для цилиндрической выработки.

Для наклонных участков (рис. 3) имеем

$$\rho = d \frac{\sin \gamma}{\sin(\varphi \pm \gamma)} \quad (8)$$

знак «-» (8) соответствует левому участку выработки: $\pi + \gamma < \varphi < \gamma$,

а знак «+» — правому участку выработки:

$$-(\pi - \gamma) < \varphi < \gamma$$

$$\rho^I = -d \frac{\sin \gamma \cos(\varphi \pm \gamma)}{\sin^2(\varphi \pm \gamma)},$$

$$\text{тогда: } \operatorname{tg} \psi = -\operatorname{ctg}(\varphi \pm \gamma)$$

откуда:

$$\psi = \varphi \pm \gamma \pm \frac{\pi}{2},$$

отсюда при $\gamma = \frac{\pi}{2}$ получим

$\psi = \varphi$ — значение ψ для вертикального участка (рис. 2)

Для левого участка:

$$\pi - \varphi_0 < \varphi < \pi + \varphi_0$$

из (8) получим:

$$\rho = -\frac{d}{\cos}, \quad \delta_\psi = -1$$

Для правого участка $-\varphi_0 < \varphi < \varphi_0$ из (8) получим:

$$\rho = \frac{d}{\cos}, \quad \delta_\psi = 1$$

Для горизонтальных участков (рис. 2, 3) имеем:

$$\rho = \pm \frac{b}{\sin \varphi},$$

где верхний знак соответствует верхнему, а нижний — нижнему участкам.

Далее получим:

$$\operatorname{tg} \psi = -\operatorname{ctg} \varphi, \quad \varphi \pm \gamma = \pm \frac{\pi}{2}, \quad \cos \psi =$$

$$= \pm \sin \varphi,$$

тогда

$$\sin(\varphi - \psi) \delta_\psi = \delta_\varphi,$$

$$\text{где } \delta_\varphi = \begin{cases} 1, & \sin \varphi > 0 \\ -1, & \sin \varphi < 0 \end{cases}$$

подстановка найденных для участков выражений в (2), (3),(6) приводит к получению ранее [3] значениям для выработок прямоугольного и кругового сечений. В том случае, если рас-

сма­три­ва­е­мая вы­ра­бот­ка не пра­виль­ной фор­мы, то ее кон­тур мо­жет быть за­дан таб­лич­но, то­гда с по­мо­щью ап­про­кси­ма­ции от­дель­ные учас­тки мо­гут быть пред­став­лен­ный ана­ли­ти­че­ский,

на­при­мер рас­смот­рен­ным вы­ше вы­ра­же­ния­ми.

Та­ким об­ра­зом, ре­ше­ние за­да­чи оп­ре­де­ле­но при лю­бой фор­ме вы­ра­бот­ки в мас­сиве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ка­зи­ка­ев Д.М. Геомеханические процессы при совместной и повторной разработке руд. – М.: Недра, 1981. – С. 288.

2. Ба­к­ла­шов И.В., Кар­то­зия Б.А. Механика горных пород. – М., Недра, 1975. – 272 с.

3. УзНИТИ Ташкент 1983 г. **ГЛАВ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Ра­д­жа­бов А.О. — науч­ный со­труд­ник,

Ра­хим­ов Ва­хаб Ра­хим­ов­ич — до­ктор тех­ни­че­ских наук, про­фес­сор, Та­шкент­ский го­су­дар­ствен­ный тех­ни­че­ский уни­вер­си­тет, tstu@tstu.uz



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

ЭКОЛОГИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КУЗБАССА

Ры­бак Лев Вла­ди­ми­ро­вич — про­фес­сор, Мос­ков­ский го­су­дар­ствен­ный гор­ный уни­вер­си­тет, ud@msmu.ru

Про­ве­ден ана­лиз со­сто­я­ния ок­ру­жа­ю­щей сре­ды ур­ба­ни­зи­ро­ван­ных тер­ри­то­рий Ке­меров­ской об­ла­сти. Про­ана­ли­зи­ро­ва­на ди­на­ми­ка из­ме­не­ния за­гряз­не­ния ат­мо­сфе­ры за по­след­ние пять лет и со­сто­я­ние ат­мо­сфе­ри­че­ско­го воз­ду­ха в го­ро­дах Куз­бас­са в 2011 го­ду. При­ве­ден ана­лиз ос­нов­ных об­ъ­ек­тов за­гряз­ня­ю­щих под­зем­ные во­ды. По­ка­за­ны ос­нов­ные ком­по­нен­ты, за­гряз­ня­ю­щие под­зем­ные во­ды на ур­ба­ни­зи­ро­ван­ных тер­ри­то­ри­ях. От­ра­же­но не­га­тив­ное вли­я­ние ши­ро­ко­мас­штаб­ной раз­ра­бот­ки уг­лей в Куз­бас­се и за­кры­тие шахт на со­сто­я­нии под­зем­ных вод. Ос­обое вни­ма­ние уде­ле­но мо­но­го­ро­дам.

Ключевые слова: за­гряз­ня­ю­щие ве­ще­ства, ат­мо­сфе­ра, Ке­меров­ская об­ла­сть, ур­ба­ни­зи­ро­ван­ные тер­ри­то­рии, мо­но­го­ро­да.

ECOLOGY OF URBAN TERRITORIES OF KUZBASS

Rybak L.V.

The analysis of the environmental state of urban territories of the Kemerovo area. Explores the dynamics of the changes of atmospheric pollution over the last five years and the condition of the atmospheric air in the cities of Kuzbass in 2011. The analysis of the main objects of the polluting underground water. Shows the main components of polluting underground water in urban areas. Reflected the negative impact of large-scale development of coal in Kuzbas and closure of mines on the condition of underground waters. Special attention is paid to single-industry cities.

Key words: underground water, polluting components, the development of coal, urban areas, closure of mines, single-industry towns.