

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-вт. 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).

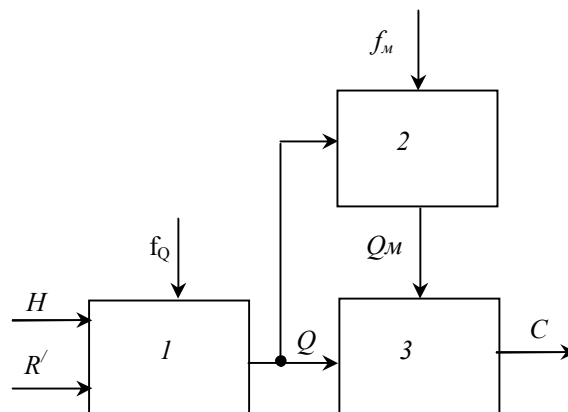


Рис. 1. Структура схемы проветривания первого типа

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 .

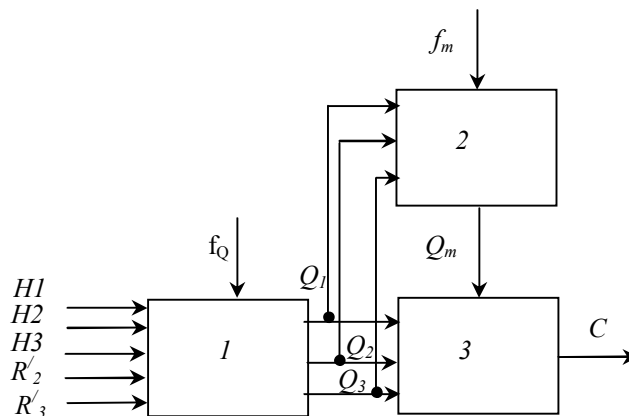


Рис. 2. Структура схемы проветривания второго типа

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,

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

Элемент №2 описывается уравнением:

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

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*:

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

Система уравнений для модели *второго типа*:

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

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. 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.

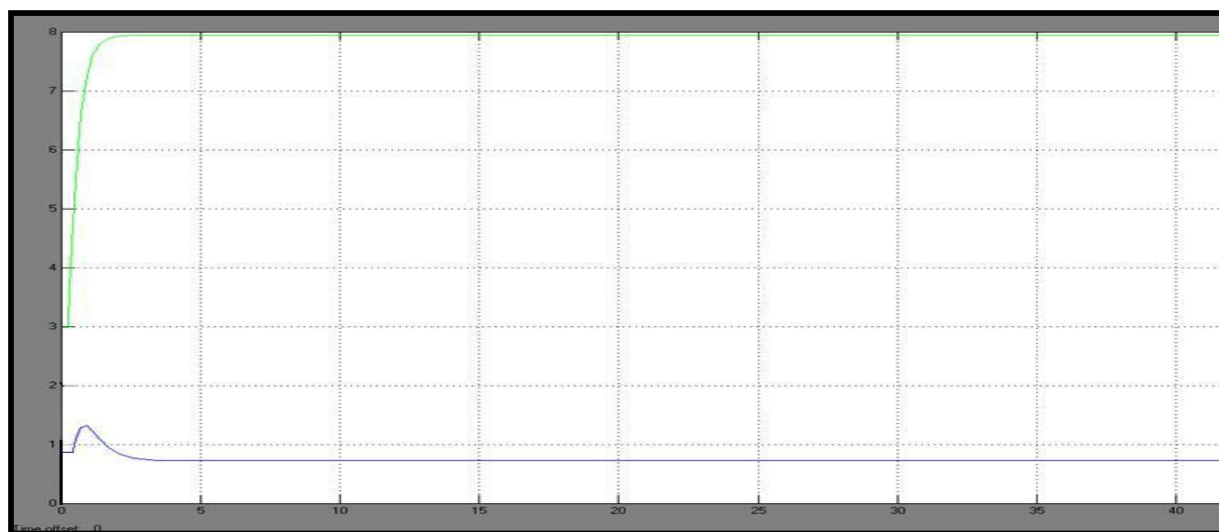


Рис. 3.1. Результаты моделирования газовой выделенности участка №1

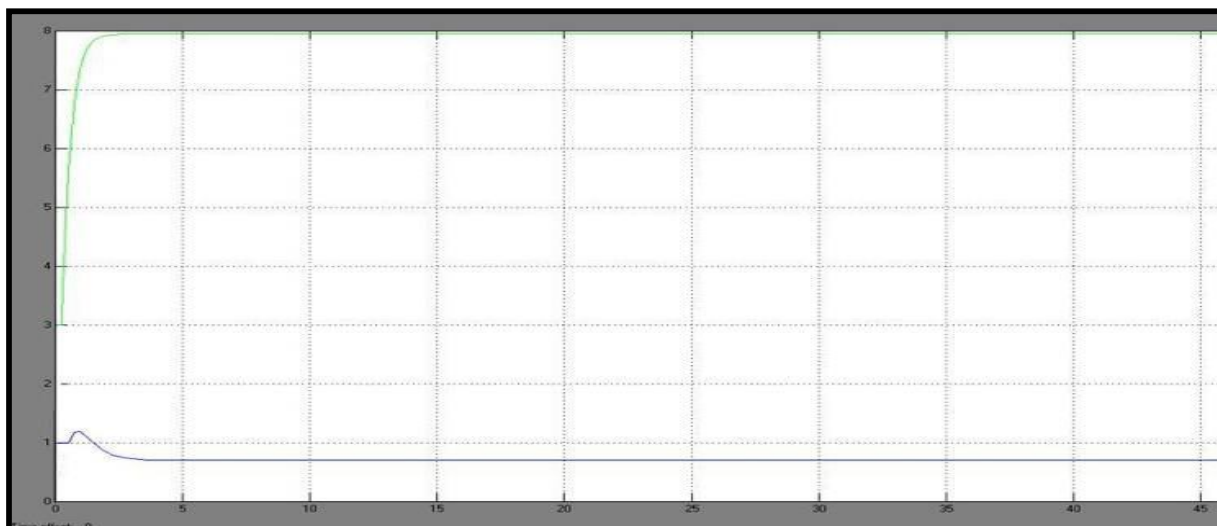


Рис. 3.2. Результаты моделирования газовыделения участка №2

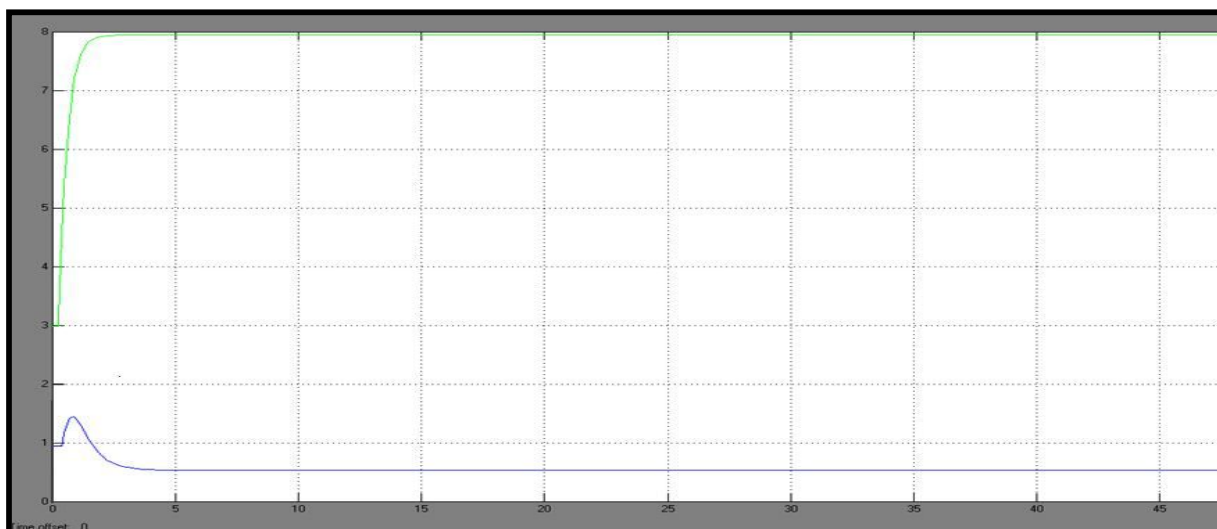


Рис. 3.3. Результаты моделирования газовыделения участка №4

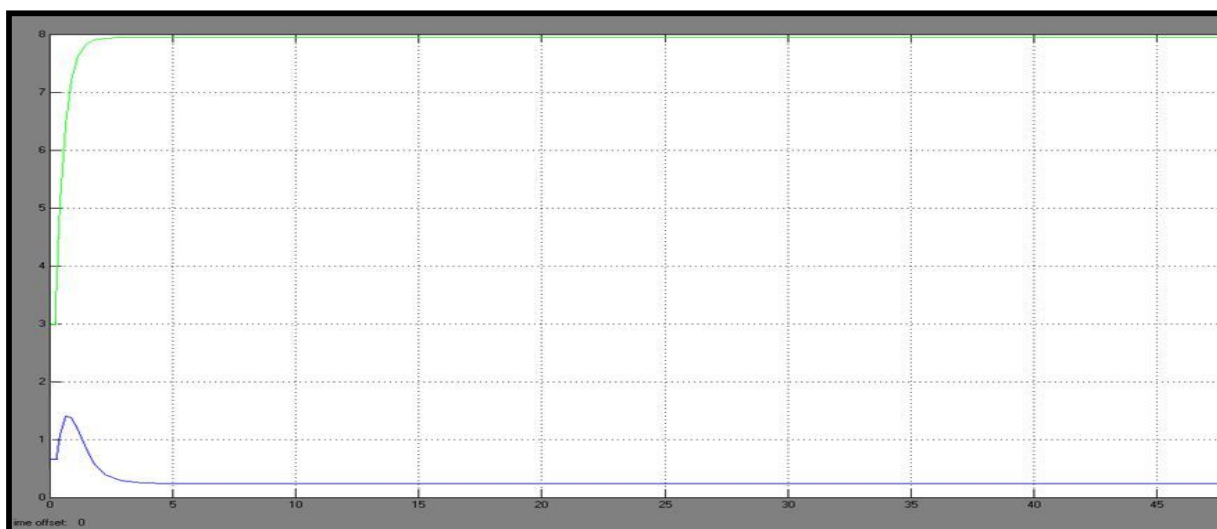


Рис. 3.4. Результаты моделирования газовыделения участка №7

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. Блочн-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.