

Блочно-ориентированная модель газодинамических процессов в схемах проветривания участков шахт

Завадская Т.В.
Кафедра ЭВМ ДонНТУ
zavadskaja@cs.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Zavadskaya T.V. Block-oriented model of gas-dynamic processes in air-ventilation schemes of coal mining sites. As a result of analysis and classification processes, individual excavation sites could be represented as 1st and 2nd-order structural schemes, where each scheme is mathematically described as a set of ODEs. The resulting systems are solved using block-oriented programming approach.

Введение

Современному горному производству присуще усложнение горнотехнических условий, связанное с увеличением глубины подземных работ, концентрацией и интенсификацией горных работ. Высокие нагрузки на очистные забои, темпы проведения выработок требуют решения задач обеспечения безопасности режимов проветривания, которые характеризуются подачей и распределением по выработкам такого количества воздуха, при котором соблюдаются требования правил техники безопасности, поддерживаются оптимальные режимы работы вентиляционных установок и достигается заданная производительность выемочных участков [3]. Решение этой проблемы возможно только с применением современных научных методов, одним из которых является математическое моделирование процессов проветривания.

Типы схем проветривания выемочных участков и их краткая технологическая характеристика

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, выбросоопасности, самовозгораемости угля [3,5,6]. Рассмотрим СПВУ шахты им. А.Ф.Засядько. Здесь работают 4 добычных

участка, разрабатывающие пласты m_3 , l_1 , l_4 , k_8 . Каждый из участков разрабатывает отдельный пласт. Участок №1 (3 западная лава) производит добычу с пласта l_4 . Схема проветривания лавы — прямоточная на выработанное пространство. Тип схемы проветривания 2-В-Н-в-пт. Участок №2 (17 западная лава) разрабатывает пласт m_3 . Схема проветривания — возвратноточная на массив. Тип схемы проветривания 1-М-Н-в-вт. Участок №4 (12 восточная лава) производит добычу с пласта k_8 . Схема проветривания лавы изменяется на протяжении работы: первый период — комбинированная независимая восходящая прямоточная (тип схемы проветривания 1-К-Н-в-пт); второй период — независимая восходящая возвратноточная на выработанное пространство с частичным разбавлением примесей (тип схемы проветривания 2-В-Н-в-вт); третий период — независимая восходящая возвратноточная на выработанное пространство с последовательным разбавлением примесей (тип схемы проветривания 1-В-Н-в-вт). Участок №7 (13 восточная лава) разрабатывает пласт l_1 . Схема проветривания лавы на этом участке также изменяется на протяжении работы: первый период — независимая восходящая возвратноточная на выработанное пространство (тип схемы проветривания 1-В-Н-в-вт); второй период — независимая восходящая возвратноточная на выработанное пространство с частичным разбавлением примесей (тип схемы проветривания 2-В-Н-в-вт); третий период — комбинированная независимая восходящая прямоточная (тип схемы проветривания 1-К-Н-в-пт); четвертый период — возвратноточная на массив (тип схемы проветривания 1-М-Н-в-пт) [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 (участки №№1, 2 второй период, № 7 второй период).

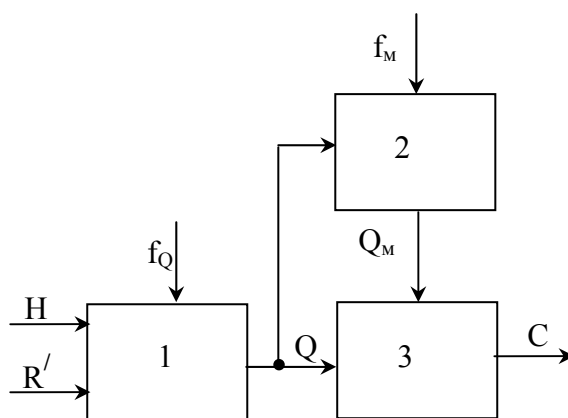


Рисунок 1 - Структура схемы проветривания первого типа

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 .

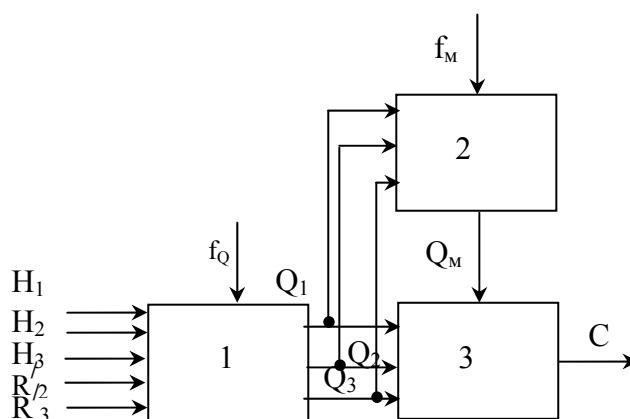


Рисунок 2 - Структура схемы проветривания второго типа

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].

Вывод уравнений аэрогазодинамических процессов

Для вывода системы уравнений, которая описывает модели СПВУ указанных типов, необходимо записать отдельные уравнения для каждого элемента в структурах. Элемент №1 можно описать уравнением вида

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

где $K_{yч}$, $R_{yч}$ — аэродинамические параметры, учитывающие влияние выработанного пространства на инерционность воздушного потока и общее аэродинамическое сопротивление,

$$K_{yч} = K \frac{R_{yч}}{R_o + R_l + R_v}; \quad K = \rho \left(\frac{L_o}{S_o} + \frac{L_l}{S_l} + \frac{L_v}{S_v} \right).$$

Элемент №2 описывается уравнением:

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

где A , B — газодинамические параметры участка;

$$A = \frac{V_{II}}{C\phi * S\sigma * P_{oM}} ; B = \frac{V_{II}}{P_{oM}} .$$

Газодинамические процессы в элементе №3 описываются уравнениями:

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

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

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

Исходя из этого, можно составить систему уравнений для модели *первого типа*:

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

Система уравнений для модели *второго типа*:

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

По математическому описанию (6), (7) построим модели СПВУ в виде блок-схем. Для этого будем использовать язык моделирования SIMULINK (система динамического моделирования для MATLAB[®], The MathWorks Inc), который поддерживает работу с линейными и нелинейными системами, моделируемыми в непрерывном времени, а также обеспечивает иерархическое представление модели [7].

Результатами моделирования являются графики расхода воздуха (Q) и концентрации метана (C). Переходные процессы, вызванные ступенчатым изменением расхода воздуха при использовании блочно-ориентированного метода, представлены на рисунках 3.1 – 3.4.

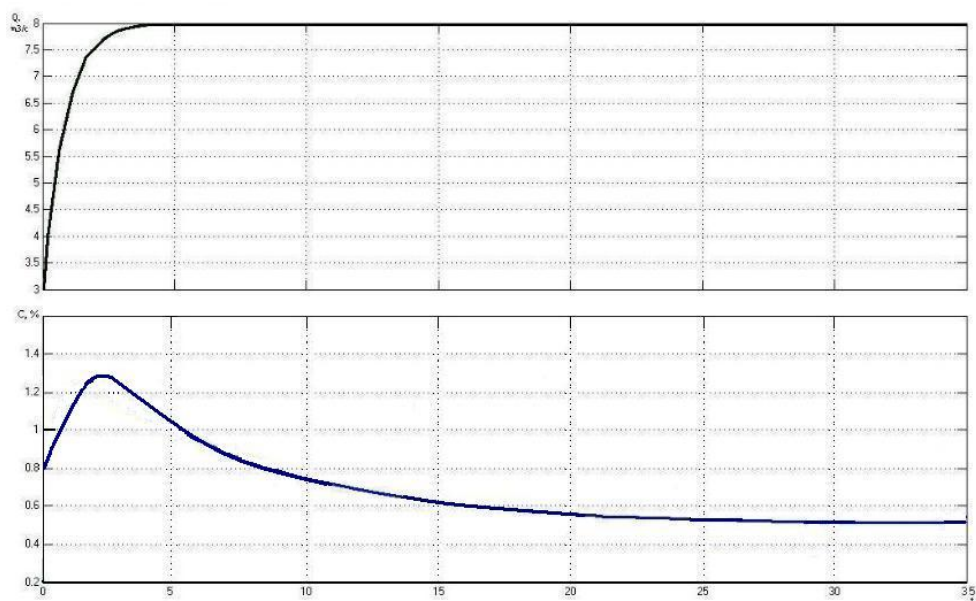


Рисунок 3.1 - Результаты моделирования газовыделения участка №1

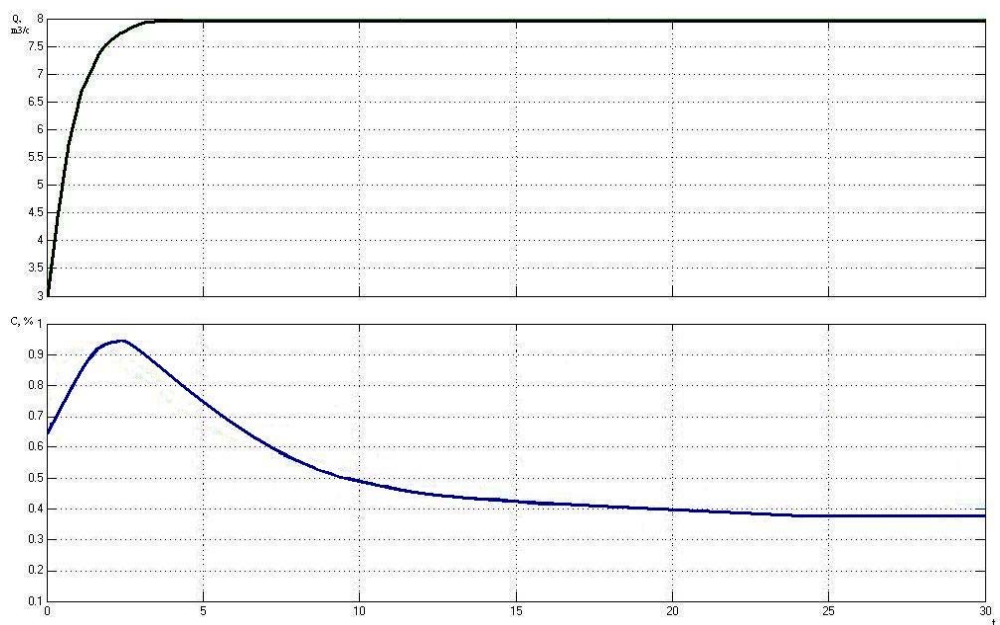


Рисунок 3.2 - Результаты моделирования газовыделения участка №2

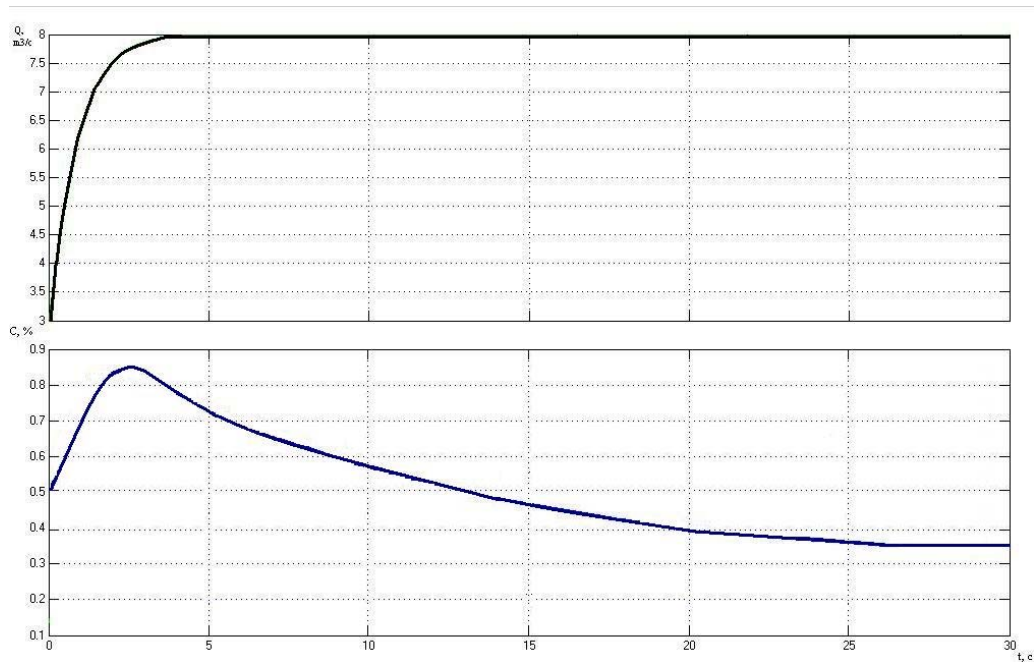


Рисунок 3.3 - Результаты моделирования газовыделения участка №4

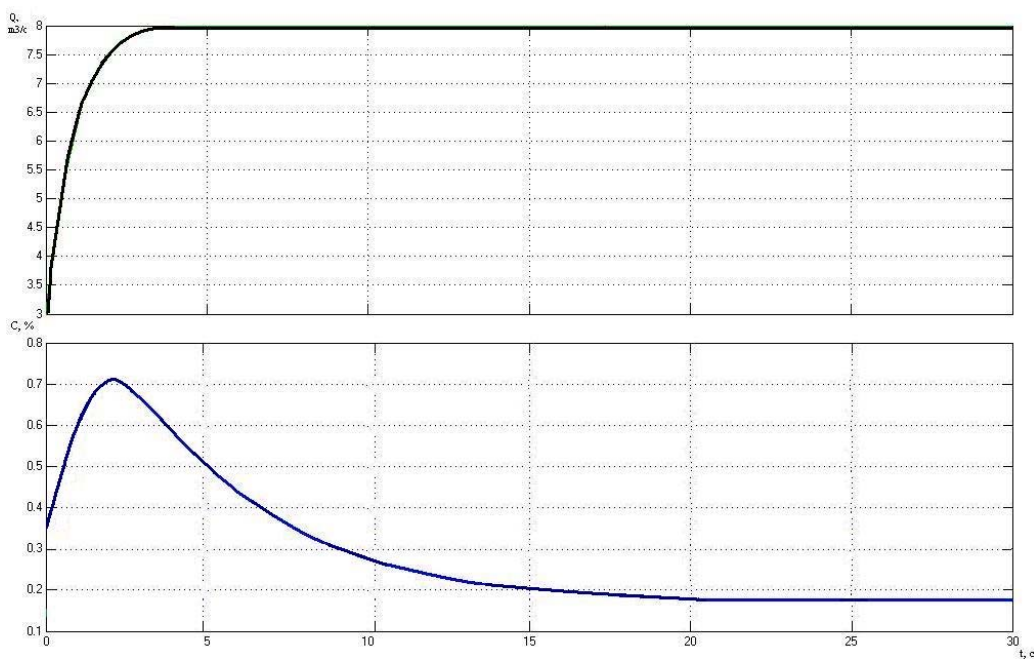


Рисунок 3.4 - Результаты моделирования газовыделения участка №7

При ступенчатом изменении Q вначале наблюдается всплеск концентрации метана, а затем после достижения установившегося значения расхода воздуха, величина C снижается и стремится к установившемуся значению допустимой концентрации.

Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными показывает, что модели достаточно точно отражают физическую картину процессов.

Выводы

На современных угольных шахтах эксплуатируются одновременно несколько типов схем проветривания выемочных участков. Предложено математическое описание аэрогазодинамических процессов для схем двух типов, учитывающие горно-технические условия конкретной шахты. Получены результаты моделирования, которые совпадают с данными шахтных экспериментов. Блочнo-ориентированные модели СПВУ будут использованы при разработке математической модели всей шахтной вентиляционной сети.

Литература

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. Кирин Б.Ф., Ушаков К.З.: Рудничная и промышленная аэрология / Москва, Недра, 1983.
6. Абрамов Ф.А.: Рудничная аэрогазодинамика / Москва, Недра, 1972
7. Simulink: Dynamic System Simulation for MATLAB – Using Simulink, 3 edition, MathWorks Inc., 1999.

Дата надходження до редакції 25.11.2007 р.