

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 622.831

В.Е. Ануфриев, Ю.Ю. Самолетов, В.А. Пинаев

ПАРАМЕТРЫ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В КРАЕВОЙ ЗОНЕ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ ПРИ ПОЛНОЙ ПОДРАБОТКЕ ЛЕГКО- И СРЕДНЕОБРУШАЕМЫХ КРОВЕЛЬ

Решение этой задачи необходимо при оценке суммарных действующих напряжений в приконтурном массиве примыкающих к пласту выработках и сопряжений. При аппроксимации кривой опорного давления используется уравнение баланса нагрузки* [1, 2]. Закон нарастания нагрузки в зоне опор-

$\sigma_0 = \sigma_{пл} k_c$ - сопротивление угля на краю, равное сопротивлению на одноосное сжатие куба, вырезанного из пласта (остаточная прочность);

$\sigma_{пл}$ - условно-мгновенная (кубиковая) прочность пласта по данным лабораторных испытаний образцов угля до проведения выработок [3];

- эмпирические коэффициенты, t - время длительности нагрузки, мес.;

$k_\sigma = 0.336 f + 0.16$ - коэффициент структурного ослабления пласта [4].

По мере увеличения глубины от поверхности прочность пород увеличивается. По дан-

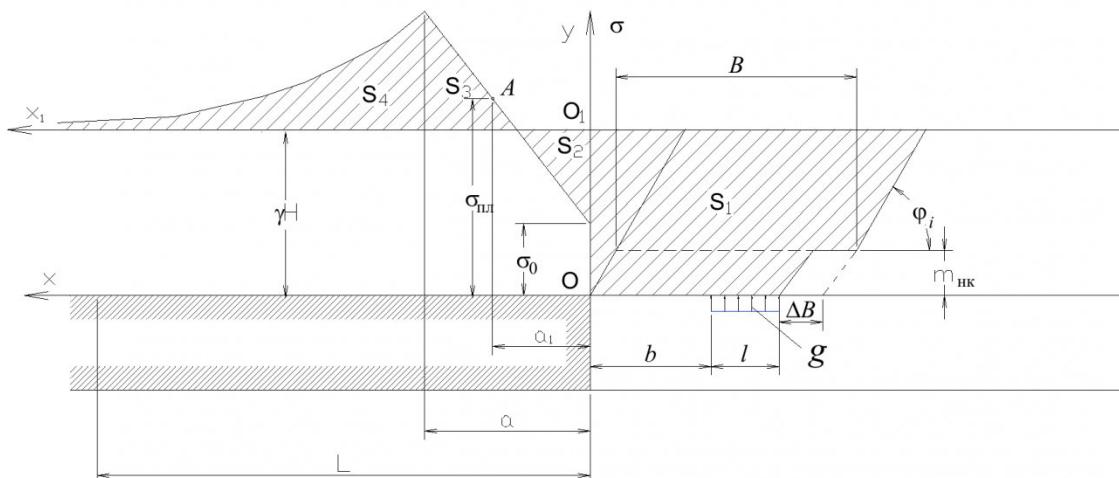


Рис. 1. Схема к расчету параметров опорного давления в краевой зоне угольного пласта

ного давления в соответствие с [1, 2] и расчетной схемой (рис. 1) можно аппроксимировать прямой

$$\sigma = -\gamma H + \sigma_0 + k_x x \quad (1)$$

где σ - нормальная к пласту компонента напряжений;

k_x - коэффициент пропорциональности; согласно [1]

$$k_x = \frac{1,3 \sigma_0}{h};$$

$k_c = k(t) \cdot k_\sigma$ - обобщенный коэффициент снижения прочности пласта на его обнажении;

$k(t)$ -коэффициент снижения прочности от длительности действия нагрузки, в соответствии с методикой [3]

$$k(t) = \alpha + \beta \left(\frac{I}{I+t} \right)^m,$$

$$\alpha = 0.3 \div 0.6, \beta = 0.4 \div 0.6, m = 0.6$$

ным [4] до глубины 40 м прочность пород снижена в 4 – 6 раз вследствие процессов выветривания. С глубины от 40 м до 250 – 300 м прочность пород возрастает в 1,2 – 1,4 раза. Поэтому данный фактор должен учитываться в исходных данных для расчета.

$2h = m_e$ – вынимаемая мощность пласта;

x - расстояние от краевой зоны угольного пласта;

Убывание нагрузки от σ_{max} до уровня γH можно аппроксимировать выражением [2, 6]:

* Создаваемые основной кровлей моменты не учитываются вследствие того, что по мере смещения пород кровли и уплотнения обрушенных пород в режиме заданных деформаций, в последних возникает компенсирующий реакционный момент противоположного направления.

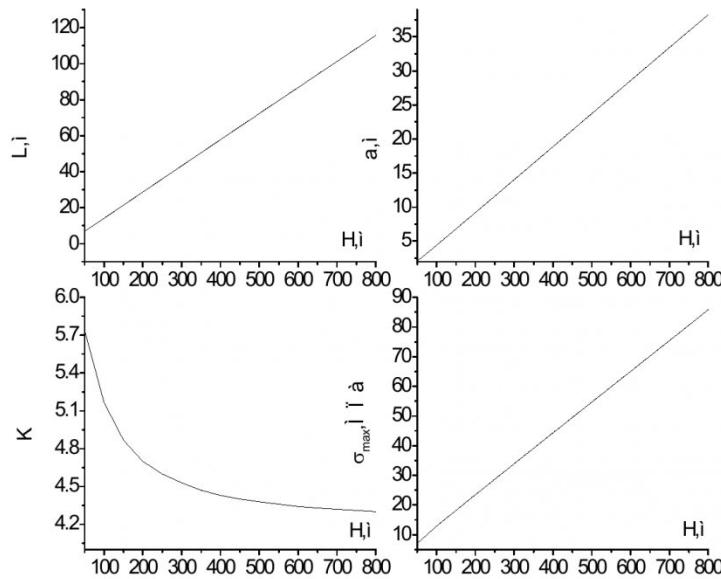


Рис. 2. Зависимость a , σ_{\max} , k , L от глубины работ.

$$\sigma_{ni}=10, \text{ МПа}, k(t)=0.9, m=3\text{м}, B=11\text{м}, \varphi_3=67.6^\circ$$

$$\sigma = d / x^2, \quad (2)$$

где d - размерный коэффициент аппроксимации.

Параметр d определяется из условия непрерывности напряжений на границе предельно-напряженной зоны с упругой.

При $x=a$, вследствие непрерывности напряжений

$$\sigma(a-0) = \sigma(a+0), \\ -\gamma H + \sigma_0 + k_x x = \frac{d}{x^2} \quad (3)$$

Уравнение баланса нагрузки в соответствии с [1] и графическими представлениями (рис. 1) имеет вид:

$$S_1 + S_2 = S_3 + S_4 \quad (4)$$

где

$$S_1 = \left[\frac{1}{2} \gamma H^2 \operatorname{ctg} \varphi_i + (b + l + \Delta B) \gamma H - \Delta B m_{hk} \gamma - g l \right] \cos \alpha \quad (5)$$

$$\Delta B = B - B - l, \quad (6)$$

где B - шаг посадки основной кровли;

b - ширина призабойного пространства, не поддерживающего мех. крепью;

l - длина мех. крепи;

m_{hk} - мощность непосредственной кровли;

$$S_4 = \int_a^\infty \frac{d}{x^2} dx = \frac{d}{a}. \quad (7)$$

Подставляя в (4) полученные выражения S_1 , S_2 , S_3 , S_4 и учитывая уравнения (2) и (3), получим квадратное уравнение относительно a

$$\frac{3}{2} k_x a^2 + 2(\gamma H - \sigma_0) a = c \quad (8)$$

где

$$c = \left[\frac{1}{2} \gamma H^2 \operatorname{ctg} \varphi_i + (b + l + \Delta B) \gamma H - \Delta B m_{hk} \gamma - g l \right] \cos \alpha \quad (9)$$

Решая (8), получим

$$a = \{2(\gamma H - \sigma_0) + \sqrt{4(\gamma H - \sigma_0)^2 + 6k_x c}\} / 3k_x \quad (10)$$

Максимальное дополнительное напряжение по нормали к пласту в системе $x_1 O_1 \sigma_1$

$$\Delta \sigma_{\max} = -\gamma H + \sigma_0 + k_x a = k_x a - (\gamma H - \sigma_0). \quad (11)$$

Максимальное напряжение в системе $xO\sigma$

$$\sigma_{\max} = \sigma_0 + k_x a \quad (12)$$

Коэффициент концентрации напряжений

$$k = \frac{\sigma_{\max}}{\gamma H} \quad (13)$$

Коэффициент d при $x=a$ в системе $xO\sigma$

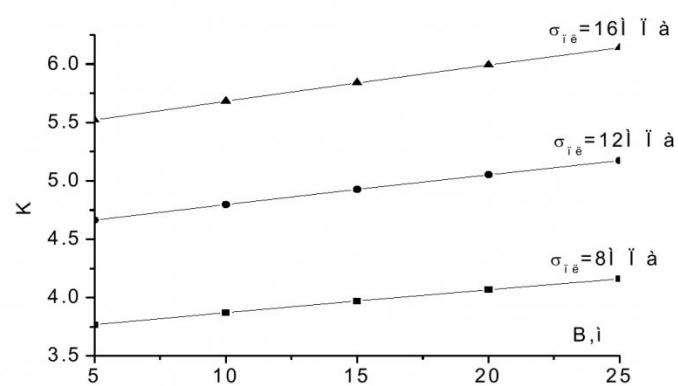


Рис. 3. Зависимость k от шага посадки B основной кровли и первоначальной прочности пласта;

$$H=300 \text{ м}, m=3 \text{ м}, k(t)=0.9, k_c=0.8, \varphi_3=67.6^\circ$$

$$d = a^2(\sigma_0 + k_x a) \quad (14)$$

При 2% - превышении уровня γH протяженность зоны опорного давления σ_{\max} равна

$$L_0 = L_1 + a = a \left(1 + \sqrt{\frac{k}{1,02}} \right) \quad (15)$$

При оценке суммарного действия напряжений от выработок в какой-то точке к сумме напряжений добавляется γH

$$\sum \sigma_i = \sum \Delta \sigma_i + \gamma H. \quad (16)$$

Параметр a из (10) характеризует ширину предельно напряженной зоны. В краевой зоне угольного пласта при $x=0$ напряжения равны остаточной прочности пласта σ_0 . С увеличением x наблюдается рост напряжений. В некоторой точке A напряжения достигнут величины, равной начальному сопротивлению σ_{nl} пласта до проведения выработки. Эта точка характеризует границу зоны, от которой породы кровли при приближении к краю от точки x получают всё меньшую реакцию отпора. Таким образом параметр x характеризует ширину зоны с пониженной прочностью относительно первоначальной и породы кровли в этой зоне не получают первоначальной реакции отпора.

Координата точки А, где $\sigma = \sigma_{nl}$ определяется из соотношения

$$\frac{\sigma_{\max} - \sigma_{nl}}{a - a_1} = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_0}{a},$$

откуда определяется значение a_1 при $\sigma_{nl} < \sigma_{\max}$

$$a_1 = a \left[\frac{\sigma_{nl} - \sigma_0}{\sigma_{\max} - \sigma_0} \right]. \quad (17)$$

При $\sigma_{nl} > \sigma_{\max}$ по кривой спада напряжений, возникающих в боку выработки сразу после выемки пласта в забое на одну заходку, a_1 определяется из выражения:

$$a_1 = a \sqrt{\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{nl}}}.$$

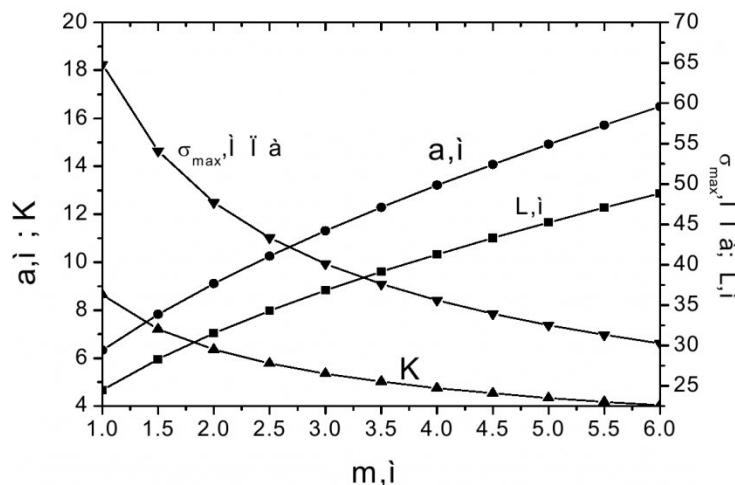


Рис. 4. Зависимость a , σ_{\max} , k , L от мощности пласта m при $\sigma_{nl}=10$ МПа, $k(t)=0.9$, $m=3$ м, $H=300$ м, $B=11$ м, $\varphi_3=67.6^\circ$

При $\sigma_{nl} > \sigma_{\max}$ $a_1 = a$.

Значения углов давлений зависят от крепости пород f и угла залегания α . Построенные по данным [1] зависимости $\varphi_i(f, \alpha)$ имеют вид:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= -0,016f_1^2 - 1,16f_1 - \\ &\quad - 0,02f_1\alpha - 0,3\alpha + 70 \\ \varphi_2 &= -0,016f_1^2 - 1,16f_1 + \\ &\quad + 0,03f_1\alpha + 0,4\alpha + 70 \\ \varphi_3 &= -0,016f_1^2 - 1,16f_1 + 70 \end{aligned} \quad (18)$$

Определяемые параметры a , σ_{\max} , k , L опорного давления от выработанного пространства лавы зависят, прежде

всего, от глубины работ (рис. 2).

Судя по изменению коэффициента концентрации напряжений (рис. 3.), на параметры опорного давления влияет шаг посадки B основной кровли и первоначальная прочность пласта.

Графики рис. 4, 5, 6 иллюстрируют зависимости параметров a , σ_{\max} , k , L от изменения мощности пласта, коэффициента $k(t)$ снижения прочности пласта от длительности действия нагрузки, от первоначальной прочности пласта σ_{nl} .

Представление о координате точки А в виде (17) создает возможность её оценки в краевых частях выработок

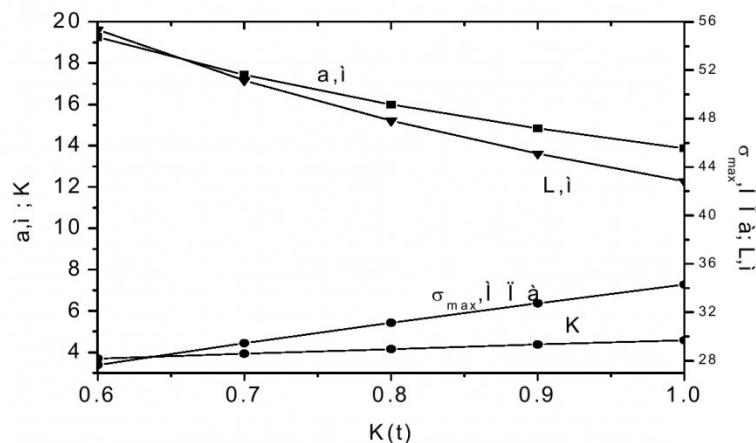


Рис. 5. Зависимость a , σ_{\max} , k , L от коэффициента $k(t)$ снижения прочности пласта от длительности действия нагрузки при $\sigma_{nl}=10$ МПа, $H=300$ м, $B=10$ м, $\varphi_3=67.6^\circ$

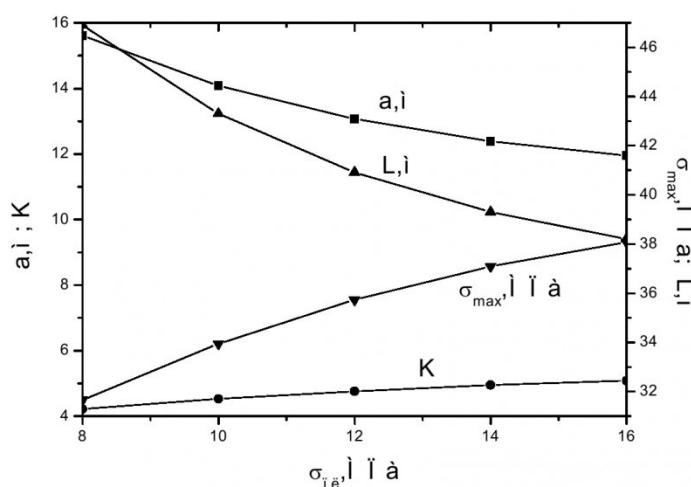


Рис. 6. Зависимость a , σ_{max} , k , L от первоначальной прочности пласта σ_{n1} на краю при $K(t)=0.9$, $H=300$ м, $t=3$ м, $B=5$ м, $\varphi_3=67.6^\circ$

различного назначения в зоне влияния очистных работ, в частности при вскрытии лавой разрезных печей, сопряжений выработок в зависимости от суммарно действующих напряжений от опорного давления лавы и подготовительной выработки или их сопряжений.

Знание координаты точки А необходимо при проектировании крепления анкерами бортов выработки, при определении параметров свода давлений, например на границе

с выработанным пространством, когда одной опорой свода являются уплотненные обрушенные породы.

Вышеизложенная аналитическая оценка параметров опорного давления проведена для сечений пласта, приуроченных к серединной части выработанного пространства, где подработанная кровля имеет одностороннее защемление над краевой зоной угольного пласта. В краевых частях пласта, примыкающих к угловым

частям выработанного пространства, максимальное напряжение σ_y сжатия на пласт вследствие двухстороннего защемления слоев пород основной кровли ниже, чем для срединной части лавы. Проведенная оценка σ_{max} по методике [1] для срединной и угловой части лавы показывает на снижение $\Delta\sigma_{max}$ на $\approx 13\%$, $\Delta a \approx 17\%$. Поэтому при определении суммарного проявления опорного давления от подработки кровли пласта лавой и подготовительной выработкой на их сопряжении возникает необходимость в учете этого снижения.

Таким образом, получены оценки параметров опорного давления от подработки пород кровли легкой и средней обрушаемости длинных очистных забоев на пластиах пологого залегания в зависимости от глубины работ, мощности пласта, шага посадки основной кровли, ширины призабойного пространства, первоначальной прочности пласта, снижения прочности пласта от длительности действия нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.М. Петухов, А.М. Линьков, В.С. Сидоров, Н.А. Фельдман. Теория защитных пластов. М., «Недра», 1976, 226с.
2. В.А. Гоголин, Т.Н. Кургузкина. Аналитическая оценка распределения опорного давления при полной подработке поверхности. Вестник КузГТУ, 2-04, С.8-13.
3. Методическое руководство по расчету геомеханических параметров технологии отработки угольных пластов короткими забоями. Санкт-Петербург – 2001
4. А.П. Широков, Б.Г. Писляков. Расчет и выбор крепи сопряжений горных выработок. М., «Недра», 1978, 304с.
5. Г.Г. Штумпф, Ю.А. Рыжков, В.А. Шаламов, А.И. Петров. Физико-технические свойства пород и углей Кузнецкого бассейна. Справочник. М.:Недра, 1994, 447 с.
6. С.Г. Лехницкий. Теоретическое исследование напряжений в упругом анизотропном массиве вблизи подземной выработки эллиптического сечения. –Л. ВНИМИ, 1962.

□ Авторы статьи

Ануфриев Виктор Евгеньевич -с.н.с., канд.техн.наук, ИУУ СО РАН	Самолетов Юрий Юрьевич -нач.технологического Управления ЗАО «Распадская угольная компания»
---	---

Пинаев
Виктор Алексеевич
- канд. физ.-мат. наук, доц. каф.
высшей и прикладной математики
(Кемеровский институт РГТЭУ)