

УДК 622.42

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СХЕМ ПРОВЕТРИВАНИЯ  
ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ШАХТ С УЧЕТОМ ГОРНО-  
ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Завадская Т.В.

Кафедра ЭВМ, ДонНТУ

*Сучасному гірничому виробництву властиве ускладнення гірничо-технічних умов, що пов'язане зі збільшенням глибини підземних робіт, концентрацією та інтенсифікацією робіт. Схеми провітрювання добувних ділянок є важливим чинником забезпечення безпеки праці шахтарів. Розглянемо питання розробки математичних моделей схем провітрювання добувних ділянок із урахуванням гірничо-технічних умов конкретної шахти.*

Схемы проветривания выемочных участков (СПВУ) классифицируют в зависимости от степени обособленности разбавления газов по источникам их поступления в рудничную атмосферу, направления исходящей из лавы струи воздуха, направления движения воздуха по очистной выработке, взаимного направления свежей и исходящей струй. Выбор схемы проветривания для конкретных горно-геологических условий производится с учетом газообильности выемочного участка, нагрузки на забой, выбороопасности, самовозгораемости угля [3,6,7].

На второй квартал 2007 года на шахте им. А.Ф.Засядько работали 4 добычных участка, разрабатывающие пласты  $m_3$ ,  $l_1$ ,  $l_4$ ,  $k_8$ . Каждый из участков разрабатывал отдельный пласт. Участок №1 (3 западная лава) производил добычу с пласта  $l_4$ . Схема проветривания лавы — прямоточная на выработанное пространство. Участок №2 (17 западная лава) разрабатывал пласт  $m_3$ . Схема проветривания лавы — возвратноточная на массив. Участок №4 (12 восточная лава) производил добычу с пласта  $k_8$ . Схема проветривания лавы изменяются на протяжении работы: первый период — комбинированная независимая восходящая прямоточная; второй период — независимая восходящая возвратноточная на выработанное пространство с частичным разбавлением примесей; третий период — независимая восходящая возвратноточная на выработанное пространство с последовательным разбавлением примесей. Участок №7 (13 восточная лава) разрабатывал пласт  $l_1$ . Схема проветривания лавы изменяются на протяжении работы: первый период — независимая восходящая возвратноточная на выработанное пространство; второй период — независимая восходящая

возвратноточная на выработанное пространство с частичным разбавлением примесей; третий период — комбинированная независимая восходящая прямоточная; четвертый период — возвратноточная на массив [2,4].

По классификации [1] применяемые схемы проветривания могут быть представлены структурными схемами первого (участки №№ 2, 4 (первый и третий периоды), 7 (первый, третий и четвертый периоды)) и второго типа (участок №№1, 2 (второй период), 7 (второй период)). Каждая из структурных схем состоит из 3 элементов. Элемент 1 — это откаточный штрек, лава и вентиляционный штрек, а также выработанное пространство, утечки через которое влияют на динамику воздухораспределения и на установившиеся значения расходов. Элемент 2 включает в себя выработанное пространство, лаву и другие источники метановыделения. Элемент 3 — это исходящая струя с концентрацией метана  $C$ .

Для вывода системы уравнений, которая описывает модели схем проветривания выемочных участков указанных типов, необходимо записать уравнения для каждого элемента структур СПВУ. Динамика движения воздуха по выработкам выемочного участка (элемент №1) описывается уравнением [1]:

$$K_{yч} \frac{dQ}{dt} + R_{yч} * Q^2 + R' * Q^2 = H_{yч}, \quad (1)$$

где  $K_{yч} = K \frac{R_{yч}}{R}$ ;  $K = \rho_B \left( \frac{L_{ош}}{S_{ош}} + \frac{L_{л}}{S_{л}} - \frac{L_{вш}}{S_{вш}} \right)$  — суммарный коэффициент инерционности воздушного потока;  $\rho_B$  — плотность воздуха;  $H$  — депрессия участка;  $R'$  — регулируемое сопротивление;  $Q$  — расход воздуха на участке;  $R_{yч}$  вычисляется по формуле:  $R_{yч} = r_o(L_o - l_1 + l_1 * k_1) + k_1^2(R_{вх} + R_{вых}) + r_l * k_l * L_l + r_B(L_B - l_2 + l_2 * k_1)$ , где  $r_o$ ,  $r_l$ ,  $r_B$  — удельные сопротивления откаточного штрека, лавы и вентиляционного штрека;  $L_o$ ,  $L_l$ ,  $L_B$  — длины откаточного штрека, лавы и вентиляционного штрека;  $k_1$ ,  $k_l$  — доставочные коэффициенты;  $R_{вх}$ ,  $R_{вых}$  — местные сопротивления;  $l_1$ ,  $l_2$  — длины, на которых проявляются утечки;  $R = R_{ош} + R_l + R_{вш} + R_m$  — суммарное аэродинамическое сопротивление штреков, лавы с учетом местного сопротивления  $R_m$ .

Динамику изменения дебита метана в выработанном пространстве при изменениях режима проветривания выемочного участка (элемент №2) характеризует уравнение:

$$A \frac{dQ_m}{dt} + Q_m = Q_{ом} + B * R\phi \frac{d(Q * Q)}{dt}, \quad (2)$$

где  $A, B$  — газодинамические параметры участка.  $A = \frac{V_{II}}{C_{\phi} * S_{\sigma} * P_{ом}}$  ;

$B = \frac{V_{II}}{P_{ом}}$  ;  $C_{\phi} = \frac{k}{\mu * \Delta n}$  , где  $C_{\phi}$  — коэффициент фильтрации;  $k$  —

коэффициент проницаемости верхней части выработанного пространства;  $\mu$  — динамический коэффициент вязкости метана;  $\Delta n$  — шаг аппроксимации по нормали;  $V_{II}$  — объем пустот в верхней части выработанного пространства;  $S_{\sigma}$  — площадь поверхности фильтрации;  $S_{\sigma} = L_{л} * l_{шт}$ , где  $L_{л}$  — длина лавы;  $l_{шт}$  — длина штрека, где есть утечки;  $P_{ом}$  — давление метана в установившемся режиме;  $R_{\phi} = \frac{R_{уч} - r_o(L_o - l_1) + r_o(L_o - l_1(1 - k_1))}{2}$ , где  $R_{уч}$  — сопротивление участка;  $r_b$  — удельное сопротивление вентиляционного штрека;  $L_b$  — длина вентиляционного штрека;  $l_1$  — длина, на которой появляются утечки;  $r_o$  — удельное сопротивление откаточного штрека;  $k_1$  — доставочный коэффициент.

Газодинамические процессы в элементе №3 описываются уравнениями:

$$V_{пу} \frac{dC_y}{dt} = Q_M - (Q_y + Q_M) * C_y; \quad (3)$$

$$V_{л} \frac{dC_{л}}{dt} = Q_{мл} - (Q_{л} + Q_{мл}) * C_{л}; \quad (4)$$

$$V_{шт} \frac{dC}{dt} = Q_{млд} + Q_{мд} - (Q + Q_{млд} + Q_{мд}) * C, \quad (5)$$

где  $C_y$  — концентрация метана в утечках воздуха на выходе выработанного пространства,  $C_{л}$  — средняя концентрация метана,  $Q_{л}$  — расход воздуха в лаве; где  $Q_{мл}$  — дебит метана в лаве из всех источников [5]. Исходя из этого, можно составить систему уравнений для модели первого типа:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{уч} \frac{dQ}{dt} + R_{уч} * Q^2 + R' * Q^2 = H_{уч} \\ A \frac{dQ_{м}}{dt} + Q_M = Q_{ом} + B * R_{\phi} \frac{d(Q * Q)}{dt} \\ V_{пу} \frac{dC_y}{dt} = Q_M - (Q_y + Q_M) * C_y \\ V_{л} \frac{dC_{л}}{dt} = Q_{мл} - (Q_{л} + Q_{мл}) * C_{л} \\ V_{шт} \frac{dC}{dt} = Q_{млд} + Q_{мд} - (Q + Q_{млд} + Q_{мд}) * C \\ Q_{млд} = (Q_{л} + Q_{мл}) * C_{л}, \quad Q_{мд} = (Q_y + Q_M) * C_y. \end{array} \right. \quad (6)$$

Система уравнений для модели второго типа:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{yч} \frac{dQ_1}{dt} + R_{yч} * Q_1^2 + R' * Q_1^2 = H_{yч} \\ K_{yч1} \frac{dQ_2}{dt} + R_{yч} * Q_2^2 + R' * Q_2^2 = H_{yч} \\ A \frac{dQ_m}{dt} + Q_m = Q_{ом} + B * R_{ф} \frac{d(Q_1 * Q_1)}{dt} \\ V_{пу} \frac{dC_y}{dt} = Q_m - (Q_y + Q_m) * C_y \\ V_{л} \frac{dC_{л}}{dt} = Q_{мл} - (Q_{л} + Q_{мл}) * C_{л} \\ V_{ш} \frac{dC}{dt} = Q_{млд} + Q_{мд} - (Q_1 + Q_{млд} + Q_{мд} + Q_2) * C \\ Q_{млд} = (Q_{л} + Q_{мл}) * C_{л}, Q_{мд} = (Q_y + Q_m) * C_y. \end{array} \right. \quad (7)$$

Математические модели, отражающие физическую сущность переходных аэрогазодинамических процессов в схемах проветривания выемочных участков следует разрабатывать в таком порядке: анализ схем на заданной шахте и построение их структурных схем как объектов управления; вывод уравнений для элементов структурных схем по методике, предложенной в [1]. Полученные уравнения включаются в общее математическое описание шахтной вентиляционной сети.

#### Библиографический список

1. Абрамов Ф.А., Фельдман Л.П., Святный В.А. Моделирование динамических процессов рудничной аэрологии / Киев, Наукова думка, 1981.
2. Мясников А.А, Патрушев М.А. Основы проектирования вентиляции угольных шахт / Москва, Недра, 1971.
3. Янко С.В., Ткачук С.П. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / Киев, 1994.
4. Звягильский Е.Л., Булат А.Ф., Ефремов И.А., Бокий Б.В., Бунько Т.В., Кокулин И.Е. Проветривание и газовый режим шахты имени А.Ф. Засядько: состояние и пути совершенствования / Донецк–Днепропетровск, 2003.
5. Святный В.А. Моделирование аэрогазодинамических процессов и разработка систем управления проветриванием шахт. Докт. диссертация. ДПИ, Донецк, 1985.
6. Кирич Б.Ф., Ушаков К.З.: Рудничная и промышленная аэрология / Москва, Недра, 1983.
7. Абрамов Ф.А.: Рудничная аэрогазодинамика / Москва, Недра, 1972

19.05.2008