

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК [[622.411:622.274.3]:622.445](083.75)

В.Т. Преслер

ОПЕРАТИВНЫЕ ОЦЕНКИ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ НА ВЫЕМОЧНОМ УЧАСТКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАГРУЗКИ НА ЗАБОЙ

Переход на интенсивные технологии добычи угля с применением высокопроизводительных добычных комплексов с нагрузкой на забой 10000-20000 т/сут в значительной мере усиливает динамику аэрогазовых процессов на выемочных участках, в целом, и в очистных выработках, в частности. Отсутствие надежных методов прогноза их газовыделения в условиях быстро меняющихся во времени ситуаций, обусловленных изменениями газокинетических свойств пласта по трассе очистной выработки и увеличением нагрузок на забой в несколько раз, осложняет и замедляет процесс внедрения новых технологий добычи угля в действующих шахтах. Угольные шахты с высокопроизводительными забоями оснащаются мощными системами контроля состояния рудничной атмосферы, в основном зарубежного производства, возможности которых по обработке больших потоков оперативной информации, поступающей в режиме реального времени, просто не используются из-за отсутствия соответствующего методического, а значит, и программного обеспечения. В этой связи разработка надежных методов прогноза газообильности очистных выработок, опирающихся на оперативные данные и способы их эффективной обработки, позволяющие извлекать максимум информации о динамике картины аэрогазового состояния с целью ее прогноза на последующие периоды отработки выемочного столба с учетом увеличения нагрузки на забой, является актуальной задачей. Ее решение облегчается в условиях применения способа комбинированного проветривания выемочных участков и полей, основанного на эффекте аэродинамической изоляции атмосферы действующих горных выработок от интенсивных источников газовыделения в выработанном пространстве.

Следует отметить, что использование комбинированных схем проветривания с применением газоотсасывающих вентиляторов позволяет разграничить вклад отдельных источников газовыделения – разрабатываемый пласт в очистную выработку, под- и надработанный массивы - в выработанное пространство. При этом создаются надежные условия раздельного прогноза тенденций в развитии картин аэрогазового состояния в целом

по выемочному участку и картин газовыделения из его источников.

Оперативный прогноз газовыделения на выемочном участке опирается на верхние оценки газовыделения при условии слабой изменчивости газокинетических и геомеханических свойств разрабатываемого пласта на текущем этапе отработки выемочного столба. Получим эти оценки, опираясь на простые базовые модели газовыделения из разрабатываемого пласта и отбитого и транспортируемого угля.

Будем моделировать процесс газовыделения через единичную поверхность забоя посредством функции вида [1]:

$$q_n = q_n(t - \tau) = q_{n,0} \cdot e^{-\beta_n \cdot (t - \tau)}, \quad (1)$$

где q_n – удельное газовыделение, м³/мин.м², $q_{n,0}$ – мгновенное удельное газовыделение, м³/мин.м², β_n – показатель спада газовыделения, 1/час, t – текущее время, отсчитываемое от начала снятия стружки, час, τ – момент образования новой поверхности в результате снятия стружки на расстоянии $l(\tau)$ от начала лавы, м. Расстояние до некоторой точки очистного забоя и время прихода в нее комбайна (рис. 1) связаны соотношением

$$\tau = \gamma \cdot m \cdot h \cdot l(\tau) / A, \quad (2)$$

где γ – плотность угля, т/м³, m – вынимаемая мощность пласта, м, A – нагрузка на забой, т/час.

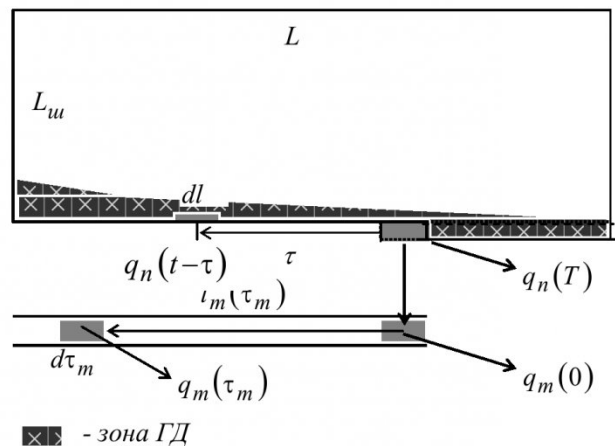


Рис. 1. Расчетная схема

В соответствии с (1) и (2) газовыделение с поверхности забоя на текущий момент времени составит

$$I_n(t) = m \int_{l(t)-L}^{l(t)} q_{n,0} \cdot e^{-\beta_n \gamma m h (l(t)-l(\tau))/A} dl(\tau) \quad (3)$$

где I_n - газовыделение с поверхности забоя, м³/мин, l - расстояние, пройденное комбайном за время t , м, L - длина лавы, м.

При постоянных по длине лавы параметрах выражение (3) приводится к виду

$$I_n(t) = \frac{q_{n,0} \cdot A}{\gamma \cdot \beta_n \cdot h} \left(1 - e^{-\beta_n \cdot \gamma \cdot m \cdot h \cdot L/A} \right). \quad (4)$$

Из (4) следует, если величины $q_{n,0}$, β_n и A постоянны, то газовыделение из пласта постоянно в течение всего периода снятия стружки T и равно

$$I_n(T) = \frac{q_{n,0} A}{\gamma \beta_n h} \left(1 - e^{-\beta_n T} \right), \quad T = \frac{\gamma m h L}{A}. \quad (5)$$

Согласно уравнению баланса (рис. 2)

$$\left. \begin{aligned} Q_n &= Q_\partial \\ Q_n &= 60 \int_0^{24} q_{n,0} \cdot e^{-\beta_n \cdot t} dt \\ Q_\partial &= 0,5 \gamma \cdot L_{\partial,24} \cdot (X - X_0) \end{aligned} \right\}$$

получим оценку отношения

$$\frac{q_{n,0}}{\beta_n} = \frac{\gamma \cdot L_{\partial,24} \cdot (X - X_0)}{120 \left(1 - e^{-24 \beta_n} \right)}, \quad (6)$$

где Q_n - удельное газовыделение с поверхности остановленного на сутки забоя, м³/м², Q_∂ - количество газа, выделившегося через 1 м² поверхности из зоны газового дренирования (ГД), аппроксимированной прямой линией, м³/м², $L_{\partial,24}$ - протяженность зоны ГД, развиваемая за сутки при остановленном забое, м, X , X_0 - природная и остаточная газоносности пласта, м³/т, множитель 60 приводит в соответствие размерности величины удельного газовыделения и времени.

При известном газовыделении с поверхности разрабатываемого пласта, например, известном его среднем значении \hat{I}_n за период снятия струж-

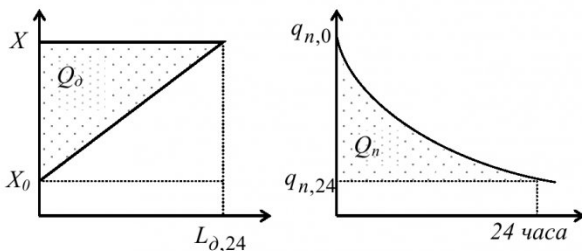


Рис. 2. Баланс газовыделения с поверхности забоя

ки, формулы (5), (6) позволяют получить оценку показателя его спада. Полагая, $e^{-24\beta_n} \ll 1$, получим

$$\beta_n = \frac{1}{T} \cdot \ln \frac{I_0}{I_0 - \bar{I}_n}, \quad I_0 = \frac{A \cdot L_{\partial,24}}{120 h} (X - X_0).$$

Если известны величины $q_{n,0}$, $q_{n,24}$, то

$$\beta_n = \frac{120}{\gamma \cdot L_{\partial,24}} \frac{q_{n,0} - q_{n,24}}{X - X_0},$$

где $q_{n,24}$ - удельное газовыделение с поверхности забоя через сутки после его остановки, м³/мин.м².

Процесс газовыделения из транспортируемого угля моделируем аналогично газовыделению с поверхности забоя. При этом полагаем, что отбитый уголь практически сразу погружается на транспортер. Тогда получим

$$q_m = q_m(\tau_m) = q_{m,0} \cdot e^{-\beta_m \tau_m}, \quad (7)$$

где q_m - удельное газовыделение через поверхность транспортируемого угля, м³/мин.м², $q_{m,0}$ - его мгновенное удельное газовыделение, м³/мин.м², β_m - показатель его газоистощения, 1/час, τ_m - время, прошедшее с момента отбойки некоторой массы угля.

На основании выражения (7) газовыделение через общую поверхность кусков отбитого и транспортируемого угля на момент времени t составит

$$I_m(t) = \int (S) q_{m,0} \cdot e^{-\beta_m \tau_m} ds, \quad (8)$$

где I_m - газовыделение из всей массы угля, распределенного по транспортеру, м³/мин, ds - элементарная его поверхность, м², (S) - общая поверхность всех кусков угля на транспортере, м².

Элементарную поверхность определим следующим образом. Пусть за время τ_m отбито и перегружено на транспортер N кусков угля со средним радиусом r . Тогда их общая поверхность S и объем V составят

$$S = 4\pi r^2 N, \quad V = \frac{4\pi r^3 N}{3} = \frac{A \tau_m}{\gamma}, \quad N = \frac{3A \tau_m}{4\pi r^3 \gamma} \quad (9)$$

Согласно (9), исключая параметр N , получим формулу для расчета общей поверхности

$$S = \frac{3A \cdot \tau_m}{r \cdot \gamma}. \quad (10)$$

Дифференцируя выражение (10), получим

$$ds = \frac{3A}{r \cdot \gamma} \cdot d\tau_m = \frac{3A}{r \cdot \gamma} \cdot \frac{dl_m(\tau_m)}{v_m}, \quad (11)$$

где l_m - расстояние, пройденное транспортером за время τ_m , м, v_m - скорость транспортера, м/час.

С учетом (11) выражение (8) запишется

$$I_m(t) = \frac{3}{rv_m \gamma} \int_0^{L_m} A \cdot q_{m,0} \cdot e^{-\beta_m L_m(\tau_m)/v_m} dl_m(\tau_m) \quad (12)$$

где $L_m = L_{uu} + \frac{A \cdot t}{\gamma \cdot m \cdot h}$ - протяженность пути транспортировки, м, L_{uu} - длина конвейерного штрека, м.

Для постоянных параметров A , $q_{m,0}$, β_m выражение (12) запишется

$$I_m(t) = \frac{3q_{m,0} \cdot A}{\gamma \cdot \beta_m \cdot r} \cdot \left(1 - e^{-\beta_m \cdot (T_u + T_\kappa)}\right), \quad (13)$$

где $T_u = L_{uu}/v_m$ - время транспортирования угля через конвейерный штрек, час,

$T_\kappa = \frac{A \cdot t}{\gamma \cdot m \cdot h \cdot v_m}$ - время транспортирования угля через призабойное пространство от положения комбайна на момент времени t , час.

Согласно (13), своего максимального значения газовыделение из транспортируемого угля достигает при полном снятии стружки, когда протяженность пути транспортирования максимальна и составляет $L_{uu} + L$, что соответствует максимальному периоду транспортирования $T_m = (L_{uu} + L)/v_m$. С учетом этого получим

$$I_m(T_m) = \frac{3q_{m,0} \cdot A}{\gamma \cdot \beta_m \cdot r} \left(1 - e^{-\beta_m \cdot T_m}\right). \quad (14)$$

Для оценки величины $q_{m,0} / \beta_m$ воспользуемся результатами работы [2], согласно которых газоистощение куска угля наступает в пределах 3-х часов с момента отбойки. Тогда по аналогии с уравнением баланса и выражением (6) получим

$$60 \cdot 4\pi r^2 q_{m,0} \int_0^3 e^{-\beta_m t} dt = \frac{4}{3} \pi r^3 \gamma (X_m - X_{m,0}) \quad (15)$$

где $X_{m,0} = k_x \cdot X$, $k_x \leq 0,02$ - количество химически связанного метана, м³/т.

$$X_m = \begin{cases} \frac{h}{2L_{\partial,T}} (X - X_0), & h \leq L_{\partial,T} \\ \left(1 - \frac{L_{\partial,T}}{2h}\right) (X - X_0), & h > L_{\partial,T} \end{cases} \quad (16)$$

где X_m - газосодержание куска угля, м³/т, рассчитывается с учетом газоистощения зоны снятия стружки за период времени T , $L_{\partial,T}$ - протяженность зоны ГД, развиваемая за период снятия стружки.

С учетом (14) и малости величины $e^{-3\beta_m}$

выражение (15) дает оценку

$$\frac{q_{m,0}}{\beta_m} = \frac{\gamma \cdot r}{180} [k_m (X - X_0) - k_x X] \quad (17)$$

$$k_m = \begin{cases} \frac{h}{2L_{\partial,T}}, & h \leq L_{\partial,T} \\ 1 - \frac{L_{\partial,T}}{2h}, & h > L_{\partial,T} \end{cases}$$

Развитие зоны ГД подчиняется закону экспоненциального насыщения [1]

$$L_{\partial} = L_{max} \cdot \left(1 - e^{-\alpha \cdot t}\right), \quad (18)$$

где L_{max} - максимальная протяженность зоны ГД, достигаемая при длительной остановке забоя, м, α - показатель ее роста, 1/час. Тогда, в соответствии с (18), параметры $L_{\partial,T}$, $L_{\partial,24}$ определяются при $t = T$ и $t = 24$ часа.

Оценим, какую долю составляет газовыделение из транспортируемого угля по отношению к газовыделению с поверхности забоя. С этой целью уравнение баланса применим для протяженности зоны ГД, развиваемой в течение периода снятия стружки. В этом случае на основании формул (5), (6), (14), (17) получим

$$\left. \begin{aligned} \frac{q_{n,0}}{\beta_n} &= \frac{\gamma L_{\partial,T}}{120} \frac{X - X_0}{1 - e^{-\beta_n T}}, & I(T) &= \frac{A L_{\partial,T}}{120 h} (X - X_0) \\ d &= \frac{I_m}{I_n} = \frac{2h}{L_{\partial,T}} \frac{k_m (X - X_0) - k_x X}{X - X_0} \cdot \frac{1 - e^{-\beta_m T_m}}{1 - e^{-3\beta_m}} \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Пренебрегая в (19) малыми величинами $k_x \cdot X$, $e^{-3\beta_m}$ и полагая $\beta_m = 1$ (только в этом случае обеспечивается малое значение величины $e^{-3\beta_m}$), получим

$$d = k_T \left(1 - e^{-T_m}\right), \quad k_T = \begin{cases} \left(\frac{h}{L_{\partial,T}}\right)^2, & h \leq L_{\partial,T} \\ \frac{2h}{L_{\partial,T}} - 1, & h > L_{\partial,T} \end{cases} \quad (20)$$

где k_T - характеризует степень газоистощения пласта в пределах зоны снятия стружки за период ее снятия.

В соответствии с (20) доля газовыделения из транспортируемого угля в общем газовыделении из разрабатываемого пласта составит

$$d_m = \frac{I_m}{I_m + I_n} = \frac{d}{1 + d}. \quad (21)$$

На рис. 3 приведены графики изменения доли газовыделения из транспортируемого угля в зависимости от отношения протяженности зоны ГД, развиваемой за период снятия стружки, к ее ши-

рине и периода транспортирования. Как следует из анализа (20), (21) и графиков (рис. 3), с уменьшением протяженности зоны ГД, развиваемой за период снятия стружки, значение доли газовыделения из транспортируемого угля монотонно растет и составляет около 60% для $L_{\partial,T} = 0.5h$. При этом ее рост в большей мере зависит от отношения $L_{\partial,T} / h$, чем от периода транспортирования T_m .

Если известно среднее значение газовыделения из транспортируемого в пределах конвейерного штрека угля $\bar{I}_{m,u}$, то из формул (14) и (17) с учетом предположений, сделанных при выводе формулы (20), следует оценка начального газосодержания кусков отбитого угля X_m

$$X_m = \frac{60 \bar{I}_{m,u} \cdot e^{T_{m,3}}}{A \cdot (1 - e^{-T_{m,u}})}, \quad (22)$$

где $T_{m,3}$ - время транспортирования угля через все призабойное пространство.

Следует отметить, что использование в формулах значения газоносности пласта X справедливо в том случае, если за период снятия стружки протяженность зоны ГД не превышает ее ширины. В противном случае вместо величины X следует использовать величину $k_{\Gamma} X$, в которой через поправочный коэффициент учитывается газоистощение пласта за зоной снятия стружки

$$k_{\Gamma} = \begin{cases} 1, & L_{\partial,T} \leq h \\ I - \frac{(L_{\partial,T} - h)^2}{2h \cdot L_{\partial,T}}, & h < L_{\partial,T} \leq 2h \\ \frac{L_{\partial,T} + h}{2L_{\partial,T}}, & L_{\partial,T} > 2h \end{cases} \quad (23)$$

Оценка величин \bar{I}_n , $\bar{I}_{m,u}$ для комбинированных схем проветривания выемочного участка производится по оперативным данным мониторинга аэрогазовой обстановки, регистрируемых датчиками метана. Концентрация метана измеряется на исходящей струе, в 10-20 м от очистного забоя и на газоотсасывающем вентиляторе (рис. 4). Полагая, что разрабатываемый пласт отдает газ в выработанное пространство пропорционально коэффициенту воздухораспределения k_p , запишем аэрогазовый баланс выемочного участка (рис. 4):

$$\begin{aligned} I_u &= I_{m,u} + (1 - k_p) I_2, \quad I_m = I_{m,3} + I_{m,u}, \\ I_u + I_{ВЦГ} &= I_n + I_m + I_{ВП} + I_{вх}, \\ Q_{ВП} &= Q_{вх} - Q_u, \quad I_1 = (1 - k_p) \cdot I_2, \\ I_2 &= I_n + I_{m,3} + I_{вх}, \quad I_1 = C \cdot Q_u, \end{aligned} \quad (24)$$

где $I_u = C_u \cdot Q_u$ - расход метана на исходя-

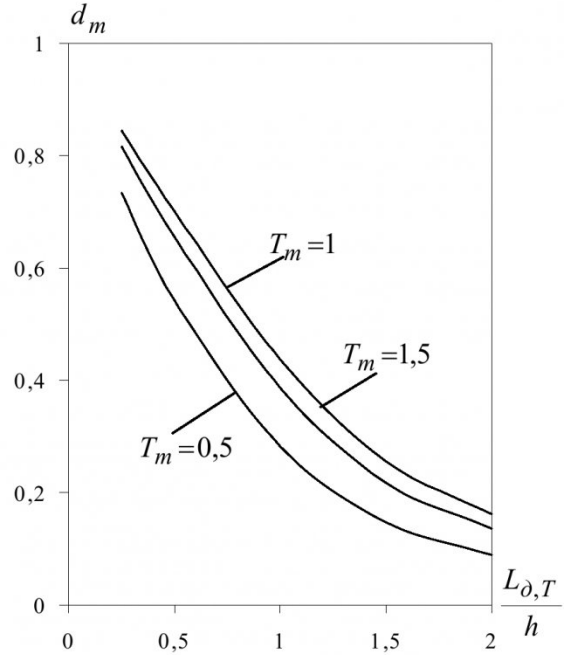


Рис. 3. Доля газовыделения

щей струе, $m^3/мин$, $I_{вх} = C_{вх} \cdot Q_{вх}$ - газосодержание в смеси, подаваемой в очистной забой, $m^3/мин$, $I_{ВП}$ - газовыделение из под- и надработанных массивов в выработанное пространство, $m^3/мин$, $I_{ВЦГ} = C_{ВЦГ} \cdot Q_{ВП}$ - расход метана в газоотсасывающей скважине, $m^3/мин$, I_1 - расход метана, поступающий в конвейерный штрек, $m^3/мин$, I_n , $I_{m,3}$, $I_{m,u}$ - газовыделение со всей поверхности забоя и из транспортируемого в пределах забоя и конвейерного штрека угля, $m^3/мин$, C , C_u , $C_{ВЦГ}$ - концентрации метана, измеряемые датчиками в 10-20 м от забоя, на исходящей струе и газоотсасывающем вентиляторе, %, $Q_{вх}$, Q_u , $Q_{ВП}$ - расходы воздуха на входе в очистной забой, на исходящей струе и в выработанном про-

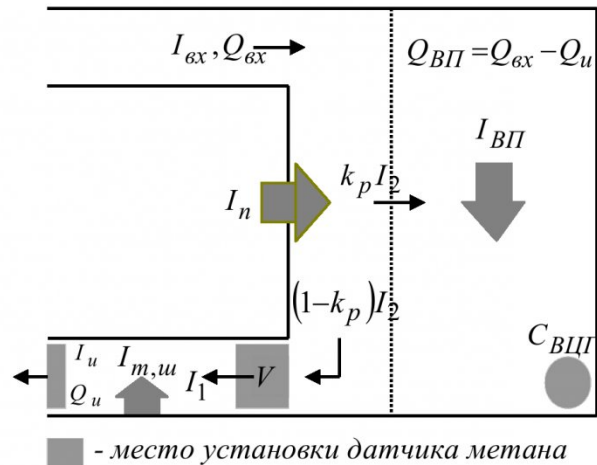


Рис. 4. Схема аэрогазового баланса выемочного участка

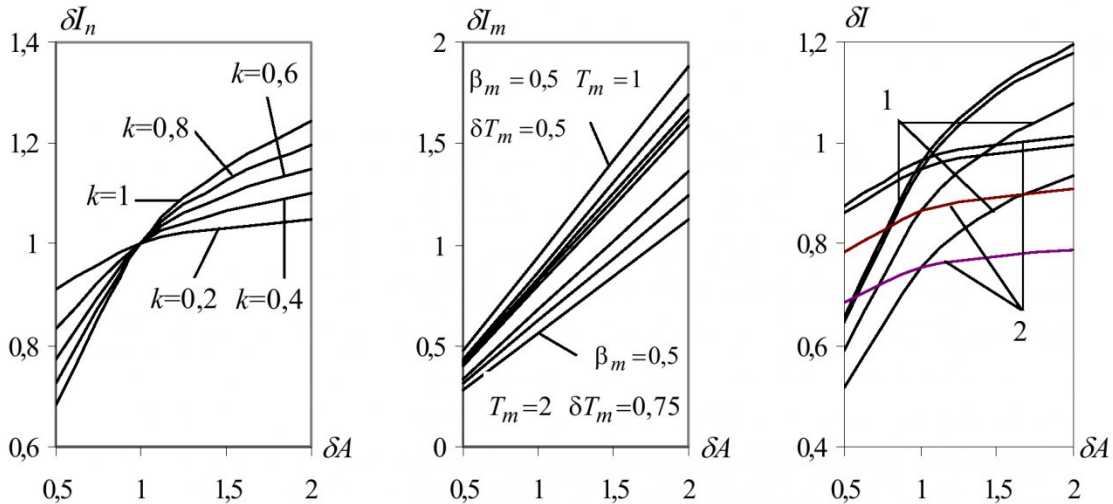


Рис. 5. Прогноз газовыделения в очистной выработке в зависимости от нагрузки

странстве, м³/мин.

В результате решения системы (24) получим

$$\left. \begin{aligned} I_n &= \frac{I}{1-k_p} + d_0(I - I_u) - I_{ex}, & d_0 &= \frac{I_{m,z}}{I_{m,u}} \\ I_{m,u} &= \frac{1-d_0(1-k_p)}{1+d_0(1-k_p)} I_u, & I &= \frac{CQ_u}{I-C} \\ I_{ВП} &= I_u + I_{ВЦГ} - I_n - I_{ex} - (1+d_0)I_{m,u} \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

Оценку значения величины d_0 , характеризующую отношение газовыделения из транспортируемого угля в зоне очистного забоя и конвейерного штрека, получим, используя формулу (14), полагая, как и прежде, $\beta_m = 1$,

$$d_0 = \frac{e^{T_{m,z}} - 1}{1 - e^{-T_{m,u}}}. \quad (26)$$

Для сверки расчетных величин используем уравнения, описывающие аэрогазодинамику в зоне расположения датчика, устанавливаемого в 10-20 м от забоя

$$V \frac{dC}{dt} = I_n + I_m + I_{ВП} + I_{ex} - I_u - I_{ВЦГ}, \quad (27)$$

а для определения объема этой зоны V используем это же уравнение (27), но для остановленного забоя, когда газовыделение из транспортируемого угля равно нулю. В случае движущегося забоя уравнение (27) позволяет оценить суммарный вклад источников газовыделения - поверхности забоя, транспортируемого угля, под- и надработанного массива.

Для практического использования весьма важен прогнозирующий аспект полученных оценок газовыделения (5) и (14), особенно их применение для оценки газовыделения в очистной выработке для повышенных нагрузок на забой и, в частности, максимально возможной в конкретной горно-

технологической обстановке. В соответствии с (5) и (14) при условии неизменности газокинетических характеристик пласта получим систему:

$$\begin{aligned} I_m^* &= I_m(T_m^*) = f_m \frac{A^*}{A} I_m(T_m), \\ f_m &= \frac{1 - e^{-\beta_m \cdot T_m^*}}{1 - e^{-\beta_m \cdot T_m}}, \quad I_n^* = I_n(T^*) = f_n \frac{A^*}{A} I_n(T), \\ f_n &= \frac{1 - e^{-k \cdot T^* / T}}{1 - e^{-k}}, \quad k = \beta_n T, \\ I^* &= I(T^*) = I_n^* + I_m^* = f_n f \frac{A^*}{A} I(T), \\ f &= \frac{1 + k_T \cdot (1 - e^{-\beta_m \cdot T_m^*})}{1 + k_T \cdot (1 - e^{-\beta_m \cdot T_m})}, \end{aligned} \quad (28)$$

где A^* , T^* - планируемая повышенная нагрузка на забой, т/час, и соответствующий ей период снятия стружки, час, T_m^* - период транспортирования угля для повышенной нагрузки, час, I , I^* - текущее и прогнозируемое газовыделение в очистном забое, м³/мин.

Работу прогнозных оценок (28) иллюстрирует рис. 5. Графики демонстрируют относительное изменение газовыделения из его источников и в целом по выработке

$(\Delta I_n = I_n^* / I_n, \quad \Delta I_m^* = I_m^* / I_m, \quad \Delta I = I^* / I)$ в зависимости от соотношения планируемой и текущей нагрузок $\Delta A = A^* / A$. Графики газовыделения в целом по выработке получены при следующих параметрах.

Серия графиков под номером 1:

$$k=1; \quad \beta_m=0.5; \quad k_T=0.25 \dots 3; \quad T_m=1 \dots 2.$$

Серия графиков под номером 2:

$$k=0.2; \quad \beta_m=0.5 \dots 1.5; \quad k_T=0.25 \dots 3; \quad T_m=2.$$

При этом полагалось уменьшение периода транспортирования в два раза.

Из формального анализа функций f, f_n, f_m , учитывающего физический смысл входящих в них параметров и подтверждаемого графическими иллюстрациями (рис. 5) следует.

1. Оптимальным значением показателя газоистощения кусков угля является $\beta_m=1$. Согласно (6) это значение дает 95% газоистощения за 3 часа. Для сравнения, $\beta_m=1.5$ дает более 99% газоистощения, что превышает физическую границу, обусловленную химически сорбированным метаном, составляющим менее 2% от природной газоносности пласта.

2. Верхним значением функции f_m является $f_m=1$. В действительности это значение завышено. Так для реальных периодов транспортирования угля T_m и технологических условий их снижения при возрастании нагрузок на забой ее значение гораздо меньше единицы. В частности, при повышении нагрузки в два раза ($A^*/A=2$) и сокращении периода транспортирования угля в два раза ($T_m^*/T_m=0.5$) имеем

T_m , час	2	1,5	1
f_m	0,73	0,67	0,6
I_m^*/I_m	1,45	1,35	1,2
Прирост газообильности, %	45	35	20

Как видно из цифровых данных, с уменьшением периода транспортирования угля все меньше сказывается увеличение нагрузки на забой.

3. Для монотонной функции f вне зависимости от коэффициента k_m справедливо неравенство $f_m \leq f \leq 1$, но поскольку в качестве оценки функции f_m использована единица, то и $f=1$.

4. Полагая в (1) $\beta_n=0.1$, $\beta_n=0.2$, для остановленного на сутки забоя получим снижение газовыделения с его поверхности до величин менее 9 и 1% соответственно. Явно показатель $\beta_n=0.1$ предпочтительней, поскольку дает вполне реальное снижение газовыделения. Будем полагать, что это значение является его нижней границей. С другой стороны, функция $f_n=f_n(k)$, где $k=\beta_n T$, $\beta_n \geq 0.1$, при любых k и $T^* < T$, удовле-

творяет условию: $T^*/T \leq f_n < 1$, а ее максимальное значение 1 достигается для $k \rightarrow \infty$, не имеющего физического смысла. Вследствие этого требуется дополнительный анализ для установления верхней физически приемлемой границы f_n . Рассмотрим поведение этой функции при росте нагрузки на забой в два раза ($A^*/A=2$) и, соответственно, сокращении периода снятия стружки в два раза ($T^*/T=0.5$). В этом случае имеем

T , час	10	5	1
f_n	0,63	0,56	0,5
I_n^*/I_n	1,26	1,12	1
Прирост газообильности, %	26	12	0

Из цифровых данных следует, что оценка $f=0,63$, полученная для $T=10$ часам, вполне может быть использована в качестве верхней оценки, хотя взятый за основу период явно завышен. В то же время она мало отличается от оценки, полученной при периоде $T=5$ часам, который соответствует забоям средней производительности. Эту же оценку ($f=0,63$) можно получить, если положить $k=1$ ($\beta_n T=1$). Таким образом, в качестве верхней границы функции $f(k)$ принимаем $f(1)$.

Проведенный анализ позволяет получить обоснованные прогнозные оценки газовыделения в очистном забое при повышении нагрузки на забой, которые требуют минимального числа данных

$$I_m^* < \frac{A^*}{A} I_m, \quad I_n^* \leq 1,6 \frac{A^*}{A} I_n (1 - e^{-T^*/T}),$$

$$I^* \leq 1,6 \frac{A^*}{A} \cdot I \cdot (1 - e^{-T^*/T}).$$

Интеграция полученных прогнозных оценок газовыделения в очистной выработке и статистического анализа и обработки оперативных данных по аэрогазовой обстановке на выемочном участке, полученных в ходе снятия серий стружек, позволяют разработать различные сценарии прогноза газообильности очистного забоя и выработки. Эти сценарии опираются на оценку текущего их состояния по фактическим данным и реализуются непосредственно в ходе отработки выемочного столба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Преслер В.Т. Информационно-математическая среда прогноза газопроявлений в угольных шахтах. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2000. – 228 с.
2. Алексеев А.Д., Айруни А.Т., Зверев И.В. и др. Распад твердых углегазовых растворов // Физико-технические горные проблемы, 1994. - №3, - с. 65-75.

□ Автор статьи:

Преслер
Вильгельм Геобальдович

- докт.техн.наук, проф. каф. ИиАПС,
ведущий научный сотрудник Института угля и углекислоты СО РАН