Ордена Трудового Красного Знамени
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА
имени А.А.Скочинского

МЕТОДИКА ВЫБОРА СПОСОБОВ ОХРАНЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ОТ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГЛУБОКИХ ШАХТ

МОСКВА
1972

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР

Академия наук СССР

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт горного дела им. А.А.Скочинского

Утверждена

директором института
проф., докт. техн. наук

А.В.Докукиным

МЕТОДИКА ВЫБОРА СПОСОБОВ ОХРАНЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ОТ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГЛУБОКИХ ШАХТ



Москва
1972

УДК 622.831

Методика составлена на основании научно-исследовательских работ, выполненных лабораторией горного давления ИГД им. А.А.Скочинского в период 1968-1971 гг. по проблеме разработки угольных пластов на больших глубинах.

Методика предназначается для выбора способов охраны подготовительных выработок при разработке проектов новых и реконструкции действующих угольных шахт на глубоких горизонтах. Она рассчитана на инженерно-технических работников проектных и научно-исследовательских организаций, шахт и комбинатов, занимающихся вопросами проектирования и эксплуатации подземных горных выработок.

Методика выполнена коллективом авторов: В.И.Барановским, М.И.Весковым, С.Н.Выборновой, А.Я.Графовой, И.П.Шмыковым.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при подземной добыче угля, в связи с тенденцией повышения нагрузки на очистной забой и ростом концентрации горных работ, проблема охраны горных выработок и обеспечения их безремонтного содержания за весь срок эксплуатации приобретает особо актуальное значение.

Это объясняется тем, что неудовлетворительное состояние подготовительных выработок осложняет работу транспорта, нарушает нормальную вентиляцию и ритмичную работу очистных забоев, что в конечном итоге ведет к снижению технико-экономических показателей по шахте. Поэтому при разработке проектов новых и реконструкции действующих угольных шахт необходимо располагать методикой, позволяющей научно обоснованно выбирать наиболее эффективные способы охраны выработок, обеспечивающие безремонтное содержание последних.

Предлагаемая методика составлена применительно к горногеологическим и горнотехническим условиям разработки пологих пластов тонких и средней мощности, так как добыча угля из этих пластов составляет почти 70% от общей подземной добычи. Кроме того, в перспективе предполагается дальнейшее увеличение добычи угля из этих пластов. Так, например, в Донецком бассейне новые шахты закладываются в основном на участках с пологим падением угольных пластов.

Группировка шахтопластов основных угольных бассейнов страны по главным природным факторам показала, что пологие тонкие и средней мощности пласты залегают в основном среди пород типа аргиллитов и алевролитов [I].

Следовательно, при отработке этих пластов горные выработки приходится проходить среди слабых и неустойчивых пород, которые под действием горного давления выжимаются в выработки.

Как показывают шахтные наблюдения, деформации этих пород в выработках, особенно с увеличением глубины разработки, достигают значительных размеров и иногда составляют 30–40 см в месяц. Величина деформации пород зависит от ряда факторов, но основными из них являются: глубина разработки, физико-механические свойства и мощность непосредственно вмещающих пласт пород, способ охраны выработок от горного давления и влияние очистных работ.

Чтобы выбрать наиболее эффективные схемы подготовки, системы разработки и способы охраны, необходимо располагать методом, позволяющим заранее определить возможную величину деформации пород в выработках за весь срок их службы в зависимости от указанных выше факторов. Как показали исследования, для решения этой задачи наиболее целесообразно воспользоваться методами механики горных пород, применение которых дает возможность более полно описать физическую сущность явлений, происходящих в горном массиве.

Прогнозирование состояния устойчивости выработок при проектировании систем разработки и способов охраны выработок на основе статистической обработки фактических данных затруднительно, так как обычно отсутствуют соответствующие аналоги на действующих шахтах.

I. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПОРОД В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Анализ стратиграфических разрезов шахтопластов показал, что для пологих пластов тонких и средней мощности характерно слоистое строение горного массива и существенное изменение прочностных свойств пород при переходе от слоя к слою различного литологического состава. Непосредственная кровля или почва, а иногда и то и другое у большинства пластов представлены слабыми породами, поэтому в определенных условиях в результате проведения выработок в этих слоях возникает процесс течения пород. Такой процесс наиболее полно описывает реологическая модель, учитывающая пластические и вязкие свойства горных пород (рис.I).

Обозначим через σ_{ij}^{p} и σ_{ij}^{v} тензоры напряжений соответственно на элементе пластичности p и элементе вязкости V реологической модели. Тогда определяющее уравнение для условий пластичности запишется в форме Мизеса

$$\sigma_{ij}^{p}\left(\sigma_{ij}^{p}-\frac{1}{3}\sigma_{kk}\delta_{ij}\right)=2\tau_{s}^{2}, \qquad (I.1)$$

где τ_s – предел текучести пород;
δ_{ij} – символ Кронекера;
σ_{kk} – среднее значение тензора напряжений.

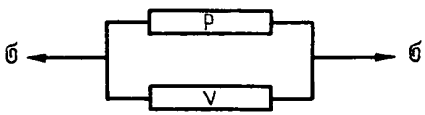


Рис. I. Реологическая модель

Из ассоциированного закона течения вытекает определяющее уравнение для элемента p в виде

$$\sigma_{ij}^{p}=\vartheta_{2}^{-\frac{1}{2}}\dot{\varepsilon}_{ij}+\frac{1}{3}\sigma_{kk}^{p}\delta_{ij};$$
$$\dot{\varepsilon}_{ij}=\frac{1}{2}\left(v_{ij}+v_{ji}\right), \qquad (I.2)$$

где ϑ_2 – второй основной инвариант тензора скоростей деформаций,
v_{ij} – скорость частиц горнои породы,
ε_{ij} – тензор скоростей деформаций.

Для элемента вязкости определяющее уравнение запишется в следующем виде:

$$\sigma_{ij}^{v}=2\eta(t)\dot{\varepsilon}_{ij}+\frac{1}{3}\sigma_{kk}^{v}\delta_{ij}, \qquad (I.3)$$

где η – коэффициент вязкости породы.

Напряжения σ_{ij} в горном массиве будут складываться из напряжений на элементах пластичности и вязкости, поэтому определяющее уравнение для горных пород записывается следующим образом:

$$\sigma_{ij} = \left[2\eta(t) + \frac{\tau_s}{\sqrt{J_2}} \right] \cdot \dot{\varepsilon}_{ij} - p\delta_{ij} . \qquad (I.4)$$

Используя выражение (I.4) и известные уравнения движения Коши, получим уравнение, описывающее течение горных пород в векторно-тензорной форме

$$\frac{DV}{\partial t} = K - \frac{1}{\rho} \operatorname{grad} p - \frac{1}{\rho} \left(\eta + \frac{\tau_s}{\Omega} \right) \left(\Delta V + \frac{1}{3} \operatorname{grad} \operatorname{div} V \right) -$$

$$- \frac{2\tau_s \dot{\varepsilon}}{\rho \Omega^2} \operatorname{grad} \Omega - \frac{2}{3} \frac{\tau_s}{\rho \Omega^2} \operatorname{grad} \Omega \operatorname{div} V , \qquad (I.5)$$

где K - вектор массовых сил;

$p = \frac{1}{3} \sigma_{kk}$;

ρ - плотность горных пород;

$\Omega = y^{\frac{1}{2}}$.

При выводе расчетных формул для определения смещений пород в подготовительных выработках можно принять ряд упрощающих положений, которые определяются горной обстановкой и не вносят существенных погрешностей в конечный результат. Для тех глубин, на которых в настоящее время ведутся горные работы в шахтах, величина массовых сил по сравнению с весом вышележащих пород ничтожно мала и ими вполне можно пренебречь. Учитывая большую протяженность подготовительных выработок по сравнению с их сечением, решение задачи можно свести к определению плоской деформации. Кроме того, согласно третьей гипотезе А.А.Ильюшина, не допуская большой погрешности, можно принять $\operatorname{div} V = 0$.

При указанных допущениях выражение (I.5) запишется в более простом виде

$$\frac{DV}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \operatorname{grad} p - \frac{1}{\rho} \Delta V \left(\eta + \frac{\tau_s}{\Omega} \right) - \frac{2\tau_s \cdot \dot{\varepsilon}}{\rho \Omega} \operatorname{grad} \Omega . \qquad (I.6)$$

При проведении выработки в породах непосредственной кровли и почвы возникает зона вязкопластического течения, интенсивность которого определяет интенсивность смещений контура выработки. Интенсивность смещения контура выработки (V_i) в направлении, перпендикулярном плоскости напластования, будет складываться из интенсивности смещения на контакте пород непосредственной и основной кровли (почвы) (V_i^0) и из интенсивности смещения за счет выжимания пород в выработку из вязкопластической зоны (V_i'), т.е.

$$V_i = V_i^0 + V_i' \,. \qquad (I.7)$$

При определении V_i^0 принимается, что при наличии в выработке кровли с несущей способностью " q " выполняется условие равенства результирующего усилия, действующего на поперечное сечение слоя непосредственной кровли (почвы), и результирующего касательного усилия на поверхности контакта между слоем непосредственной кровли (почвы) и слоем основной кровли (почвы).

Учитывая это условие, а также применяя уравнение (I.6) и граничные условия $\sigma_x^\infty = \gamma H$, $\sigma_y^\infty = \gamma H$, получаем уравнение для определения V_i^0

$$V_i^0 = \frac{9\left[\varphi(\gamma H) - \tau_s^i\left[\frac{\pi \ell h_i + \ell(2h_i - h^i)}{2h_i}\right] - 2\pi q \ell\right]^2 h_i}{\tau_s^i \left(\pi + \frac{2\ell}{h_i}\right)^3 \cdot \ell^2 \cdot h_i} \,, \qquad (I.8)$$

где $\varphi(\gamma H)$ – функция нагружения, обусловливаемая способом охраны подготовительной выработки и ведением очистных работ;

γ – объемный вес пород, т/м^3;

H – глубина расположения выработки, м;

ℓ – размер зоны в направлении оси x , в которой происходит течение пород (см. рис.I), м;

$2h_i$ – мощность пород непосредственной почвы (кровли) пласта, м;

$2a$ – ширина выработки, м;

h^i – величина подрывки при проходке выработки непосредственной почвы (кровли) пласта, м.

Значение V_i' определяется выражением

$$V_i' = \frac{V_i^0 \cdot \ell (2h_i - h^i)}{2h_i \cdot a} \cdot \qquad (I.9)$$

индекс "i" в выражениях (I.7), (I.8), (I.9) имеет значение "n" (почва) и "$к$" (кровля).

Подставляя в выражения (I.8),(I.9) данные, относящиеся к породам непосредственной почвы или кровли, получим соответственно величины V_n^0, V_n', $V_к^0$, $V_к'$.

Выражение для определения интенсивности смещения пород боков выработки запишется в следующем виде:

$$V_б = \frac{V_i^0 \cdot \ell}{2h_i} \cdot \qquad (I.10)$$

Подставляя в выражение (I.10) данные, относящиеся к непосредственной почве или кровле, получаем соответственно значение на уровне почвы или кровли пласта.

Знание интенсивности смещения пород и срока службы выработки позволяет оценить ее устойчивость и выбрать способ охраны, обеспечивающий безремонтное содержание выработки.

В понятие безремонтного содержания выработки вкладывается следующее: в процессе эксплуатации выработка должна иметь размеры и форму поперечного сечения в соответствии с требованиями "Правил технической эксплуатации и техники безопасности"по условиям вентиляции, транспорта и применяемого типа крепи.

Условия безремонтного содержания подготовительных выработок записываются в следующем виде:

$$\begin{aligned} W_n &\leq W_n^g ; \\ W_к &\leq W_к^g ; \\ W_б &\leq W_б^g , \end{aligned} \qquad (I.11)$$

где $W_n, W_к, W_б$ – смещения соответственно почвы, кровли и боков выработки за весь срок ее службы;

$W_n^g, W_к^g, W_б^g$ – допустимые смещения соответственно почвы, кровли

и боков выработки по правилам технической эксплуатации и техники безопасности угольных и сланцевых шахт.

Величина смещения пород со стороны почвы ($W_п$), кровли ($W_к$) и боков ($W_б$) выработки зависит в основном, как указывалось выше, от следующих горногеологических и горнотехнических факторов: глубины разработки, состава и свойств вмещающих пород, способа охраны выработки и срока ее эксплуатации.

Если первых два фактора определяются условиями разработки месторождения, то последние два определяются принятыми проектными решениями.

При разработке пологих пластов тонких и средней мощности в основном применяется столбовая система разработки и в дальнейшем предусматривается увеличение доли ее участия (80-90%) как системы, позволяющей более эффективно использовать средства комплексной механизации.

При столбовой системе разработки, в соответствии с технологическими схемами очистных и подготовительных работ [2], откаточный штрек охраняется по схеме массив - массив (проходка узким ходом), массив - породная полоса - массив (проходка широким ходом). Вентиляционный штрек охраняется по схеме массив - целик - выработанное пространство, породная полоса - массив.

При определении величины смещения пород в окрестности откаточного и вентиляционного штреков выделяется два периода: первый, когда штрек находится вне зоны влияния очистных работ, и второй, когда штрек находится в зоне влияния очистных работ.

Величина смещения пород в выработке за срок ее службы в первый период (вне зоны влияния очистных работ) составит:

со стороны почвы

$$W_{п_1} = V_{п_1} \cdot t_1 \; ; \qquad (I.I2)$$

кровли

$$W_{к_1} = V_{к_1} \cdot t_1 \; ; \qquad (I.I3)$$

боков

$$W_{б_1} = V_{б_1} \cdot t_1 \; , \qquad (I.I4)$$

где t_1 - срок службы выработки (суммарное время проведения выработки и разрезной печи, монтажа оборудования в лаве и отработки столба).

Во второй период (в зоне влияния очистных работ) величина смещения пород составит:

со стороны почвы $W_{п_2} = V_{п_2} \cdot t_2 \; ;$

кровли

$$W_{к2} = V_{к2} \cdot t_2 ; \qquad (I.I6)$$

боков

$$W_{б2} = V_{б2} \cdot t_2 , \qquad (I.I7)$$

где $t_2 = \frac{\mathcal{L}_0}{u}$; $\mathcal{L}_0$ – зона опорного давления,
u – скорость подвигания очистного забоя.

Суммарная величина смещения контура выработки будет определяться выражениями:
со стороны почвы

$$W_п = W_{п1} + W_{п2} ; \qquad (I.I8)$$

кровли

$$W_к = W_{к1} + W_{к2} ; \qquad (I.I9)$$

боков

$$W_б = W_{б1} + W_{б2} . \qquad (I.20)$$

2. ПОЛУЧЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ $W_п, W_к, W_б$.

Величины γ, H, $2h_i$, h^i, $2a$, q, входящие в исходные уравнения (I.8), (I.9), (I.IO), скорости подвигания очистных и подготовительных забоев, размеры выемочных полей принимаются в соответствии с проектом.

Величины предела текучести τ_s^i и коэффициента вязкости η_i определяются в результате реологических испытаний пород. Испытания проводятся при длительном действии на образец постоянной по величине сжимающей нагрузки $\sigma_н$, составляющей 40-80% от разрушающей. При этом ведется наблюдение за изменением деформации образца. По результатам испытаний строятся графики изменения относительных деформаций ε во времени t – семейства кривых ползучести, соответствующие различным ступеням нагружения. Для вычисления величин τ_s^i и η_i на графиках ползучести выбираются интервалы времени Δt, соответствующие стадии установившейся ползучести. Затем определяется величина приращения ползучести $\Delta\varepsilon = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$ за определенный промежуток времени и вычисляется скорость ползучести

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta t} . \qquad (2.I)$$

По значениям $\dot{\varepsilon}$ строится график зависимости скорости ползучести от уровня приложенного напряжения $\sigma_н / \sigma_{сж}$ и определяется предел текучести τ_s^i (рис.2). Коэффициент вязкости пород в момент времени t определяется по формуле Рейнера

$$\eta = \frac{1}{3}\frac{\sigma_н}{\dot{\varepsilon}} = \frac{1}{3}\frac{\sigma(t_2 - t_1)}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}, \qquad (2.2)$$

где $\sigma_н$ – приложенное напряжение, т/м^2;

ε_1 – относительная деформация ползучести в момент времени t_1;

ε_2 – относительная деформация ползучести в момент времени t_2.

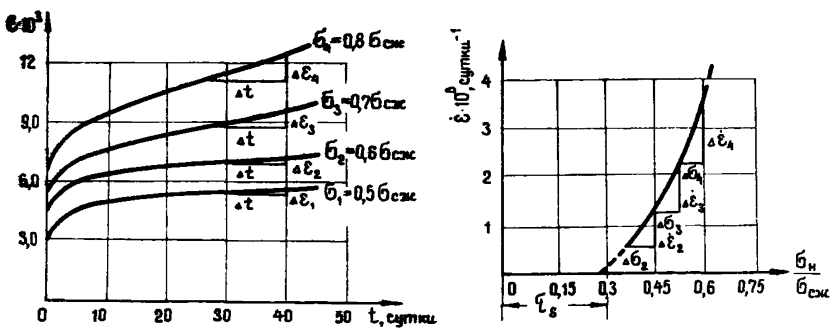


Рис. 2. Определение предела текучести и коэффициента вязкости

Значение коэффициента вязкости в начальный момент времени η_0 определяется на участке кривой, соответствующем начальной стадии ползучести, т.е. при $t \to 0$. Если же такие испытания провести не представляется возможным, то эти величины определяются через величину прочности вмещающих пород на одноосное сжатие ($\sigma_{сж}$), которая определяется геологоразведочными организациями. В этом случае τ_s^i принимается

для аргиллитов $\tau_s^i = (0{,}25 - 0{,}3)\,\sigma_{сж}$

для алевролитов $\tau_s^i = 0{,}35\,\sigma_{сж}$

В расчетные формулы величина τ_s^i вводится с учетом коэффициента масштабного фактора ($K_м$) и коэффициента длительной прочности ($K_д$), т.е.

для аргиллита $\tau_s^i = (0{,}25 - 0{,}3)\,\sigma_{сж} \cdot K_м \cdot K_g$; (2.3)

для алевролита $\tau_s^i = 0{,}35\,\sigma_{сж} \cdot K_м \cdot K_g$. (2.4)

По данным ВНИМИ $K_м = 0{,}7$ и $K_g = 0{,}7$.

При определении коэффициента вязкости η_i сначала по графику (рис.3) находится значение η_{io}, т.е. величина коэффициента вязкости на момент проведения выработки ($t \to 0$). Значение предела прочности на сжатие, при котором определяется η_{io} принимается равным $\sigma_{сж}^м = \sigma_{сж} \cdot K_м \cdot K_g$,

где $\sigma_{сж}^м$ – предел прочности на сжатие в массиве;

$\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие пород в образце.

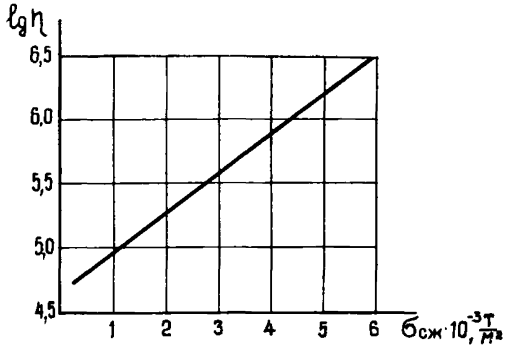


Рис. 3. Определение η_o

Значение величины η_i в выражениях (I.8), (I.9), (I.IO) на любой момент времени t, т.е. в интервале от начала проведения выработки до момента окончания отработки выемочного поля, определяется по формуле

$$\eta_i = \eta_{io} + \frac{10^K \cdot t}{\mu + \xi t} \quad , \qquad (2.5)$$

где t – время от начала проходки выработки до момента, в который определяется интенсивность смещения пород в выработке, сутки;

K – порядок степени у η_{io};

μ, ξ – коэффициенты.

Значение μ и ξ принимается из табл. I.

Таблица I

Порода	$\mu, \frac{м^2}{т}$	$\xi, \frac{м^2 \cdot сут}{т}$
Аргиллит	0,8	0,3
Алевролит	0,4	0,07
Песчаник	0,28	0,06

Величина зоны опорного давления ℓ_0, входящая в выражение (I.I7) принимается по графику (рис.4).

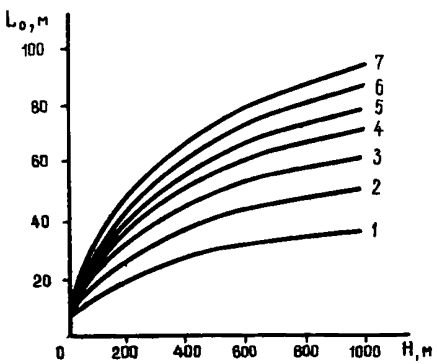


Рис. 4. Определение зоны опорного давления при мощности пласта 0,5 (I), I,0 (2), I,5 (3), 2,0 (4), 2,5 (5), 3,0 (6), 3,5 и (7)

Величины ℓ и функция нагружения φ (γH) определяются расчетным путем.

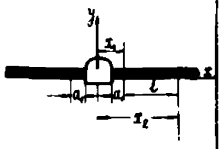
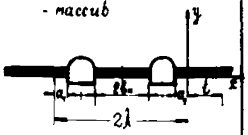
Величина ℓ определяется из выражения

$$2\tau_s^i \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{4} \frac{\ell}{h_i} \right) = \psi(\gamma H), \qquad (2.6)$$

где $\psi(\gamma H)$- функция, определяющая характер распределения нагрузки на слой пород непосредственной почвы (кровли).

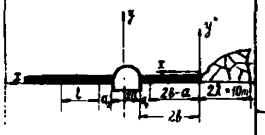
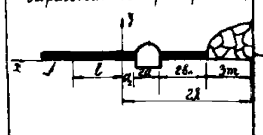
Таблица 2

Откаточный штрек

Способ охраны выработки	$\psi(\gamma H)$	Значение функции нагружения $\psi(\gamma H)$ вне зоны влияния очистных работ	Примечание
массив-массив 	$\psi_1(\gamma H)=K_1\gamma H\left[1+\frac{(a+a_1)^2}{x^2}\right]$ $x=a+a_1+l$	$\psi_1(\gamma H)=\int_{x_1}^{x_2}\psi_1\,dx=K_1\gamma H\cdot l\left(\frac{l+2a+2a_1}{l+a+a_1}\right)$	
массив-породная полоса-массив 	$\psi_2(\gamma H)=K_1\gamma H\left(1+\frac{\lambda^2}{x^2}\right)$ $x=\lambda+l$ $\lambda=b_n+2a+a_1$	$\psi_2(\gamma H)=\int_{x_1}^{x_2}\psi_2\,dx=K_1\gamma H\cdot l\left(\frac{2\lambda+l}{\lambda+l}\right)$	$x_1=\lambda$ $x_2=\lambda+l$

продолжение табл. 2

Вентиляционный штрек

Способ охраны выработки	$\psi(\gamma H)$	Значение функции нагружения $\psi(\gamma H)$ вне зоны влияния очистных работ	Примечание
массив-целик 	$\psi_3(\gamma H)=\psi(\gamma H)+K_1\gamma H\beta_1 e^{\frac{x}{\lambda}}$ $x'=2b+2a+a_1+l$ $\lambda=5\,m$	Со стороны массива $\psi_3(\gamma H)=\psi_1(\gamma H)+K_1\gamma H\beta_1\lambda\int_{x_1'}^{x_2'}e^{-\frac{x'}{\lambda}}dx$ $\psi_3(\gamma H)=\psi_1(\gamma H)+K_1\gamma H\beta_1\lambda\left(e^{-\frac{x_1'}{\lambda}}-e^{-\frac{x_2'}{\lambda}}\right)$ Со стороны целика	$x_1'=2b+2a+a_1$ $x_2'=2b+2a+a_1+l$
	$l=b$	$\psi_4(\gamma H)=\frac{1}{l}K_1\gamma H\int_{x_1}^{x_2}\left[1+\frac{a^2}{x^2}\right]dx+K_1\gamma H\beta_1\int_{x_1'}^{x_2'}e^{-\frac{x'}{\lambda}}dx$ $\psi_4(\gamma H)=K_1\gamma H\left[2b\left(\frac{a+l}{a+2b}\right)+\beta_1\lambda\right]$	$x_1=a$ $x_2=a+2b$ $x'=2b$
массив-породная полоса-выработанное пространство 	$\psi_5(\gamma H)=K_1\gamma H\left(1+\frac{\lambda^2}{x^2}\right)$ $x=l+\lambda$ $2\lambda=a_1+2a+2b_n+5\,m$	Со стороны массива $\psi_5(\gamma H)=\int_{x_1}^{x_2}\psi_5(\gamma H)\,dx=K_1\gamma H\cdot l\left(\frac{2\lambda+l}{\lambda+l}\right)$	$x_1=\lambda$ $x_2=\lambda+l$
	$l=b_n$	Со стороны выработанного пространства $\psi_6(\gamma H)=K_1\gamma b_n\left(\frac{10+H_{max}}{e}\right)$	

Значение $\psi(\gamma H)$ для различных способов охраны принимается из табл. 2. Величины, входящие в выражения для определения $\psi(\gamma H)$, находятся следующим образом:

Величина K_α – коэффициент, учитывающий угол падения пласта, определяется из выражения

$$K_\alpha = \cos^2\alpha + 0{,}5\sin^2\alpha , \qquad (2.7)$$

где α – угол падения пласта.

Величина a_1, входящая в выражение функции $\psi(\gamma H)$ (табл.1) и характеризующая величину фиктивного увеличения ширины выработки за счет разрушения горных пород на контуре, находится из выражения [3]

$$a_1^3 + 12h_i \cdot a_1^2 + 8h_i^2\left[4 - \left(\frac{\gamma H}{\sigma_{сж}}\right)^2\right]a_1 - 8h_i^2\left(\frac{\gamma H}{\sigma_{сж}}\right)^2 \cdot a = 0. \qquad (2.8)$$

Таким образом, принимая для соответствующего способа охраны функцию $\psi(\gamma H)$ и подставляя в выражение (2.6), получим значение ℓ.

Интегрируя функцию $\psi(\gamma H)$ в пределах $x_1 - x_2$, получим функцию нагружения $\varphi(\gamma H)$ вне зоны влияния очистного забоя при различных способах охраны выработки (табл. 2).

Среднее значение функции нагружения в зоне влияния очистных работ определяется по тем же формулам, что и вне зоны, но с добавлением в эти выражения еще одного члена

$$\frac{\ell \cdot K_\alpha \cdot \gamma H \cdot \beta_1}{\mathcal{L}_0}\int_0^{z=\mathcal{L}_0} e^{-\frac{z}{\lambda}} \cdot dz \approx \frac{\ell \cdot K_\alpha \cdot \gamma H \cdot \beta_1 \cdot \lambda}{\mathcal{L}_0}, \qquad (2.9)$$

где z – координата направления движения очистного забоя, изменяющаяся от 0 до $\mathcal{L}_0$.

β_1 – коэффициент, характеризующий величину опорного давления в зависимости от способа охраны выработки, принимается из табл. 3 [4].

Значение 2λ берется из табл. 2, а "m" – вынимаемая мощность пласта принимается по проекту.

Подставив в выражения (I.8), (I.9), (I.I0) соответствующую функцию нагружения $\varphi(\gamma H)$, а также значения других величин, по-

лучим интенсивность смещения пород в выработке со стороны почвы, кровли и боков ее как вне зоны, так и в зоне влияния очистных работ.

Таблица 3

Значение коэффициента β_1

$m : 2h$	β_1
I:I8	4,00
I:5	I,23
I:3	0,30
I:I	0,20

Зная величину интенсивности смещения пород, время подготовки и отработки выемочного поля и подставляя эти величины в выражения (I.I2 - I.I7), можно определить ожидаемую величину смещения контура выработки за весь срок ее службы и, следовательно, оценить возможность ее безремонтного содержания, т.е. проверить выполнение условий (I.II).

При определении величины смещения пород в выработках, охраняемых по схемам массив - целик, массив - породная полоса, из-за отсутствия симметрии их расположения полученное значение величины деформации пород следует умножать на коэффициент 0,5.

3. ПРИМЕР

Покажем на примере, как определяется величина смещения контура выработки при столбовой системе разработки.

В донецком бассейне на шахте "В" предполагается отрабатывать столбовой системой разработки пласт со следующей характеристикой: мощность пласта I м, угол падения 8^0, породы непосредственной почвы представлены аргиллитами мощностью 6 м ($2h_п$ = 6 м), прочность пород в образце $\sigma_{сж}$ = I500 т/м^2. Основная почва представлена крепкими песчанистыми сланцами. В непосредственной кровле залегает песчанистый сланец мощностью 8 м ($2h_к$ = 8 м), $\sigma_{сж}$ = = 2500 т/м^2. Глубина разработки H = I000 м, объемный вес вышележащих пород γ = 2,5 т/м^3. Откаточный штрек проходится узким ходом, сечением $S_{св}$ = II,I м^2, шириной $2a$ = 4,3 м, высотой 3,5 м; величина нижней подрывки $h^н$ = I,5 м, верхней подрывки $h^к$ = I,0 м.

Штрек крепится арочной крепью с несущей способностью q_y= 15 т/м^2. Почва выработки не крепится. Штрек с обеих сторон охраняется массивом угля. В лаве ведутся работы с полным обрушением кровли. Длина выемочного поля $\mathcal{L}_2$ = 1000 м, скорость проведения очистных и подготовительных забоев соответственно равна $v_{вд}$ = 3,8 м/сут. $u_{под}$ = 8,5 м/сут.

Вначале определяем интенсивность смещения пород вне зоны влияния очистных работ со стороны почвы выработки. Для этого найдем значения всех величин, входящих в выражения (I.8), (I.9), (I.IO).

По формуле (2.3) определяем τ_s^n для аргиллита

$$\tau_s^n = 0{,}3.0{,}7.0{,}7.1500 = 220 \text{ т/м}^2$$

Значение K_α определяем по формуле (2.7)

$$K_\alpha = \cos^2 8^0 + 0{,}5 \sin^2 8^0 \approx 0{,}98.$$

Из выражения (2.8) определяем величину a_1, она равняется 6,5 м.

При определении a_1, если в выражении (2.8) член $\left[4 - \left(\frac{\gamma H}{\sigma_{сж}}\right)^2\right]$ окажется отрицательным, то его значение не учитывается.

Величина ℓ определяется из выражения (2.6), при этом значение функции $\psi(\gamma H)$ берется из табл. 2 для случая охраны откаточного штрека по схеме массив - массив.

Подставив в выражение (2.6) известные величины, определим ℓ

$$\ell = 2.220 \left(\frac{3}{4} + \frac{I}{4}\frac{\ell}{3}\right) = 0{,}98.2{,}5.1000 \left[I + \frac{(2+6{,}5)^2}{(2+6{,}5+\ell)^2}\right] = 59 \text{ м}.$$

Выражение для определения функции нагружения $\varphi(\gamma H)$ вне зоны влияния очистных работ берется из табл.2, т.е.

$$\varphi_1(\gamma H) = K_\alpha \gamma H \ell \left(\frac{\ell + 2a + a_1}{\ell + a + a_1}\right).$$

Подставляя числовые значения, получим

$$\varphi_1(\gamma H) = 0{,}98.2{,}5.1000.59\left(\frac{59 + 4{,}3 + 13}{59 + 2{,}15 + 6{,}5}\right) = 168922 \text{ т/м}.$$

Далее определяется величина η_n, входящая в выражение (I.8) при $\sigma^{м}_{сж}$, равном $\sigma^{м}_{сж} = \sigma_{сж} \cdot K_м \cdot K_g$.

$$\sigma^{м}_{сж} = 0{,}7 \cdot 0{,}7 \cdot 1500 = 735 \text{ т/м}^2.$$

Для этого значения $\sigma^{м}_{сж}$ по графику (рис. 3) найдем величину $\eta_{no} = 0{,}79 \cdot 10^5$ т.сутки/м^2.

Из выражения (2.5) определяем

$$\eta_n = 0{,}79.10^5 + \frac{10^5.30}{0{,}8 + 0{,}3.30} = 3{,}96.10^5 \text{ т.сут/м}^2.$$

В выражении (2.5) значение t принято равным 30 суткам. Это обусловлено тем, что, как показали эксперименты, величина коэффициента вязкости по истечении 30 суток стабилизируется. Поэтому это значение коэффициента вязкости можно принимать для любого большого промежутка времени, за которое определяется смещение пород в выработке.

Подставляя полученные величины в выражение (I.8), получим значение

$$V^{o}_{n_1} = \frac{9\left\{168922 - 220\left[\frac{3{,}14.59{,}3+59(6-1{,}5)}{6}\right]\right\}^2 \cdot 3}{220\left(3{,}14 + \frac{2{,}59}{3}\right)^3 \cdot 59^2.3{,}96.10^5} =$$

$$= 0{,}000023 \text{ м/сут} = 0{,}023 \text{ мм/сут}.$$

Значение V'_{n_1} определяется из выражения (I.9), т.е.

$$V'_{n_1} = \frac{0{,}000023.59.(6-1{,}5)}{6.2{,}15} = 0{,}0005 \text{ м/сут}.$$

$$V'_{n_1} = 0{,}5 \text{ мм/сут}.$$

Интенсивность смещения со стороны почвы вне зоны влияния составит

$$V_{n_1} = 0{,}023+0{,}5 = 0{,}523 \text{ мм/сут}.$$

При определении интенсивности смещения пород почвы выработки

в зоне влияния очистных работ. функция нагружения $\varphi_2(\gamma H)$ определяется из выражения

$$\varphi_2(\gamma H) = \varphi_1(\gamma H) + \frac{\ell \cdot K_\alpha \cdot \gamma H \cdot \beta_1 \cdot \lambda}{\mathcal{L}_0}; \quad 2\lambda = 10 m;$$

$$\varphi_2(\gamma H) = 168922 + \frac{59.0,98.2,5.1000.2,5.5}{50} = 205059 \text{ т/м.}$$

Подставив значение $\varphi_2(\gamma H)$ и η_0 в выражение (I,8), получим значение $V^0_{n_2}$ в зоне влияния очистных работ.

$$V^0_{n_2} = \frac{9\left\{205059 - 220\left[\frac{3,14.59,3+59\ (6-1,5)}{6}\right]\right\}^2 . 3}{220\ (3,14 + \frac{2,59}{3})^3 .59^2 .0,96.10^5} =$$

$$= 0,00015 \text{ м/сут.} \quad V^0_{n_2} = 0,15 \text{ мм/сут.}$$

Значение V'_{n_2} определяется из выражения (I.9)

$$V'_{n_2} = \frac{0,00015\ .\ 59\ (6-1,5)}{6.2,15} = 0,00308 \text{ м/сут.}$$

$$V'_{n_2} = 3,0 \text{ мм/сут.}$$

Интенсивность смещения со стороны почвы в зоне влияния очистных работ составит

$$V_{n_2} = 0,15 + 3,0 = 3,15 \text{ мм/сут.}$$

Интенсивность смещения пород со стороны кровли определяется аналогичным путем и составляет вне зоны влияния очистных работ

$V_{k_1} = 0,00095$ м/сут, а в зоне влияния $V_{k_2} = 0,00423$ м/сут.

Интенсивность смещения со стороны боков выработки определяется из выражения (I.IO).

Подставляя в выражение (I.IO) данные, относящиеся к непосредственной почве или кровле, получим соответственно значение V_δ на уровне почвы или кровли пласта.

Интенсивность смещения V_δ составит

на уровне почвы, вне зоны $V^{п}_{\delta_1}$ = 0,0001 м/сут, а в зоне $V^{п}_{\delta_2}$ =0,0008 м/сут;

на уровне кровли, вне зоны = 0,00026 м/сут, а в зоне $V^{к}_{\delta_2}$ = 0,0012 м/сут.

Зная интенсивность смещения со стороны почвы, кровли и боков выработки, срок службы выработки при принятых скоростях подвигания подготовительных и очистных забоев (t_1 = 600 сут.) и время нахождения выработки в зоне влияния очистных работ

($t_2 = \frac{50\ м}{3{,}8\ м/сут}$ = I3,I сут.), можно определить величину смещения контура выработки за срок ее службы.

$W_п$ = 0,52 мм/сут . 600 сут. + 3,I5 мм/сут . I3,I сут. = 0,36 м

$W_к$ = 0,95 мм/сут . 600 сут. + 4,23 мм/сут . I3,I сут. = 0,63 м.

Суммарная величина смещения кровли и почвы выработки составит

$$W = 0{,}36\ м + 0{,}63\ м \simeq I\ м.$$

Величина смещения боков выработки на уровне кровли $W^{к}_{\delta}$ =0,2м, а на уровне почвы $W^{п}_{\delta}$ = 0,I м.

Таким образом, в рассматриваемом случае способ охраны выработки по схеме массив - массив не обеспечивает ее безремонтного содержания за весь срок службы.

Для нормальной эксплуатации выработку необходимо ремонтировать или в процессе ее проведения осуществлять то или иное мероприятие, которое обеспечит ее безремонтное содержание за весь срок службы.

Мероприятия, обеспечивающие при тех или иных условиях безремонтное содержание выработок, можно разделить на три группы.

К первой группе мероприятий относится проведение выработок увеличенного сечения с применением крепей повышенной податливости.

Ко второй группе мероприятий относятся те, применение которых позволяет разгрузить от горного давления массив пород, вмещающих угольный пласт, а следовательно уменьшить величину деформаций выработок. Эти мероприятия следующие:

I. Бурение скважин по угольному пласту вдоль выработки при ее проведении;

2. Переход на сплошную систему разработки с охраной выработок двусторонними полосами;

3. Проведение вентиляционных штреков вприсечку;

4. Проведение штреков под выработанным пространством (полевая подготовка).

Третья группа мероприятий позволяет добиться повышения прочностных и реологических свойств пород, вмещающих угольный пласт. Это достигается путем упрочнения пород химическими и механическими способами. Химические способы упрочнения пород (цементация, укрепление пород с помощью полимеров) пока не получили широкого распространения. Из механических способов упрочнения наиболее широкое распространение получил способ анкерования пород кровли и почвы пласта. С целью обеспечения безремонтного содержания выработок вышеуказанные мероприятия могут применяться как самостоятельно, так и в сочетании с обычными способами крепления. Чтобы выбрать то или иное мероприятие, обеспечивающее безремонтное содержание выработки, необходимо знать, насколько применение каждого из них снижает величину деформации вмещающих пород.

Увеличение сечения выработки. Для оценки эффективности этого мероприятия следует выполнить расчеты по определению величины смещения пород при принятом сечении выработки путем подстановки в соответствующие вышеприведенные формулы новых значений параметров $2a$, $h^к$, $h^п$.

Разгрузка массива вокруг выработок путем бурения скважин. Для охраны выработок на пологих пластах мощностью от 0,75 до I,8 м ДонУГИ рекомендует применять разгрузочные скважины следующих параметров: диаметр 0,3–0,4 м, длина 8–I0 м, расстояние между осями скважин 0,7–0,8 м. В результате бурения скважин зона опорного давления отодвигается от выработки в глубь массива на расстояние, равное длине скважин. Величина деформации пород определяется по тем же формулам, что и при охране выработки по схеме массив – массив, но значение функций $\psi(\gamma H)$ будет иметь вид (табл. 4).

$$\psi_7(\gamma H) = K_\alpha \gamma H \left[1 + \frac{(a+\ell_1)^2}{x^2} \right], \qquad (3.I)$$

где ℓ_1 – длина скважины, м.

Интегрируя выражение (3.I), получим значение функции нагружения $\varphi_1(\gamma H)$. При определении интенсивности смещения пород в данном случае в выражения (I.8), (I.9), (I.IO) подставляется вместо $2a$ величина $2(a+\ell_1)$.

Таблица 4

Способ охраны выработки	$\gamma(\gamma H)$	Значение функции влияния для точки данных очистных работ	Примечание
Бутовые разгрузочные сбойки	$\gamma_1(\gamma H)=\kappa_1\gamma H\left(1+\frac{(a+\ell_1)^2}{z^2}\right)$, $z=a+\ell_1+l$	$\gamma_1(\gamma H)=\int_{x_1}^{x_2}\gamma_1(\gamma H)\,dx$, $\varphi_1(\gamma H)=\kappa_1\gamma H\left(\frac{(a+\ell_1)+l}{a+\ell_1+l}\right)$	$x_1=a+\ell_1$, $x_2=a+\ell_1+l$
Двухстворчатые деревянные полосы	$\ell=\ell_n$	Со стороны бремсберговой части пласта: $\varphi_{II}(\gamma H)=\frac{\kappa_1\gamma h_1(2H+H_{II})}{2}$; со стороны просеки: $\varphi_{II}(\gamma H)=\frac{\kappa_1\gamma h_2(2H+H_{II})}{2}$	
Надработка	$\gamma_{III}(\gamma H)=\kappa_1\gamma H_{III}\left(1+\frac{(a+a_1)^2}{z^2}\right)$, $z=a+a_1+\ell$	$\varphi_{III}(\gamma H)=\int_{x_1}^{x_2}\gamma_{III}(\gamma H)\,dx$, $\varphi_{III}(\gamma H)=\kappa_1\gamma H_{III}\ell\left(\frac{\ell+a+2a_1}{\ell+a+a_1}\right)$	$x_1=a+a_1$, $x_2=a+a_1+\ell$
Проведение выработки вприсечку	$\gamma_{IV}(\gamma H)=\kappa_1\gamma H\left(1+\frac{\ell^2}{z^2}\right)$, $z=\ell+l$, $2\ell=a_1+2a+a_2$	Со стороны лавы: $\gamma_{IV}(\gamma H)=\int_{x_1}^{x_2}\gamma_{IV}(\gamma H)\,dx=\kappa_1\gamma H\left(\frac{2\ell+l}{\ell+l}\right)$; со стороны бремсберговой части пласта: $\varphi_{IV}(\gamma H)=\kappa_1\gamma a_1\left(\frac{H+H_{II}}{2}\right)$	$x_1=l$, $x_2=\ell+l$

Применение сплошной системы разработки. При выемке тонких пластов, залегающих среди неустойчивых пород, с целью обеспечения устойчивости выработок применяется сплошная система разработки. В этом случае штреки проходятся обычно позади лавы и охраняются двусторонними породными полосами.

Для породных полос в процессе их эксплуатации характерны два периода. В первый период происходит ее усадка, величина которой при действующих способах возведения полос по данным шахтных наблюдений составляет $0{,}35m$ (m – мощность пласта). Время, в течение которого происходит уплотнение породной полосы (t'), принимается равным 60 суткам. Во второй период уплотнившаяся породная полоса начинает работать как целик угля и интенсивность смещения пород в этом периоде обусловливается процессом сдвижения вышележащей толщи. Продолжительность процесса сдвижения толщи пород до поверхности (t_c) может быть определена из выражения [5]

$$10\delta t_c^{0,3} - \frac{4 \cdot E \cdot \eta_к}{\ell^2}\left[1+\left(\frac{\ell}{H}+ctg\theta\right)^2\right]^2 + 3 = 0, \qquad (3.2)$$

где δ – параметр ползучести принимается равным 0,0055 (сек)$^{-0,3}$;

E – модуль упругости пород непосредственной почвы (кровли), т/м^2;

2ℓ – длина лавы, м;

θ – угол сдвижения, град. ($\theta = 75–80^0$);

$\eta_к$ – величина оседания земной поверхности, м.

Величина $\eta_к$ определяется из выражения

$$\eta_к = 0,8m \cdot \cos\alpha \sqrt{A_1 \cdot A_2}, \qquad (3.3)$$

где $$A_1 = 0,9\left(\frac{D_1}{H} - 0,25\right);$$

$$A_2 = 0,9\left(\frac{D_2}{H} - 0,25\right).$$

D_1 и D_2 – размеры очистной выработки по падению и по простиранию пласта.

Если A_1 и $A_2 > I$, то они принимаются равными I, если A_1 и $A_2 <$ < 0,04, то они принимаются равными 0,04, т.е. $I \geq A_1$ и $A_2 \geq 0,04$.

При рекомендуемых технологическими схемами [2] размерах выемочных полей и скоростях подвигания очистных и подготовительных работ время полного сдвижения земной поверхности (t_c) обычно оказывается больше срока службы выработки (t_1), т.е. за время существования выработки сдвижение пород над ней распространится лишь на приведенную глубину $H_{пр}$,определяемую по графику (рис.5). На графике по оси абсцисс откладывается время сдвижения толщи пород в зависимости от глубины. Зная срок существования выработки, можно определить глубину $H_{пр}$, на которую распространится сдвижение толщи пород над выработкой. Следовательно, во второй период уплотнившаяся породная полоса воспринимает нагрузку, создаваемую лишь толщей пород высотой, равной $\gamma H_{пр}$.

В случае охраны выработки двусторонними породными полосами величина интенсивности смещения определяется по формулам (I.8), (I.9), (I.IO) как со стороны выработанного пространства, так и со стороны массива. Функция нагружения находится из выражений:

со стороны выработанного пространства (табл. 4)

$$\varphi_в(\gamma H) = \frac{K_\alpha \gamma (H_1 + H_{пр}) B_1}{2} \quad ; \qquad (3.4)$$

со стороны массива

$$\varphi_д(\gamma H) = \frac{K_\alpha \gamma (H_1 + H_{пр}) 2B_2}{2} \quad , \qquad (3.5)$$

где $2B_1$, $2B_2$ – ширина породной полосы соответственно со стороны выработанного пространства и массива угля.

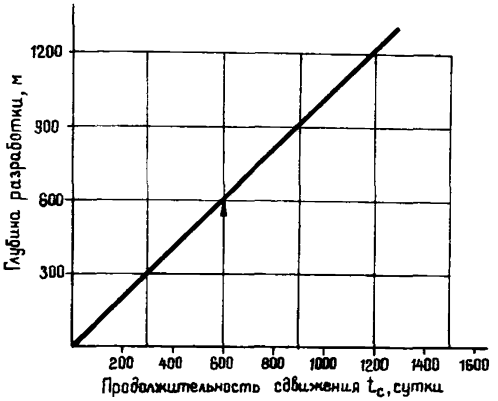


Рис. 5. Определение приведенной глубины разработки

В выражениях (3.4), (3.5) величина H_1 равна мощности толщи пород, сдвижение которой создает нагрузку, обусловливающую уплотнение породных полос, величина ее принимается равной 80 м.

В выражения (I.8), (I.9), (I.IO) при определении V_i^0, V_i', $V_б^i$ вместо " l " подставляется соответственно B_1 и $2B_2$.

При определении величины смещения в выражениях (I.I2), (I.I3), (I.I4) время принимается равным сроку службы выработок минус время уплотнения породных полос, равное 60 суткам.

Если определенная величина смещения контура выработки при принятых параметрах породных полос превысит допустимую, то следует решить обратную задачу. Задаваясь допустимым смещением контура выраоотки и решая уравнения (I.8), (I.9), (I.IO) относитель-

но $2b_1$ $2b_2$, можно определить ширину породных полос, при которой будет обеспечиваться безремонтное содержание выработки.

Проведение выработки вприсечку. При этом способе охраны со стороны выработанного пространства обычно оставляется целик угля размером (2-3 м), пробивается органная крепь или выкладываются костры с целью обрушения зависающих пород.

В процессе эксплуатации выработки целик угля разрушается и работает как породная полоса. Поэтому определение величины смещения пород в выработке производится по тем же формулам, что и при охране штрека по схеме массив - породная полоса - выработанное пространство, но при этом величина λ, входящая в эти формулы определяется выражением

$$2\lambda = 2a + a_1 + a_2, \qquad (3.6)$$

где a_2 - размер целика угля, костров или органки.

При определении интенсивности смещения пород в выработках, пройденных вприсечку с возведением костров или органного ряда, в расчетные формулы (I.8), (I.9), (I.IO) вместо несущей способности крепи (q) подставляется несущая способность костров или жесткость органного ряда.

Надработка. Полевые выработки, чтобы обеспечить их безремонтное содержание, целесообразно проходить по прочным породам. Однако такая возможность имеется не всегда; либо прочных пород нет в почве пласта, либо они значительно удалены от него на расстояние более 50 метров. В последнем случае полевую выработку следует располагать в заранее надработанном массиве (в данном случае забой штрека отстает от очистного забоя).

Эффект разгрузки от надработки будет сохраняться до тех пор, пока сдвижение пород над выработкой не пройдет до поверхности и не восстановится давление, равное γH. Поэтому безремонтное содержание полевой выработки будет обеспечено лишь в том случае, если срок ее службы будет значительно меньше времени полного сдвижения пород над ней.

Величина интенсивности смещения пород в надрабатываемых выработках определяется так же, как при охране по схеме массив - массив. Однако в расчетах значение величины H принимается равным $\frac{1}{2} H_{пр}$, последняя определяется по графику (рис.5).

При выборе мероприятий, обеспечивающих безремонтное содержание откаточного и вентиляционного штреков, в каждом конкретном

Таблица 5

Потеря сечения выработки со стороны	Проведение выработки узким ходом $S_{св}$ = II,I м^2 охрана массив-массив	Проведение выработки повышенного сечения $S_{св}$ = I6,5 м^2 охрана массив-массив	Бурение разгрузочных скважин по угольному пласту при проведении выработки	Проведение выработки широким ходом и охрана двусторонними породными полосами	Проведение выработки по породе под пластом (надработка)	Проведение выработки вприсечку
кровли, м	0,63	0,4I	0,I5	0,35	0,22	0,I2
почвы, м	0,36	0,27	0,08	0,I	0,I9	0,28
общая, м	I,00	0,68	0,23	0,45	0,4I	0,4
боков:						
на уровне кровли, м	0,2	0,I7	0,2	-	0,06	0,03
на уровне почвы, м	0,I	0,06	0,I	0,03	0,09	0,06
Возможность обеспечения безремонтной эксплуатации выработки	Не обеспечивается безремонтное содержание	Обеспечивается безремонтное содержание при применении крепей повышенной податливости (типа АКП, АПС)	Обеспечивается безремонтное содержание	Обеспечивается безремонтное содержание	Обеспечивается безремонтное содержание	Обеспечивается безремонтное содержание

случае необходимо исходить из горногеологических условий и технической возможности осуществления этих мероприятий.

С целью выбора мероприятия, обеспечивающего безремонтное содержание подготовительной выработки, в условиях рассматриваемого примера были выполнены расчеты по определению величин деформаций, возникающих при применении того или иного мероприятия.

Данные расчетов приведены в табл. 5.

Как видно из табл.5, применение каждого из рекомендуемых мероприятий обеспечивает безремонтное содержание выработки в рассмотренном примере. Однако окончательный выбор того или иного мероприятия определяется технической возможностью и экономической целесообразностью его применения. Чтобы определить экономическую целесообразность следует выполнить расчеты по определению стоимости метра выработки при различных способах ее проведения, крепления с учетом мер,обеспечивающих ее безремонтное содержание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

I. Метод прогнозирования устойчивости капитальных и подготовительных выработок и вмещающих пород. 1970.

2. Технологические схемы очистных и подготовительных работ на угольных шахтах. М., "Недра", 1971.

3. Лыткин В.А. Механизм пучения пород в подземных выработках. М., "Наука", 1965.

4. Гмошинский В.Г. Отжим угля на пласте пологого падения. - В сб. "Вопросы горного дела". М., Углетехиздат, 1958.

5. Ержанов Ж.С. и др. Ползучесть осадочных горных пород. Алма-Ата, "Наука", 1970.

В.И.Барановский, М.И.Весков, С.Н.Выборнова, А.Я.Графова,
И.П.Шмыков

МЕТОДИКА ВЫБОРА СПОСОБОВ ОХРАНЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ОТ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГЛУБОКИХ ШАХТ

Т 10664 Тираж 500 Изд. № 6805 Заказ № 5

Типография Института горного дела им. А.А.Скочинского
1,8 уч.-изд.л. Подписано к печати 22/XII 1972 г.

gost.e-ecolog.ru