

либра скорость скольжения

$$V_{скр} = \frac{2\omega}{B_x} \left[ \int_0^{x_0} (R_0 - R) dx - \int_{x_0}^{B_x/2} (R_0 - R) dx \right] = \frac{2r_x \omega}{B_x} [(R_0 - R_{min} - r_x)(2\varphi_0 - \varphi_x) + r_x(2\sin \varphi_0 - \sin \varphi_x)] \quad (36)$$

где  $\varphi_0$  и  $\varphi_x$  — углы, координирующие точку с радиусом  $R_0$  и край калибра.

**Мощность, затрачиваемая для преодоления сил трения в опорах валков.** Мощность сил трения в подшипниках валков для пары горизонтальных или вертикальных валков в этом случае равна

$$N_{трн} = (P_{из} + P_p) \mu_n D_n \omega \quad (37)$$

где  $D_n$  — диаметр подшипника валка;  $\mu_n$  — коэффициент трения в подшипнике.

Все вышеперечисленные силы, моменты, работы и мощности нужно определять в каждой клетке для горизонтальных и вертикальных валков, полученные мощности просуммировать по всем клеткам. Полученный результат даст мощность привода калибровочного стана без учета потерь мощности в передачах привода.

#### Литература

1. Машины и агрегаты металлургических заводов. т.3, М., «Металлургия», 1981, 574 с. с илл. Авт.: А.И.Целиков, П.И.Полухин, В.М.Гребеник и др.

Рекомендовано к публикации д.т.н. В.А.Ропавин

УДК 622.831

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ НАПРЯЖЕНИЙ И ХАРАКТЕРА ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ПОРОДАХ ОСНОВНОЙ КРОВЛИ ПЛАСТА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

Я.А. Ляшок, А.К. Носач, А.А. Исаенков, Л.Л. Бачурин,  
Красноармейский филиал ДонНТУ, Красноармейск, Украина

В большинстве известных работ для определения величин и характера распределения напряжений в идеализированной породной балке применяется метод плоских сечений [1,2,3]. При этом, как правило, используются формулы и зависимости теории сопротивления материалов, которые приемлемы только при условии, что пролет балки в 8-10 раз превышает ее толщину. В практике в большинстве случаев толщина слоев кровли соизмерима или несколько меньше длины ее поддерживаемого пролета. В таких условиях, когда отношение длины балки к ее высоте менее пяти, для определения уровня напряжений и характера их распределения в породах кровли призабойного пространства более приемлем расчет балки-стенки, который сводится к решению бигармонического уравнения [4]:

$$\frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0, \quad (1)$$

где  $\varphi$  — функция, через которую выражаются нормальные ( $\sigma_x$ ), растягивающие ( $\sigma_y$ ) и касательные ( $\tau_{xy}$ ) напряжения. Их значения равны:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}, \quad (2)$$

При решении уравнения (1) методом конечных разностей (методом сеток) исследуемая область разбивается с помощью квадратной или прямоугольной сетки, а производные в уравнениях (1) и (2) заменяются их конечно-разностными выражениями, которые могут быть получены с помощью рядов Тейлора [4]:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = \frac{1}{h_x^2} (\varphi_1 - 4\varphi_0 + 6\varphi_0 - 4\varphi_0 + \varphi_1), \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = \frac{1}{h_y^2} (\varphi_0 - 4\varphi_0 + 6\varphi_0 - 4\varphi_0 + \varphi_0), \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} = \frac{1}{h_x^2 h_y^2} [4\varphi_0 - 2(\varphi_1 + \varphi_1 + \varphi_0 + \varphi_0) + (\varphi_1 - \varphi_0 + \varphi_0 + \varphi_1)], \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial x^2} = \frac{1}{h_x^2} (\varphi_1 - 2\varphi_0 + \varphi_1), \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi_0}{\partial x^2} = \frac{1}{h_x^2} (4\varphi_0 - 2\varphi_0 + \varphi_0), \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi_0}{\partial x \partial y} = \frac{1}{h_x h_y} (\varphi_0 + \varphi_0 - \varphi_0 - \varphi_0). \quad (8)$$

где  $h_x$  и  $h_y$  — шаг сетки вдоль осей  $x$  и  $y$ ;  $\varphi_0$  —  $\varphi_1$  — функции напряжений в соответствующих узлах сетки.

Подставив уравнения (3)-(5) в уравнение (1), получим конечно-разностный оператор (9).

$$\left[ 6\left(\alpha + \frac{1}{\alpha}\right) + 8 \right] \varphi_0 - 4\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) (\varphi_1 + \varphi_1) - 4(1 + \alpha) (\varphi_0 + \varphi_0) + \quad (9)$$

$$-2(\varphi_0 + \varphi_0 + \varphi_0 + \varphi_0) + \frac{1}{\alpha} (\varphi_1 + \varphi_1) + \alpha (\varphi_0 + \varphi_0) = 0,$$

$$\text{где } \alpha = \left(\frac{h_x}{h_y}\right)^2.$$

Для того чтобы определить функции напряжений во внутренних узлах исследуемой области, необходимо в первую очередь вычислить их значения для точек, лежащих на контуре и за контуром балки-стенки. С этой целью используется метод рамной аналогии. При этом на контуре балки-стенки функция напряжений  $\varphi_1$  равна изгибающему моменту  $M_1$  от внешней нагрузки в той же точке, построенной на контуре как на раме в любой основной системе. Эпюра изгибающих моментов в этом случае строится на растянутом волокне и считается положительной, если она внутри контура рамы. Для определения функции напряжений в законтурных точках используется условие:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} = \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{-\varphi_1 + \varphi_1}{2h} = N, \quad (10)$$

отсюда,

$$\varphi_i = 2h_i N_i + \varphi_k,$$

$N_i$  — продольная сила в точке  $i$  контура, которая берется из соответствующей эпюры, построенной для контурной рамы в той же основной системе, что и эпюра изгибающих моментов. При этом растягивающая сила считается положительной, а сжимающая — отрицательной [4].

На основе изложенной методики произведем расчет напряженно-деформированного состояния в породах основной кровли пласта для условий шахты им. А.Г.Стаханова п/о «Красноармейскуголь». Мощность песчаников основной кровли составляет 30м, мощность пласта и пород непосредственной кровли равна соответственно -1,8 и 2,2м. Предел прочности пород кровли на одноосное сжатие: 80МПа для основной и 30МПа для непосредственной кровли. Очистной забой оборудован механизированным комплексом КМТ второго типоразмера.

Опыт работы показывает, что маломощные слои глинистых и песчаных сланцев непосредственной кровли недостаточно плотно подбучивают мощный слой песчаников основной кровли. Это позволяет рассматривать породы основной кровли как балку-стенку, закрепленную у забоя лавы (по левому контуру). Балка-стенка испытывает действие равномерно распределенной нагрузки  $q$ . Разбиваем исследуемую область пород основной кровли прямоугольной сеткой (шаг сетки вдоль оси  $x$  принят равным 1,1м, а вдоль оси  $y$  - 0,55м) и обозначаем ее узлы (рис.1).

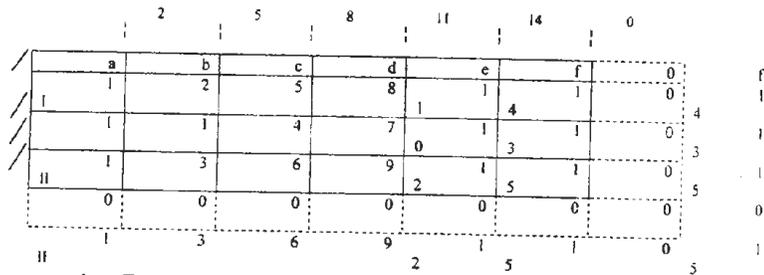


Рисунок 1 - Балка-стенка пород основной кровли, пригруженная равномерно распределенной нагрузкой  $q$  и закрепленная по левому контуру

Так как функция напряжений  $\varphi_i$  на контуре заделки неизвестна, необходимо составить конечно-разностные уравнения для точек I, II, III, лежащих за контуром балки-стенки. На основе методики изложенной ранее при составлении уравнений в конечных разностях для узлов заделки, получаем одностороннюю формулу четвертой производной; при этом не входят точки, отстающие от контура на два шага сетки:

$$\frac{\partial^4 \varphi_i}{\partial x^4} = \frac{1}{h_x^4} (\varphi_i - 4\varphi_{i-1} + 6\varphi_{i-2} - 4\varphi_{i-3} + \varphi_{i-4}) \quad (12)$$

Теперь с учетом уравнений (4) и (5) конечно-разностный оператор задается в следующем виде (рис. 2):

(11)

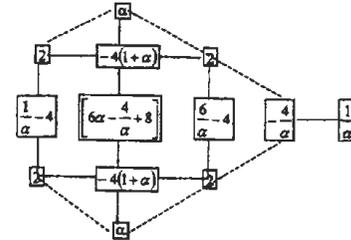


Рисунок 2 - Конечно-разностный оператор для сетки, представленной на рис. 1

Поскольку функции напряжений на контуре балки-стенки равны соответствующим изгибающим моментам от внешней нагрузки, определяем их по формулам теории сопротивления материалов [4, 5]:

$$\varphi_0 = -\frac{1}{2}ql^2, \quad \varphi_1 = -\frac{25}{72}ql^2, \quad \varphi_2 = -\frac{2}{9}ql^2, \quad \varphi_3 = -\frac{1}{8}ql^2, \quad \varphi_4 = -\frac{1}{18}ql^2, \quad \varphi_5 = -\frac{1}{72}ql^2, \\ \varphi_6 = -\frac{49}{72}ql^2, \quad \varphi_7 = \varphi_2 - 0,28125ql^2, \quad \varphi_8 = \varphi_1 - \frac{1}{6}ql^2, \quad \varphi_9 = \varphi_0 - \frac{5}{96}ql^2$$

где  $l$  — длина балки-стенки, м

Составим систему из 18 уравнений для определения функций напряжений в узлах сетки (15 — для внутренних узлов исследуемой области и 3 — для узлов на контуре балки-стенки) и представим ее в виде таблицы (табл. 1).

После решения полученной системы уравнений методом Гаусса с использованием ПЭВМ запишем функции напряжений в узлах сетки:

$$\varphi_I = -0.25000415ql^2; \quad \varphi_{II} = -0.41748043ql^2; \\ \varphi_{III} = -0.082526139ql^2; \\ \varphi_1 = -0.17364552ql^2; \quad \varphi_2 = -0.28978915ql^2; \\ \varphi_3 = -0.057489813ql^2; \quad \varphi_4 = -0.1111205ql^2; \\ \varphi_5 = -0.1855775ql^2; \quad \varphi_6 = -0.03665741ql^2; \\ \varphi_7 = -0.06038898ql^2; \quad \varphi_8 = -0.10370313ql^2; \\ \varphi_9 = -0.019403674ql^2; \quad \varphi_{10} = -0.027248646ql^2; \\ \varphi_{11} = -0.046422796ql^2; \quad \varphi_{12} = -0.0085963116ql^2; \\ \varphi_{13} = -0.006869776ql^2; \quad \varphi_{14} = -0.011866446ql^2; \\ \varphi_{15} = -0.001948691ql^2.$$

Подставляем полученные значения (с учетом (6-8) конечно-разностных выражений) в формулы (2) и определяем величины и характер распределения напряжений в породах основной кровли (рис. 3).

Результаты расчета показывают, что в породах основной кровли пласта наибольшие значения растягивающих и сжимающих напряжений в плоскости напластования пород приурочены к месту заделки балки-стенки. По мере удаления в сторону выработанного пространства значения этих напряжений уменьшаются. При этом верхние три ряда точек испытывают в основном растягивающие напряжения в плоскости напластования, а два нижних ряда подвержены аналогичным сжимающим напряжениям. В заделке балки-стенки отмечаются наибольшие значения сжимающих напряжений, которые действуют по нормали к напластованию. На участке защемления пород основной кровли касательные напряжения числен-

но увеличиваются от граничных ее слоев к средним.

Таким образом, можно сделать вывод, что воздействию пород основной кровли в большей мере подвергаются слои непосредственной кровли, находящиеся вблизи груди забоя лавы. Именно здесь в первую очередь могут появиться трещины техногенного происхождения, образующиеся в результате действия растягивающих напряжений в плоскости напластования пород. Практически это значит, что нужно стремиться к уменьшению величин напряжений, особенно растягивающих, в заделке балки-стенки и вблизи нее, чтобы основная кровля как можно меньше оказывала вредное воздействие на породы непосредственной кровли в призабойном пространстве.

Таблица 1 – Система уравнений для определения функций напряжений в узлах балки-стенки

№	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$	$\varphi_4$	$\varphi_5$	$\varphi_6$	$\varphi_7$	$\varphi_8$	$\varphi_9$	$\varphi_{10}$	$\varphi_{11}$	$\varphi_{12}$	$\varphi_{13}$	$\varphi_{14}$	$\varphi_{15}$	Правая часть
1	31	-20	-20	6,25	4	4	-1		0,25							2,042
2	-20	35,4	4	6,25				-1		0,25						-3,666
3	-20	4	35	4		6,25					0,25					0,138
4	-5	2	2	33,8	-20	-20	-5	2	2	0,25						1,437
5	2	-5		-20	37,8	4	2	-5			0,25					-5,429
6	2		-5	-20	4	37,8	2	-5	2	0,25						0,013
7	0,25			-5	2	2	33,5	-20	-20	-5	2	0,2				0,8
8		0,25		-5		-20	37,5	4	2	-5		0,2				-3,5
9			0,25	2		-5	-20	4	37,5	2	-20	-5				0
10				0,25		-5	2	2	33,5	4	-20	-5	2	2	0,2	0,5
11				0,25		2	-5		-20	37,5	4	2	-5		0,25	-1,9
12					0,25	2		-5	-20	2	37,5	2				0,25
13					0,25		-5	2	33,5	-20	-20	-5	2	2		0,2
14						0,25	2	-5	-20	37,5	4	2	-5			-0,8
15							0,25	2	-5	-20	4	37,5	2		-5	0
16								0,25	-5	2	2	33,8	-20	-20		0,005
17									0,25	2	-5	-20	37,8	4		-0,16
18										0,25	2	-5	-20	4	37,8	0

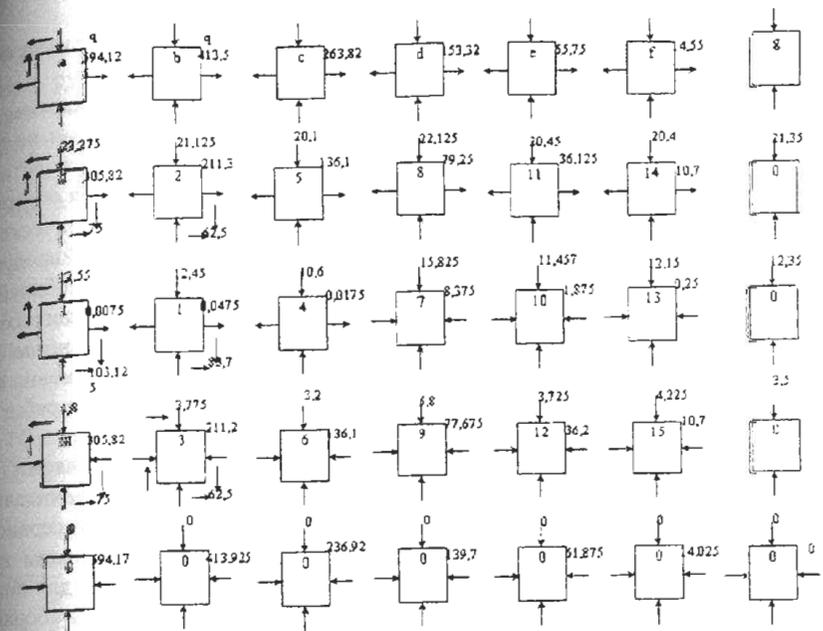


Рисунок 3 – Уровень напряжений (МПа) в балке-стенке пород основной кровли

Литература

1. Борисов А.А. Расчет горного давления в лавах пологих пластов. - М.: Недра, 1964. - 278 с.
2. Комиссаров С.Н. Управление массивом горных пород вокруг очистных выработок. - М. Недра, 1983. - 235 с.
3. Сироткин Ю.С., Горохов К.И. Оценка напряженного состояния опорных контуров лав // Уголь. - 1986. - №9. - С. 15-17.
4. Сопроотивление материалов с основами теории упругости, под ред. Г.С.Варданяна - М., Издательство АСВ, 1995. - 568 с
5. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопроотивление материалов. - М.: Высш. шк., 1989. - 624 с

Рекомендовано к публикации д.т.н. О.В. Колоколовым

УДК 629.113

**ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ЕЖЕДНЕВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В АВТОХОЗЯЙСТВАХ**

П.Б. Комов, Днепрпетровск, Украина

К коммерческим транспортным средствам, согласно мировой предпринимательской классификации подвижного состава автомобильного транспорта (АТ), в Украине относится подвижный состав автомобильного транспорта об-