

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологические аспекты модификации ингредиентов и технологии производства шин / А.А. Мухутдинов, А.А. Нелюбин, Р.С. Ильясов, Г.М. Ищенко, В.Н. Зеленова. – Казань: Изд-во «Фэн». – 1999. – 400 с.
2. Гришин Б.С., Ельшевская Е.А., Писаренко Т.И. Применение поверхностно-активных веществ для улучшения перерабатываемости резиновых смесей. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1987. – 52 с.
3. Технологические аспекты получения пластификаторов на основе отходов производства растительных масел / К.Ф. Красильникова, М.О. Козлов, Б.И. Но, Н.М. Сизова // Тезисы докладов V Российской научно-практич. конф. резинщиков "Сырье и материалы для резиновой промышленности: настоящее и будущее", Москва, 1998. – С. 253-254.
4. О возможности применение композитов на основе отходов производства растительных масел в резинах / Ю.Н. Ващенко, И.А. Сирченко, Т.В. Ващенко, Г.Н. Казакова, Т.В. Данилейко // Вопросы химии и хим. технологии. – 2004. – № 5. – С. 80-82 (УГХТУ).

УДК 622.273.217.5

Волошин А.И., Рябцев О.В., Процак С.Ю.

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА НОРМАЛЬНЫХ НАГРУЗОК НА СЛОИ ПОРОД НАДУГОЛЬНОЙ ТОЛЩИ ПРИ ВЕДЕНИИ ДОБЫЧНЫХ РАБОТ

Наведений метод розрахунку нормальних навантажень на шари порід у залежності від гірничо-геологічних факторів та технологічних параметрів, що дозволить розробити методику для прогнозування напружено-деформованого стану масиву гірських порід.

TO A QUESTION OF CALCULATION OF THE NORMAL LOADINGS ON THE LAYERS OF BREEDS OF PERCARBONIC LAYER AT THE CONDUCT OF BOOTIES WORKS

Resulted method of calculation of the normal loadings on the layers of breeds in dependence on mining-and-geological factors and technological parameters, that will allow developing a method for prognostication of the tensely-deformed state of array of mountain breeds.

Анализ процесса сдвижения пород надугольной толщи при ведении очистных работ позволил разработать метод расчета нормальных нагрузок на слои пород в зависимости от горно-геологических факторов и технологических параметров ведения горных работ на конкретном добычном участке [1], который стал основой для разработки алгоритма расчета, позволяющего осуществить прогноз напряженно-деформированного состояния углепородного массива.

При определении механических свойств горных пород используются следующие обозначения:

H – глубина залегания слоя породы, м;

$nc - 1, 2, 3$ – тип породы (литологическая разность): 1 – песчаник, 2 – песчанистый сланец (алевролит), 3 – глинистый сланец (аргиллит) соответственно;

W – влажность породы, %;

TRN – коэффициент, учитывающий трещиноватость, принимается согласно табл. 1;

S_n – длительная прочность угольного пласта, тс/м²;

μ – коэффициент Пуассона;

- a – угол падения пород, град;
- γ – объемный вес породы, тс/м³;
- $2l_n$ – длина лавы, м.

Таблица 1 – Коэффициент TRN , учитывающий трещиноватость пород

Породы массива	Среднее расстояние между трещинами, м	Коэффициент TRN
Монолитные	> 1,5	0,9
Малотрещиноватые	1,0-1,5	0,8
Среднетрещиноватые	0,5-1,0	0,6
Трещиноватые	0,1-0,5	0,4
Весьма трещиноватые	< 0,1	0,2

Определение деформационных свойств. Значение коэффициентов для определения модуля деформации породы в объемном состоянии и над выработанным пространством:

- для песчаника:

$$d = 1940; k = 1,6 \cdot 10^6; jj = 0,005; \mu = 0,2;$$

- для песчанистых сланцев

$$d = 1230; k = 1,5 \cdot 10^6; jj = 0,012; \mu = 0,25;$$

- для глинистых сланцев

$$d = 690; k = 1,4 \cdot 10^6; jj = 0,05; \mu = 0,3,$$

где d, k и jj – коэффициенты, зависящие от типа вмещающих пород.

Модуль деформации породы в объемном состоянии E_o определяется по выражению (2) с учетом (1), над выработанным пространством E_n – по выражению (3)

$$АНЗ = (1 - jj \cdot W), \tag{1}$$

где $АНЗ$ – коэффициент, учитывающий влажность породы;

$$E_o = (d \cdot H + k) \cdot АНЗ \cdot TRN, \tag{2}$$

$$E_n = E_o(1 - 2\mu). \tag{3}$$

Зависимость модуля деформации породы над выработанным пространством от времени определяется из выражения

$$E_n(t) = \left(\frac{0,23AB}{0,42A + t} + 0,5 \right) E_n, \tag{4}$$

где $A = 0,0026 \cdot E_o \cdot h_{ст}^3 \cdot 10^{-6} + 42$, $B = 0,64 + 0,072v$ – коэффициенты, зависящие от мощности рассматриваемой породы и суточной скорости подвигания очистного забоя соответственно.

Определение прочностных свойств пород. Значения коэффициентов, зависящих от типа вмещающих пород для определения пределов прочности пород:

- для песчаника:

$$M = 6,4; N = 4000; uu = 0,025; ww = 4 \cdot 10^{-6}; ff = 0,6;$$

- для песчанистых сланцев:

$$M = 5,0; N = 2400; uu = 0,015; ww = 3,5 \cdot 10^{-6}; ff = 0,1;$$

- для глинистых сланцев:

$$M = 4,0; N = 1800; uu = 0,003; ww = 1,1 \cdot 10^{-6}; ff = 0,015.$$

Прочность породы на одноосное сжатие определяется из выражения

$$\sigma_{сж} = AN3 \cdot TRN(M \cdot H + N). \quad (5)$$

Как известно [2, 3], прочность породы вблизи выработки уменьшается во времени. Ее изменение предлагается учитывать коэффициентами, зависящими от времени и литологической разности.

Значения коэффициентов:

- для песчаника

$$e_1 = 0,0006; e_2 = 0,77; e_3 = 0,00013;$$

$$aq = \begin{cases} 1 - e_1 T, & \text{если } 0 < T \leq 500; \\ e_2 - e_3 T, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

- для песчанистых сланцев

$$e_1 = 0,0015; e_2 = 0,73; e_3 = 0,00015;$$

$$aq = \begin{cases} 1 - e_1 T, & \text{если } 0 < T \leq 200; \\ e_2 - e_3 T, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

- для глинистых сласцев

$$e_1 = 0,003; e_2 = 0,72; e_3 = 0,00022;$$

$$aq = \begin{cases} 1 - e_1 T, & \text{если } 0 < T \leq 100; \\ e_2 - e_3 T, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Прочность породы на одноосное сжатие корректируется с учетом времени по выражению

$$\sigma_{сжт} = \sigma_{сж} \cdot aq. \quad (6)$$

Прочность пород на растяжение параллельно слоистости и скалывание принимается соответственно $\sigma_p = 0,1\sigma_{сж}$ и $\sigma_{ск} = 0,3\sigma_{сж}$.

Прочность породы на отрыв и на скалывание по напластованию определяется из выражений

$$\sigma_{от} = \sigma_{сж} \cdot (uu + Hww), \quad (7)$$

$$\sigma_{скн} = \sigma_{сж} \cdot ff. \quad (8)$$

При определении геометрических параметров в заданных условиях вначале для первого разрабатываемого слоя принимаем длину предельного пролета $l_{np} = 5$ м. Расчеты производятся в направлении от разрабатываемого пласта до дневной поверхности.

Коэффициент, определяющий параметры защемления, определяется из выражения

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{120S_n}{mE_0h_{сг}^3}}(1 - 0,0002H),$$

а его изменение во времени – из выражения

$$\beta(t) = \left(\frac{0,23AB_1}{0,35A+t} + 0,35 \right) \beta,$$

где $B_1 = 0,44 + 0,1v$ – коэффициент, зависящий от суточной скорости подвигания очистного забоя.

Расстояние от контура выработки до максимума нормальных нагрузок в опорной зоне определяется из выражения

$$d_0 = \frac{1}{\beta} \arctg \frac{\beta l}{\beta l + 1},$$

где l – соответствует полупролету выработки.

Расстояние от максимума нормальных нагрузок в опорной зоне до места, где нормальная нагрузка соответствует геостатической для данной глубины разработки, определяется выражением

$$a = \frac{1}{\beta} \arctg(2\beta l + 1) - d_0.$$

Если значения параметров d_0 и a текущего слоя меньше параметров нижнего слоя, текущие параметры принимаются равными параметрам нижележащего слоя.

Величина полного предельного полупролета

$$L = L_{np} = l_{np} + a + d_0.$$

Расстояние от максимума нормальных нагрузок в опорной зоне до места, где нормальная нагрузка имеет минимальное значение или равна 0 определяется в зависимости от предыдущего полного предельного полупролета согласно выражению

$$b_2 = 0,5L_{np} - a.$$

Если значение $1,03b_2$ текущего слоя меньше предыдущего, то b_2 принимается равным значению предыдущего (нижнего) слоя.

Максимальная нормальная нагрузка определяется по выражению

$$S_1 = \frac{2Q_1 - a\gamma H_1}{f_1},$$

где f_1 – ширина опорной зоны, м;

H_1 – соответствует расстоянию от кровли слоя до дневной поверхности по нормали, м.

Нормальная нагрузка над серединой выработки находится по формуле

$$T_{n1} = \frac{2Q_1 - S_1L_{np} - a\gamma H_1}{l_{np} + d_0}.$$

Величина максимальной реакции определяется из выражения

$$S_2 = \frac{2Q_2 - a\gamma H - S_n b_2}{f_2},$$

где f_2 – общая ширина реактивной зоны, м.

Величина реакции над серединой выработки

$$T_{n2} = \frac{2Q_2 - S_2 L_{np} - a\gamma H}{l_{cl} + d_0}.$$

Значение превышения максимальной нагрузки в опорной зоне над геостатической нагрузкой определяется из выражения

$$R_1 = S_1 - \gamma H_1,$$

то же в реактивной зоне – из выражения

$$R_2 = S_2 - \gamma H.$$

Установив параметры эпюры нагрузки и реакции, необходимо определить максимальные опускания слоя породы и сопоставить их с граничными условиями. Кроме того, необходимо вычислить напряжения от изгибающего момента и поперечных сил с целью проверки на возможность расслоения и разрушение слоя. Для этого необходимо располагать выражениями, которые отражают закономерность изменения по длине слоя поперечных сил $Q(x)$, изгибающих моментов $M(x)$ и опусканий слоя породы $y(x)$.

Используем известные положения механики сплошной среды, связывающие указанные выше закономерности между собой. При определении длины предельного полупролета для очистной выработки, когда слой имеет свободные опускания, возможны три варианта эпюр нагрузок, отличающиеся между собой характером распределения по длине слоя нагрузки и реакции (рис. 1) [2].

Разделив каждую из приведенных ниже эпюр на участки, получим выражения поперечных сил для каждой из них. На основе этих выражений разложением в ряд Фурье по синусам получим коэффициенты этого ряда B_k , которые отражают закономерность изменения поперечных сил. Выражение для определения коэффициентов B_k :

$$B_k = \frac{2L_{np}}{k^2 \pi^2} \left\{ (R_1 - R_2) \sin \frac{k\pi}{L_{np}} a + S_n \sin \frac{k\pi}{L_{np}} f_2 + \frac{L}{k\pi} \left[\left(\frac{R_2 - R_1}{a} - \frac{S_1 - T_{n1}}{b_1} + \frac{S_2 - T_{n2} - S_n}{b_2} \right) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \cos \frac{k\pi}{L_{np}} a - \frac{S_2 - T_{n2} - S_n}{b_2} \cos \frac{k\pi}{L_{np}} f_2 + \frac{S_1 - T_{n1}}{b_1} \cos \frac{k\pi}{L_{np}} f_1 + \frac{R_2 - R_1}{a} \right] \right\}.$$

Используя граничные условия и положения механики сплошной среды [3], после интегрирования получаем выражения:

- для определения поперечных сил:

$$Q_{(x)} = B_{1k} \sin \frac{\pi}{L_{np}} x + B_{2k} \sin \frac{2\pi}{L_{np}} x;$$

- для определения изгибающих моментов:

$$M_{(x)} = 0,16L_{np} \left[B_{1k} \left(\cos \frac{\pi}{L_{np}} x + \sin \frac{\pi}{L_{np}} x - 1 \right) + 0,5B_{2k} \left(\cos \frac{2\pi}{L_{np}} x + \sin \frac{2\pi}{L_{np}} x - 1 \right) \right];$$

- для определения горизонтальных перемещений слоев относительно друг друга по напластованию:

$$\Theta_{(ч)} = \frac{1,2L_{np}^2}{h_{сч}^2 f(E)} \left(B_{1k} \sin \frac{\pi}{L_{np}} x + 0,25B_{2k} \sin \frac{2\pi}{L_{np}} x \right);$$

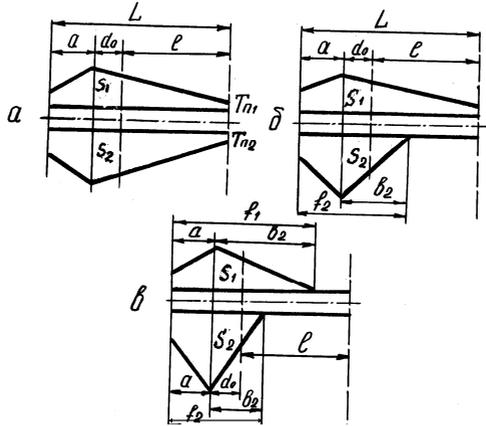
- для определения опусканий пород кровли:

$$y_{(x)} = 0,4 \frac{L_{np}^3}{h_{сч}^3 f(E)} \left[B_{1k} \left(\cos \frac{\pi}{L_{np}} x - 1 \right) + 0,125B_{2k} \left(\cos \frac{2\pi}{L_{np}} x - 1 \right) \right];$$

- для определения поднятий пород почвы:

$$y_{(x)} = 0,4 \frac{L_{np}^3}{h_{сч}^3 f(E)} \left[B_{1k} \left(\cos \frac{\pi}{L_{np}} x + \sin \frac{\pi}{L_{np}} x - 1 \right) + 0,125B_{2k} \left(\cos \frac{2\pi}{L_{np}} x + \sin \frac{2\pi}{L_{np}} x - 1 \right) \right],$$

где $f(E)$ – функция изменения модуля деформации по длине слоя породы.



a – для слоев, расположенных вблизи контура выработки; $б$ и $в$ – для слоев, расположенных вблизи дневной поверхности

Рис. 1 – Эпюры нагрузок на слои пород надугольной толщи при свободном опускании

В приведенных выражениях $f(E)$ определяется из условий: при $0 < x < a$

$$E = E_0, \text{ при } a < x < f_2 \quad E = (E_0 - E_n) \frac{f_2 - x}{b_2} + E_n, \text{ при } f_2 < x \leq L \quad E = E_n.$$

При определении геометрических параметров B_{1k} и B_{2k} достаточной для практики точностью можно использовать два коэффициента B_k .

Приближенно коэффициенты B_{1k} и B_{2k} можно вычислять по ниже приведенным выражениям:

$$B_{1k} = (W_2 - W_1) + \frac{(W_4 - W_3)}{2};$$

$$B_{2k} = (W_2 + W_1) - (W_4 + W_3) - \frac{W_4 - W_3}{2},$$

$$\text{где } W_1 = \frac{(\gamma(H - h_{cl}) + S_1)a}{2}; \quad W_2 = \frac{(\gamma H + S_2)a}{2};$$

$$W_3 = \frac{(S_1 + T_{n1})b_1}{2}; \quad W_4 = \frac{(S_2 + S_n)b_2}{2}.$$

Для установления вероятности расслоения слоя породы при заданном пролете лавы вычисляются максимальные касательные напряжения от поперечных сил в плоскости границ очистных работ при $x = f + d_0$ и растягивающие напряжения перпендикулярно напластованию (напряжения на отрыв) от максимального изгибающего момента при $x = L_{np}$ по выражениям:

$$\tau_{\max} = \frac{1,5 \left(B_{1k} \sin \frac{\pi}{L_{np}} f_2 + B_{2k} \sin \frac{2\pi}{L_{np}} f_2 \right)}{h_{cl}};$$

$$\sigma_{om} = \frac{0,1 L_{np} B_{1k}}{h_{cl}^2}.$$

Если $\tau_{\max} \geq R_{ck}$ или $\sigma_{om} \geq R_{om}$, произойдет расслоение. В этом случае слой породы расслоится на две пачки, из которых нижняя имеет мощность $0,25h_{cl}$, верхняя – $0,75h_{cl}$, рассматриваемый слой расслоился на два слоя и расчет следует выполнять с нижнего слоя в той же последовательности.

Если расслоение не имеет место, определяется максимальный изгибающий момент над серединой выработки, вычисляются максимальные напряжения по выражению

$$\sigma_{сж} = \frac{7M_{\max}}{h_{cl}^2}.$$

Если $\sigma_{сж} \geq 2R_{сж}$, слой разрушился и следует переходить к расчету следующего выше расположенного слоя.

В том случае, когда разрушение не происходит, определяются максимальные опускания слоя пород по выражению

$$y_{\max} = 0,8 \frac{L_{np}^3 B_{1k}}{h_{cl}^3 E_n}.$$

Проверяется условие $(y_{зад} + 0,05) \geq y_{\max} \geq (y_{зад} - 0,05)$, если условие не выполняется, то расчет повторяется при увеличенном или уменьшенном полупролете.

Расчеты завершаются после определения геометрических параметров для всех слоев, либо при условии кода $2L_{np} \geq l_n$.

Установив геометрические параметры, в направлении сверху вниз определяются физические параметры при заданном полупролете лавы. В целях упрощения и уменьшения количества расчетов, надугольная толща разделяется на

пачки, в основании которых расположены наиболее жесткие слои, определяющие процесс сдвижения пород (тонкие слои, залегающие на жестком слое, имеют опускания, величина которого соответствует опускания жесткого слоя). Определение нормальных нагрузок для каждой пачки производится автономно с последующей увязкой ее с вышележащей толщей. В зависимости от соотношения геометрических параметров и принятой длины лавы возможны три варианта эпюр нагрузок [2].

Для каждой пачки слоев вначале определяется нормальная нагрузка на жесткий слой со стороны вышележащих. Нагрузка в опорной зоне устанавливается, исходя из массы пород в пределах длины предельных полупролетов тонких слоев. Максимальная величина нормальной нагрузки определяется, исходя из равенства площадей распределения нагрузки и массе пород в пределах полной длины предельного полупролета с учетом коэффициента экв. Над выработанным пространством нормальная нагрузка определяется массой породы от тонких слоев, определяемой разностью между длиной полупролета лавы или расчетным полупролетом. При этом закономерность распределения нагрузки устанавливается при условии, что максимальная нагрузка над серединой лавы не превышает, собственный вес тонких слоев $T_1 \leq \gamma \sum_1^n h_{ст}$. Нормальная реакция в

опорной зоне определяется массой породы в пределах полной длины предельного пролета жесткого слоя и мощности рассматриваемой пачки. Максимальная величина реакции определяется из равенства площадей ее распределения и указанной массой пород с учетом коэффициента экв для жесткого слоя. Реакция по отношению к жесткому слою определяется исходя из массы пород в пределах разности между полупролетом лавы и предельным полупролетом жесткого слоя. Максимальное значение реакции в данном случае зависит от расположения геометрической точки жесткого слоя и физической точки нижележащего слоя. При несовпадении этих точек максимум реакции по отношению к жесткому слою может быть больше, чем собственный вес данной пачки.

Увязка эпюр нагрузок между отдельными пачками слоев породы производится в направлении сверху вниз наложением нагрузки и реакции в характерных точках вышележащей пачки с рассматриваемой. При этом учитываются изменение геометрических параметров эпюр жестких слоев.

Проверка правильности установленных физических параметров (нормальной нагрузки и реакции) осуществляется по максимально возможному опусканию жестких слоев. При подработке и управлении кровлей полным обрушением максимальное опускание для Донецкого бассейна не превышает 80-90 %, для пластов средней мощности – 75 % вынимаемой мощности пласта. При неполной подработке и наличии в надугольной толще породы-моста, предельный полупролет которого больше полупролета лавы, опускание вышележащих над ним пород не должно превышать опусканий слоя породы-моста. В этом случае, как показали расчеты, опускания слоев пород, залегающих выше породы-моста, зависят от соотношения между полупролетом лавы и предельным полупролетом породы-моста

$$\nabla y = \frac{l_n^3}{1,3l_{np\max}^3} y_0,$$

где y_0 – максимально возможное опускание слоя породы при полной подработке;

$l_{np\max}$ – предельный полупролет породы-моста.

Чтобы определить максимальные опускания слоя породы, для эпюр нормальных нагрузок, которые приведены на рис. 4, по нижеприведенному выражению вычисляются коэффициенты B_{1k} и B_{2k} .

$$\begin{aligned} B_k = \frac{2L_{np}}{k^2 \pi^2} & \left\{ (R_1 - R_2) \sin \frac{k\pi}{L_{np}} a + S_n \sin \frac{k\pi}{L_{np}} f_2 + \frac{L_{np}}{k\pi} \left[\left(\frac{R_1}{a} - \frac{S_1 - T_{n1} - z_1}{b_1} + \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{S_2 - S_n - T_{n2} - z_2}{b_2} \right) \cos \frac{k\pi}{L_{np}} a - \left(\frac{S_2 - S_n - T_{n2} - z_2}{b_2} \right) \cos \frac{k\pi}{L_{np}} f_2 + \right. \\ & \left. + \left(\frac{S_1 - T_{n1} - z_1}{b_1} \right) \cos \frac{k\pi}{L_{np}} f_1 + \frac{T_1 - z_1}{d_1} \cos \frac{k\pi}{L_{np}} f_1 - \frac{T_2 - z_2}{d_2} \cos \frac{k\pi}{L_{np}} f_2 - \right. \\ & \left. - \left(\frac{T_1 - z_1}{d_1} - \frac{T_2 - z_2}{d_2} \right) (-1)^k + \frac{R_2 - R_1}{a} \right\}, \end{aligned} \quad (9)$$

где z_1 и z_2 – нормальная нагрузка и реакция у границ опорной зоны соответственно.

В выражении (9), если эпюра имеет вид трапеции с минимальным значением нормальной нагрузки и реакции по оси выработки T_{n1} и T_{n2} и максимальными значениями их в опорной зоне, члены $(T_{n1} - z_1)$ и $(T_{n2} - z_2)$ принимаются равными нулю. Расстояния b_1 и b_2 принимаются равными $l_n + d_0$, $f_1 = f_2 = L_{np}$. Если эпюра над выработанным пространством распределяется по трапеции с минимальным значением z_1 и z_2 у границы очистных работ, T_{n1} и T_{n2} принимаются равными нулю. Значение S_n во всех случаях, кроме первого от угольного пласта слоя породы, принимается равным нулю.

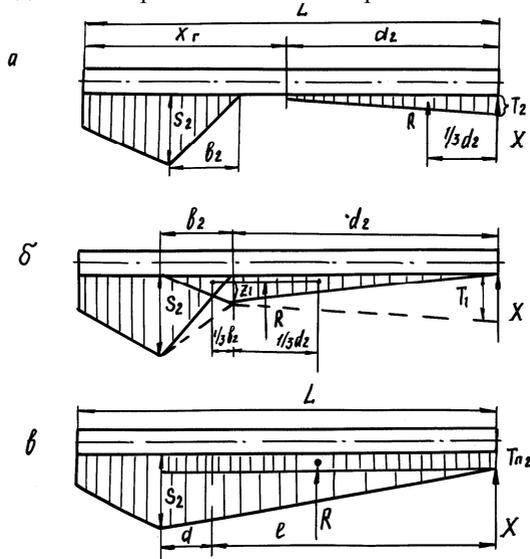
Максимальные расчетные опускания слоя породы определяются по выражению

$$y_p = \frac{24L_{np}^3}{\pi^3 R_{cs}^3 E_n} \left(B_{1k} + \frac{B_{2k}}{27} \right).$$

Если расчетные опускания y_p окажутся больше максимально возможных y_0 , над выработанным пространством определяется дополнительная распределенная реакция и корректируется максимальная нагрузка в опорной зоне.

Исходя из разности вычисленных и максимально возможных опусканий через коэффициент B_{1k} , определяется вначале реактивный момент, затем реактивная сила X (рис. 3) [2]. По реактивной силе с учетом момента переноса вычисляется равнодействующая R дополнительной распределенной реакции, которая приложена в центре тяжести площади. Закон распределения дополнительной реакции принимается в зависимости от формы рассматриваемой эпюры. В

том случае, когда ниже рассматриваемого слоя залегает менее жесткий слой и имеет место полость расслоения ($b_1 > 1,05b_2$, см. рис. 3, а), дополнительная реакция распределяется по треугольнику, основание которого равно расстоянию от оси выработки до «геометрической» точки перегиба слоя.



а – для слоев, расположенных вблизи контура выработки; б и в – для слоев, расположенных на удалении от разрабатываемого пласта

Рис. 2 – Расчетные схемы для определения дополнительной реакции

Здесь допускается, что равнодействующая реакции R приложена в центре тяжести треугольника на расстоянии $1/3d_2$. Она устанавливается по реактивной силе X с учетом изгибающего момента, вызванного переносом этой силы в центр тяжести треугольника. Исходя из этого, получены выражения для определения дополнительной реакции T_g и корректировки физических параметров эпюры реакции в характерных точках S_{2k} и T_{2k} .

$$T_g = \frac{0,7B_{1k} \left(1 - \frac{y_0}{y_p}\right) (L_{np} + 0,33d_2)}{(L_{np} - 0,33d_2)d_2};$$

$$S_{2k} = S_2 - \frac{T_g \cdot d_2}{f_2}; T_{2k} = T_2 + T_g.$$

В случае, когда рассматриваемый и нижележащий слои имеют одинаковую жесткость и деформируются совместно ($b_1 \leq 1,05b_2$), дополнительная реакция принимается в виде двух треугольников высотой z_1 и основаниями b_2 и d_2 (рис. 3, б), равнодействующая дополнительной реакции R приложена в центре тяжести этих треугольников. Для определения дополнительной реакции у границы опорной зоны z_g используется выражение:

$$z_g = \frac{0,7B_{1k} \left(1 - \frac{y_0}{y_p}\right) (L_{np} + 0,22 + 0,67d_2)}{(L_{np} - 0,22b_2 - 0,67d_2)(b_2 + d_2)},$$

а затем корректируются значения максимальной реакции S_{2k} и реакции у границы опорной зоны z_{2k} по выражениям

$$S_{2k} = S_2 - \frac{z_g (b_2 + d_2)}{f_2},$$

$$z_{2k} = z_2 + z_g.$$

Если залегают два смежных слоя одинаковой жесткости, полость расслоения над очистной выработкой не образуется ($b_1 \leq 1,05 b_2$), у границы опорной зоны $z_2 = 0$ и над выработанным пространством нагрузка не может превышать собственной массы породы, расчет дополнительной реакции производится в следующем порядке. Определяется дополнительная реакция T_g и суммируется с первоначальной $T_0 = T_2 + T_g$.

При условии $T_2 + T_g > \gamma H$, определяется разность $T_p = T_0 - \gamma H$ и вычисляется дополнительная реакция у границы опорной зоны

$$z_g = \frac{0,5T_p d_2 (L_{np} + 0,17b_2 + 0,17d_2)}{(L_{np} - 0,83d_2 - 0,17b_2)(b_2 + d_2)}.$$

После этого корректируется максимальная реакция в опорной зоне

$$S_{2k} = S_2 - \frac{(\gamma H - T_2 + z_g)d_2 - z_2 b_2}{f_2},$$

$$z_{2k} = z_g; T_{2k} = \gamma H.$$

Для слоев, расположенных вблизи дневной поверхности, когда нормальная нагрузка и реакция распределяются по трапеции с минимальным значением по оси выработки T_{n2} , дополнительная реакция определяется из следующих условий. Допускается, что эта реакция распределяется в виде прямоугольника по длине слоя в пределах расстояния $(a + l_n)$. Равнодействующая реакции (рис. 5, в) приложена в центре тяжести этого прямоугольника. Дополнительная реакция T_{ng} определяется из выражения

$$T_{ng} = \frac{0,7B_{1k} \left(1 - \frac{y_0}{y_h}\right) (2l + l_n + d_0)}{(2L - l_n - d_0)(l_n + d_0)},$$

после чего корректируются значения максимальной реакции S_{2k} и реакции над серединой выработки T_{n2k} по выражениям

$$S_{2k} = S_2 - \frac{T_{ng} (l_n + d_0)}{L_{np}},$$

$$T_{n2k} = T_n + T_{ng}.$$

Таким образом, после выполненных расчетов устанавливаются закономерности распределения нормальных нагрузок на слои пород надугольной толщи в заданных условиях с учетом всех технологических параметров. Это позволяет осуществлять прогноз напряженно-деформированного состояния заданных слоев и выбирать технологические параметры, обеспечивающие безопасность работ и эффективность работы техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савостьянов А.В., Клочков В.Г. Концепция теории сдвижения пород при подземной разработке угольных месторождений // Сб. науч. тр. НГАУ. – 1999. – Т. 3, №7. – С. 24-29.
2. Савостьянов А.В., Клочков В.Г. Управление состоянием массива горных пород. – К.: УМК ВО, 1992. – 276 с.
3. Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Сдвижкова Е.А. Некоторые задачи статистической геомеханики. – К.: Пульсары, 2002. – 304 с.

УДК 622.553.431:552.323.5

Надуть В.П., Эрперт А.М., Гринюк Т.Ю.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ХАРАКТЕРА ЗАВИСИМОСТИ ВЫХОДА ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ПОРОДЫ И САМОРОДНОЙ МЕДИ ОТ КЛАССА КРУПНОСТИ

У статті наведені результати математичного моделювання експериментальних досліджень вмісту самородної міді та його залежності від маси і гранскладу проб базальтової сировини.

DEFINITION OF THE LAW OF DISTRIBUTION AND CHARACTER DEPENDENCES OF AN EXIT OF THE CRUSHED BREED AND NATIVE COPPER FROM A SIZE GRADE

In clause the results of mathematical modelling of experimental researches of the contents native copper and its dependence on weight and granule composition of tests of basalt raw material are given.

Предпромышленная подготовка комплексной переработки добываемого сырья предполагает извлечение самородной меди, которая неравномерно залегают в породах. Возникает необходимость прогноза выхода меди для разработки технологической схемы ее извлечения. Предыдущими экспериментальными исследованиями базальтовых пород Рафаловского карьера были установлены экспериментальные зависимости количества меди от массы и крупности исследуемой дробленой лавобрекчии, которые показали, что наибольший выход самородной меди наблюдается в мелкодробленой породе крупностью в интервале от 10 до 1,0 мм [1].

Целью выполненных исследований являлось установление закона распределения выхода самородной меди, основанное на конкретных пробах месторождения.

Особенностью выполненных экспериментальных исследований является то, что они основывались на известной методике малых проб, поскольку в процессе исследований было отобрано 10 проб базальтовой лавобрекчии по 10 кг в каждой пробе. Основными компонентами базальтового месторождения являются: чистый базальт, лавобрекчия и туф. Наиболее высокое содержание меди об-