

УДК 622.42

К РАЗРАБОТКЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СХЕМ ПРОВЕТРИВАНИЯ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ

Завадская Т.В.
ДонНТУ

Схемы проветривания выемочных участков (СПВУ) являются важным фактором обеспечения безопасности труда шахтеров. В работе [1] предложена методика вывода уравнений аэрогазодинамических процессов в СПВУ как объектах контроля, управления и прогноза. Рассмотрим вопросы разработки математических моделей схем проветривания выемочных участков с учетом горно-технических условий конкретной шахты.

Выбор схем проветривания выемочных участков производится с учетом газообильности пластов, нагрузки на забой, выбросоопасности, самовозгораемости угля [2,3]. Ниже представлены схемы проветривания, применяемые на добычных участках шахты им. А.Ф.Засядько и их технологическая характеристика. На второй квартал 2007 года на шахте 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 . Длина лавы – 250м. Мощность пласта – 1,0м. Крепь – “ДМ”, комбайн – УКД 200/250. Средний расход воздуха, подаваемый на выемочный участок – 1496 м³/мин. Среднесуточная нагрузка – 3825т [4]. Схема проветривания лавы – прямоточная на выработанное пространство. Тип схемы проветривания 2-В-Н-в-вт [2].

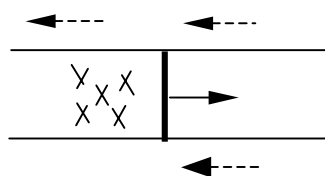


Рис.1 Тип схемы проветривания 2-В-Н-в-вт [2].

Участок №2 (17 западная лава) разрабатывал пласт m_3 , “Александровский”, марка Ж. Длина лавы – 270м. Мощность пласта – 1,78м. Крепь – ЗКД-90, комбайн – 1ГШ-68. Средний расход воздуха, подаваемый на выемочный участок – 1655м³/мин. Среднесуточная нагрузка – 3272т [4]. Схема проветривания лавы – возвратноточная на массив.

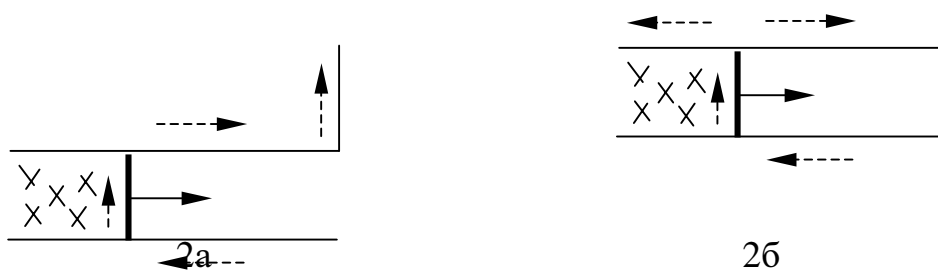


Рис.2а Тип схемы проветривания 1-М-Н-в-вт (первый период);

Рис.2б Тип схемы проветривания 1-К-Н-в-вт (второй период – при доработке лавы на последних 50 метрах) [2].

Участок №4 (12 восточная лава) производил добычу с пласта k_8 . Длина лавы – 250м. Мощность пласта – 0,98м. Крепь – “ДМ”, комбайн – УКД 200/250. Средний расход воздуха, подаваемый на выемочный участок: первый период – $950\text{ м}^3/\text{мин}$; второй период – $1641\text{ м}^3/\text{мин}$; третий период – $843\text{ м}^3/\text{мин}$. Среднесуточная нагрузка – 2963т [4]. Схема проветривания лавы изменяются на протяжении работы: первый период – комбинированная независимая восходящая прямоточная; второй период – независимая восходящая возвратночная на выработанное пространство с частичным разбавлением примесей; третий период – независимая восходящая возвратночная на выработанное пространство с последовательным разбавлением примесей.

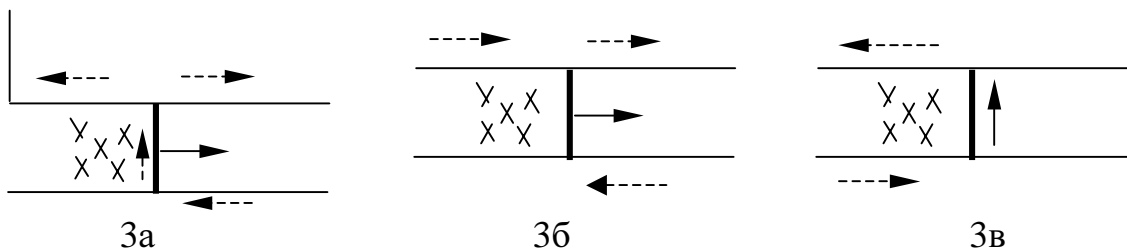


Рис.3а Тип схемы проветривания 1-К-Н-в-пт (первый период);

Рис.3б Тип схемы проветривания 2-В-Н-в-вт (второй период);

Рис.3в Тип схемы проветривания 1-В-Н-в-вт (третий период) [2].

Участок №7 (13 восточная лава) разрабатывал пласт 1_1 , “Семеновский”, марка Ж. Длина лавы – 240м. Мощность пласта – 1.69м. Крепь – ЗКД-90, комбайн – 1ГШ-68. Средний расход воздуха, подаваемый на выемочный участок: первый период – $1350\text{ м}^3/\text{мин}$; второй период – $1897\text{ м}^3/\text{мин}$; третий период – $1897\text{ м}^3/\text{мин}$. Среднесуточная нагрузка: в первый период – 1000т; в остальные периоды – 2000т [4]. Схема проветривания лавы изменяются на протяжении работы: первый период – независимая восходящая возвратночная 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.

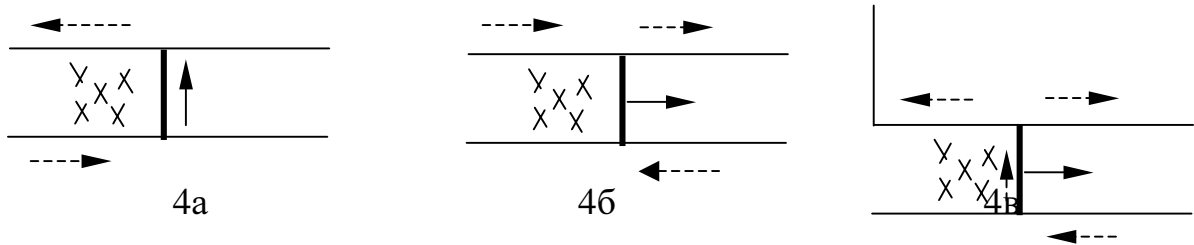
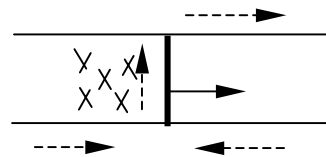


Рис.4а Тип схемы проветривания 1-В-Н-в-вт (первый период);

Рис.4б Тип схемы проветривания 2-В-Н-в-вт (второй период);

Рис.4в Тип схемы проветривания 1-К-Н-в-пт (третий период);



4г

Рис.4г Тип схемы проветривания 1-М-Н-в-пт (четвертый период)[2].

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)).

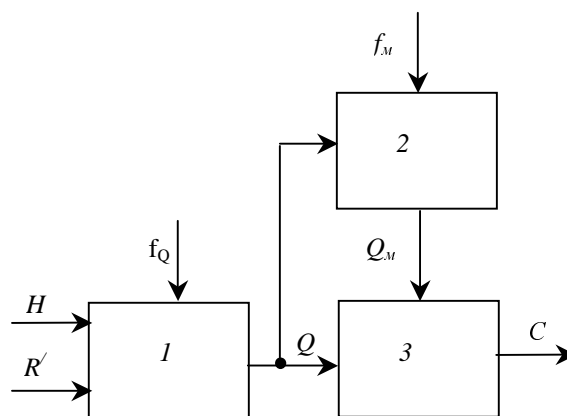


Рис. 5 Структурная схема проветривания первого типа

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. H — депрессия участка; R' — регулируемое сопротивление; Q — расход воздуха на участке; f_Q — обобщенное аэродинамическое возмущение. Элемент 2 включает в себя выработанное пространство, лаву и другие источники метановыделения; f_M — возмущения по дебитам метана; Q_M — суммарный дебит. Элемент 3 — это исходящая струя с концентрацией метана C .

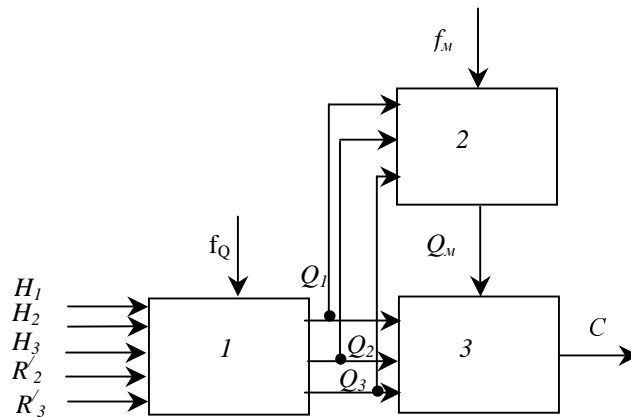


Рис. 6 Структурная схема проветривания второго типа

Q_1 — расход воздуха в откаточном штреке; Q_2 — расход во второй свежей струе; Q_3 — расход в исходящей струе. Регулируемые сопротивления R'_2 , R'_3 соответствуют расходам воздуха Q_2 , Q_3 , при этом имеется в виду, что в откаточном штреке регулируемые сопротивления устанавливаться не будут [1].

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 на рис.5,6) описывается уравнением [1]:

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

где $K_{yч} = K \frac{R_{yч}}{R}$; $K = \rho_B \left(\frac{L_{ou}}{S_{ou}} + \frac{L_x}{S_x} - \frac{L_{eu}}{S_{eu}} \right)$ — суммарный коэффициент инерционности воздушного потока; ρ_B — плотность воздуха; $R_{yч}$ 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 на рис.5,6) 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. $A = \frac{V_{п}}{C_{\phi} * S_{\sigma} * P_{ом}}$;

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

коэффициент проницаемости верхней части выработанного пространства; μ — динамический коэффициент вязкости метана; Δn — шаг аппроксимации по нормали; $V_{п}$ — объем пустот в верхней части выработанного пространства; S_{σ} — площадь поверхности фильтрации; $S_{\sigma} = L_l * l_{ш}$, где L_l — длина лавы; $l_{ш}$ — длина штрека, где есть утечки; $P_{ом}$ — давление метана в установившемся режиме; $R_{\phi} = \frac{R_{yч} - r_o(L_o - l_1) + r_o(L_o - l_1(1 - k_1))}{2}$, где $R_{yч}$ — 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:

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

$$V_l \frac{dC_l}{dt} = Q_{мл} - (Q_l + Q_{мл}) * C_l; \quad (4)$$

$$V_{ш} \frac{dC}{dt} = Q_{мл\delta} + Q_{м\delta} - (Q + Q_{мл\delta} + Q_{м\delta}) * C, \quad (5)$$

где C_y — концентрация метана в утечках воздуха на выходе выработанного пространства, C_l — средняя концентрация метана, Q_l

— 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:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{yч} \frac{dQ}{dt} + R_{yч} * Q^2 + R' * Q^2 = H_{yч} \\ A \frac{dQ_m}{dt} + Q_m = Q_{ом} + B * R_{\phi} \frac{d(Q * Q)}{dt} \\ V_{ny} \frac{dC_y}{dt} = Q_m - (Q_y + Q_m) * C_y \\ V_l \frac{dC_l}{dt} = Q_{мл} - (Q_l + Q_{мл}) * C_l \\ V_{и} \frac{dC}{dt} = Q_{мл\delta} + Q_{м\delta} - (Q + Q_{мл\delta} + Q_{м\delta}) * C \\ Q_{мл\delta} = (Q_l + Q_{мл}) * C_l \\ Q_{м\delta} = (Q_y + Q_m) * C_y \end{array} \right. \quad (6)$$

Система уравнений для модели второго типа:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{yч} \frac{dQ_1}{dt} + R_{yч} * Q_1^2 + R' * Q_1^2 = H_{yч} \\ K_{yч1} \frac{dQ_2}{dt} + R_{yч} * Q_2^2 + R' * Q_2^2 = H_{yч} \\ A \frac{dQ_m}{dt} + Q_m = Q_{ом} + B * R_{\phi} \frac{d(Q_1 * Q_1)}{dt} \\ V_{ny} \frac{dC_y}{dt} = Q_m - (Q_y + Q_m) * C_y \\ V_l \frac{dC_l}{dt} = Q_{мл} - (Q_l + Q_{мл}) * C_l \\ V_{и} \frac{dC}{dt} = Q_{мл\delta} + Q_{м\delta} - (Q_l + Q_{мл\delta} + Q_{м\delta} + Q_2) * C \\ Q_{мл\delta} = (Q_l + Q_{мл}) * C_l \\ Q_{м\delta} = (Q_y + Q_m) * C_y \end{array} \right. \quad (7)$$

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.

30.04.08