

БЛОЧНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕГУЛЯТОРАМИ РАСХОДА ВОЗДУХА В ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ

В статье представлено математическое описание, разработаны блочно-ориентированные модели шахтной вентиляционной сети (ШВС) и системы автоматического управления (САУ) при помощи среды для моделирования, имитации и анализа динамических систем Simulink. Составлена блочно-ориентированная (БО) модель взаимодействия ШВС и САУ с добавлением блока задания начальных условий. Получены результаты изменения расходов воздуха при проведении ряда экспериментов по подключению САУ в ветви ШВС (соответствующие выемочным участкам). По результатам экспериментов отмечено, что реализация БО-моделей на языке Simulink открывает хорошие перспективы модельной поддержки разработок систем управления воздушораспределением в реальных ШВС действующих шахт.

Ключевые слова: шахтная вентиляционная сеть, система автоматического управления, дерево, антидерево, ветвь, граф, модель, регулирующий орган, расход воздуха.

Введение

Разнообразие и сложность схем проветривания, большая длина и разветвленность вентиляционной сети, сложность получения информации о параметрах шахтной атмосферы ставят задачу управления проветриванием в ряд наиболее сложных. Система автоматического управления (САУ) расходами воздуха в шахтной вентиляционной сети (ШВС) должна осуществлять активное (изменение производительности вентиляторных установок) и пассивное (воздействие на вентиляционную струю с помощью регуляторов расхода воздуха (РРВ)) регулирование. Рассмотрим модели ШВС и САУ расходами воздуха на основе блочно-ориентированного языка моделирования.

1. Формальное описание ШВС и описание участкового РРВ

1.1 Формальное описание ШВС

Известно [1,3,4], что абстрактной математической моделью ШВС является ориентированный граф $G(m, n)$ (рис.1), где m – количество ветвей (Q), n – количество узлов (U). Этот граф отражает топологию связей между ветвями и узлами, размещение активных элементов в сети (вентиляторов). Топология графа описывается матрицей инциденций A размерностью $(m*(n-1))$ и матрицей независимых контуров S $(m*\gamma)$, где $\gamma=(m-n+1)$.

Математическое описание переходных процессов в сети имеет вид (модель ШВС) [1,4]:

$$\begin{cases} AQ=0 \\ SK \frac{dQ}{dt} + SRZ + SR'Z = SH \end{cases} \quad (1)$$

где: A — матрица инциденций;
 S — матрица контуров;
 Q — вектор расхода воздуха в ветвях;
 R — диагональная матрица аэродинамических сопротивлений;
 K — диагональная матрица аэродинамических коэффициентов;
 H — вектор депрессий, создаваемых вентиляторами в ветвях;
 Z — вектор с элементами $Z_i=Q_i | Q_i |$.

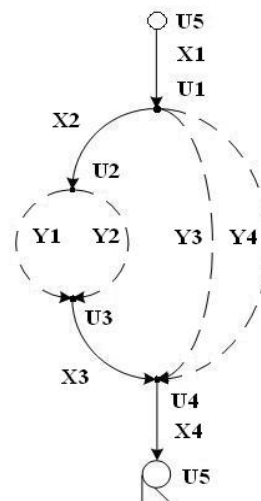


Рис. 1. Граф (пунктирной линией обозначены ветви антидерева, а сплошной — ветви дерева)

По методике, предложенной ранее автором в [2] составляем блочно-ориентированную (БО) модель решения системы (1), представленную на рис.2.

Для разработки моделей всех объектов будем использовать средства БО-языка моделирования Simulink .

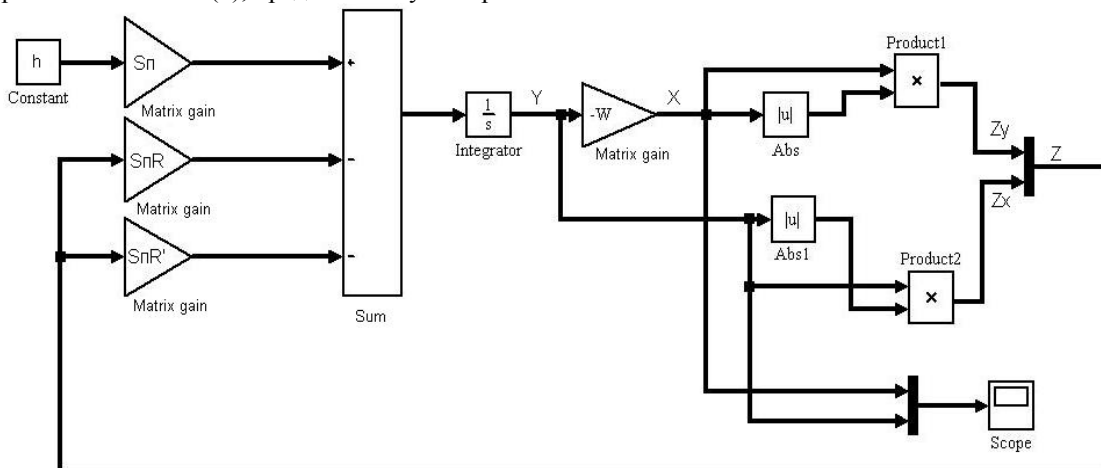


Рис. 2. Блочнo-ориентированная модель ШВС

1.2 Система автоматического управления схем проветривания выемочных участков (СПВУ)

Так как выемочные участки являются основными объектами проветривания на угольных шахтах и в зависимости от нагрузки на них, необходимо обеспечить эти участки соответствующим количеством воздуха. Для решения задач в этой проблемной области использовалась аналогово-цифровая САУ [1,4]. Данная САУ обладает низкой степенью совместимости с современными средствами модели-

рования и недостаточной степенью адекватности. В связи с этим была разработана модифицированная модель САУ СПВУ.

Структура участка как объекта управления, структура системы управления потоком воздуха в ветви, а так же уравнения для каждого из звеньев системы управления предложены автором в [2]. Составим БО-модель САУ (рис.3).

Численные значения, которые будут использоваться в процессе моделирования, представлены в таблице 1.

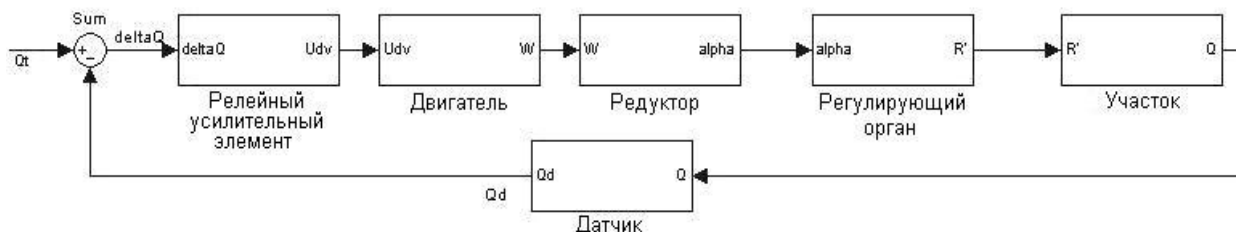


Рис. 3. Блочнo-ориентированная модель САУ

Параметры САУ

Таблица 1

№	H, мм. вод. ст.	$R_{\text{вн}}$, $\text{H} \cdot \text{c}^2 / \text{M}^8$	$R' \text{ max}$, $\text{H} \cdot \text{c}^2 / \text{M}^8$	a	α , м	$U_{\text{дв}}$, В	ω , рад/с
1 (Регулирующий орган (РО) открыт)	680	1,7	0	5,78	0	380	-125
2 (Регулирующий орган (РО) закрыт)	680	1,7	25,5	5,78	2,1	380	125

2. Система автоматического управления регуляторами расхода воздуха в шахтной вентиляционной сети

Поставим одну САУ в ветвь антидеревя Y_1 , в остальных ветвях систем управления нет.

На рис.3 представлена БО-модель управления расходами воздуха в ШВС. Она состоит из 3-х частей:

1. БО-модели ШВС.
2. БО-модели САУ.
3. Блока задания начальных условий.

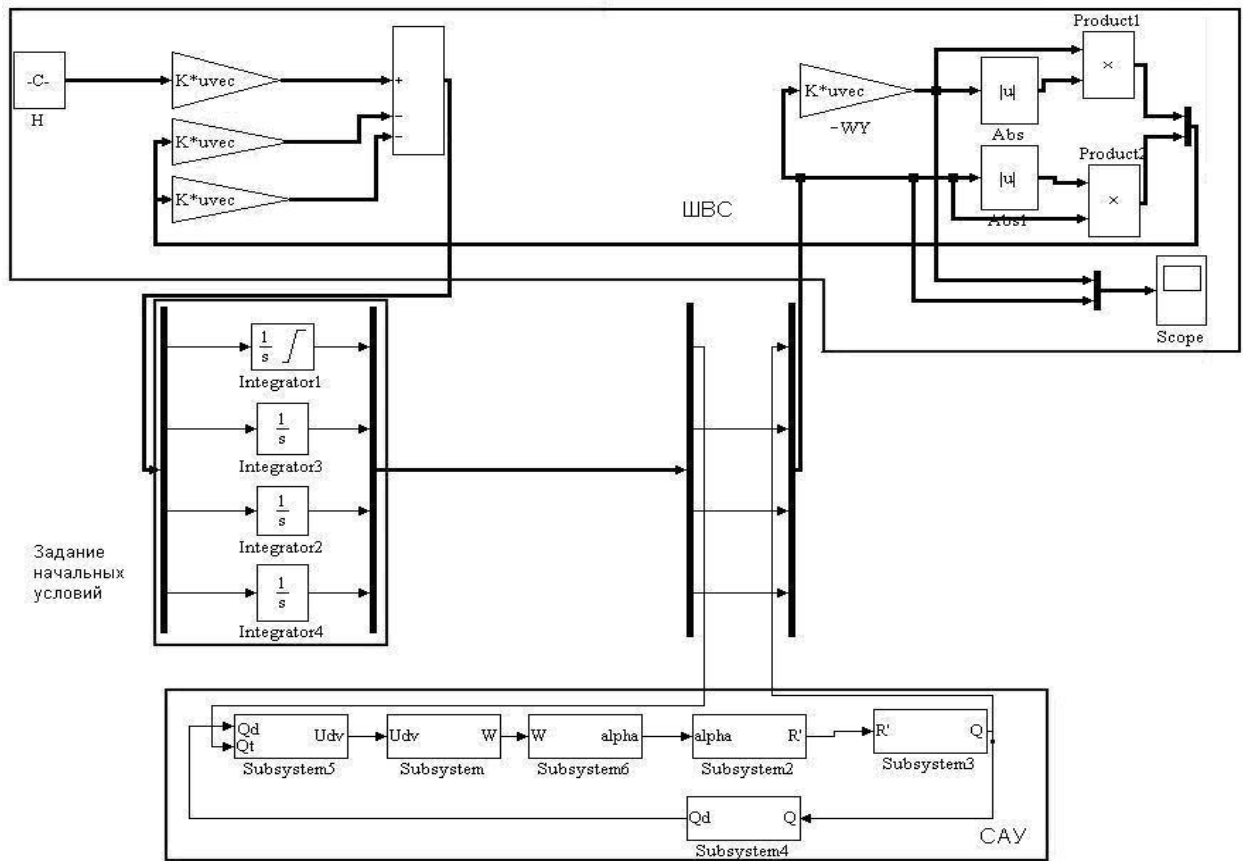
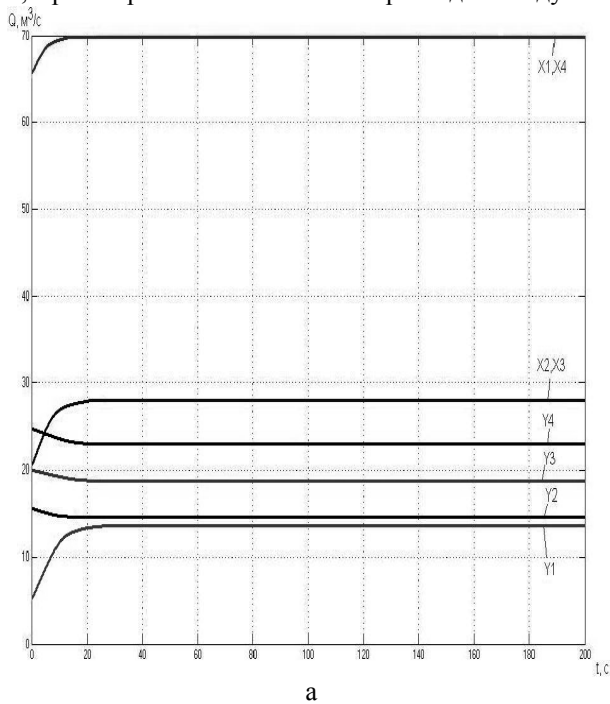


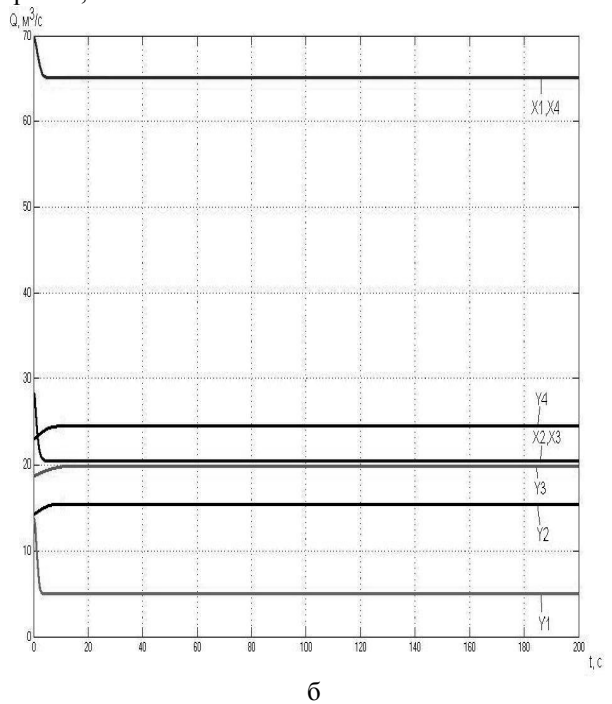
Рис. 4. Блочнo-ориентированная модель управления расходами воздуха в ШВС

При соблюдении параметров указанных в табл. 1, при открытом РО изменение расходов воздуха в



а

ШВС представлено на рис. 5, а. При закрытом — на рис. 5, б.



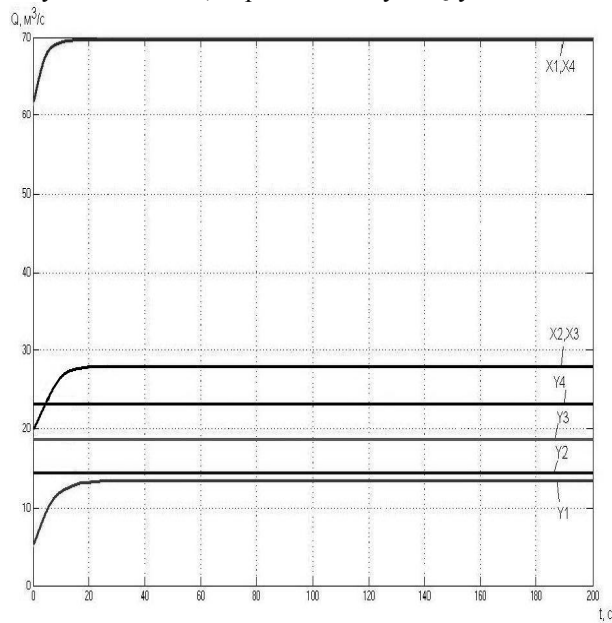
б

Рис. 5. Изменение расходов воздуха в ШВС:
а - при открывании РО CAУ в ветви Y_1 ; б - при закрывании РО CAУ в ветви Y_1

На диаграммах отображены процессы, происходящие в ШВС при подключении к одному вы-

емочному участку CAУ. При уменьшении R' начинает работу двигатель, который осуществляет пере-

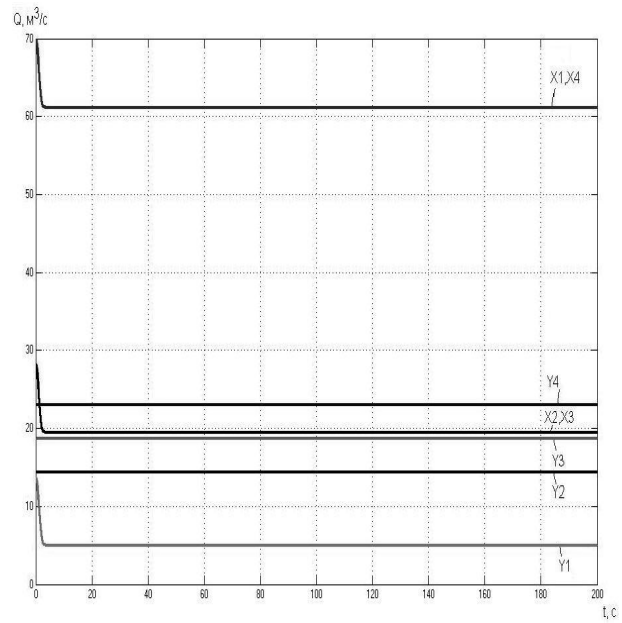
движение РО, уменьшается α , ΔQ растет и расход воздуха Q в данной ветви увеличивается. При увеличении R' двигатель работает в обратном режиме, α увеличивается, и расход воздуха Q уменьшается.



а

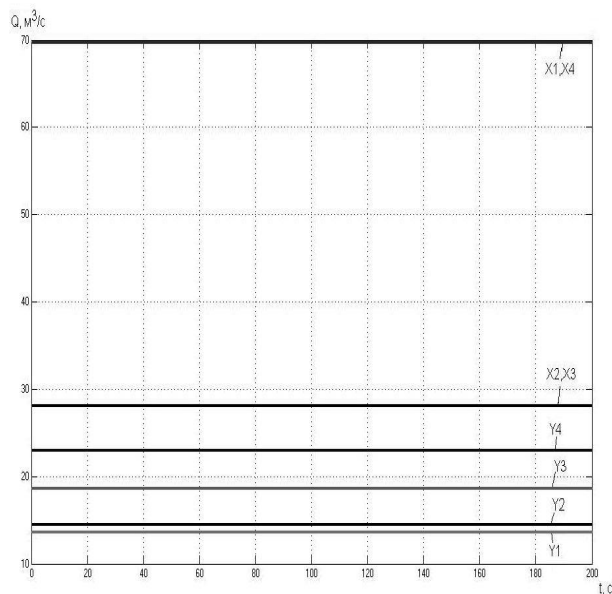
Принцип работы САУ в ветвях Y_2 - Y_4 будет аналогичен.

Поставим САУ во все ветви антидерева Y_1 - Y_4 .

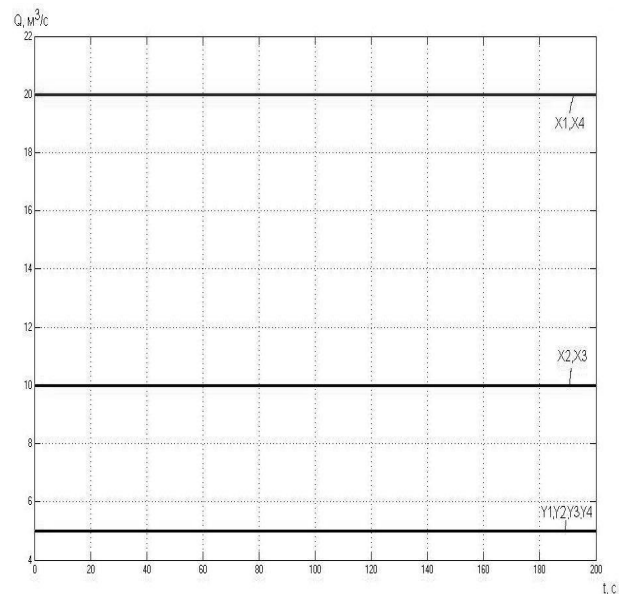


б

Рис.6. Исследование работы САУ в ветви Y_1 (с четырьмя САУ в ШВС): а – при закрывании РО САУ в ветви Y_1 ; б – при открывании РО САУ в ветви Y_1



а



б

Рис.7. РО во всех САУ: а – открыты; б - закрыты

При подключении САУ во все ветви антидерева будут происходить следующие процессы. При открывании РО в ветви Y_1 расход воздуха Q в этой ветви увеличивается, расходы воздуха в ветвях Y_2 - Y_4 находятся в исходном состоянии. Расходы воздуха в ветвях дерева X_1 - X_4 — увеличиваются (рис.6, а). При закрывании РО в ветви Y_1 расход воздуха Q в этой ветви уменьшается, расходы воздуха в вет-

вях Y_2 - Y_4 остаются в исходном состоянии. Расходы воздуха в ветвях дерева X_1 - X_4 — уменьшаются (рис.6, б). При одновременном изменении состояний двух или трех РО принцип изменения расходов воздуха будет такой же. Проведем еще один эксперимент. Одновременно откроем (рис.7, а) и закроем (рис.7, б) все РО, это повлечет за собой изменение расходов в ветвях дерева и стабилизирует расход

воздуха в соответствующих ветвях антидеревя на том уровне, на котором это требуется.

Выводы

По результатам моделирования, которые получены при разных вариантах подключения САУ в ветви ШВМ и сравнения их с тестовым расчетами, можно оценить эффективность и достаточность построенной БО-модели ШВМ с включенными в нее регуляторами. Результаты этих экспериментов дают возможность для исследования и разработки групповых регуляторов расхода воздуха и регуляторов вентиляторов главного проветривания.

Литература

1. Абрамов Ф. А. Моделирование динамических процессов рудничной аэрологии [Текст] / Ф. А. Абрамов, Л. П. Фельдман, В. А. Святный – Киев: Наук. думка, 1981. – 284 с.

2. Завадская Т. В. Блочно-ориентированная модель системы многосвязного управления воздухо-распределением в шахтной вентиляционной сети [Текст] / Т. В. Завадская // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем» (МАП-2008). - 2008. - Випуск: 7 (150). С. 104-115. ISSN 2074-7888.

3. Акутин К. Г. Управление воздухо-распределением в шахтной вентиляционной сети [Текст] / К. Г. Акутин, Е. И. Филиппович, Л. А. Шойхет – Москва: Недра, 1977. – 128 с.

4. Святный В. А. Моделирование аэрогазодинамических процессов и разработка систем управления проветриванием угольных шахт [Текст] : дис. на соискание науч. степени док. техн. наук: спец. 05.13.07 "Автоматизация технологических процессов и производств (промышленность)" / В. А. Святный; ДПИ. – Донецк, 1985. – 440 с. – Библиогр.: с. 420-440.

Поступила в редакцию 28.01.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры автоматизированных систем управления Ю.А. Скобцов, Донецкий национальный технический университет, Донецк.

БЛОЧНО-ОРИЄНТОВАНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ РЕГУЛЯТОРАМИ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ У ШАХТНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ МЕРЕЖІ

Т.В. Завадська

У статті представлений математичний опис, розроблені блочно-орієнтовані моделі шахтної вентиляційної мережі (ШВМ) та системи автоматичного управління (САУ) за допомогою середовища для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем Simulink. Складена блочно-орієнтована (БО) схема взаємодії ШВМ та САУ з додаванням блоку завдання початкових умов. Отримані результати зміни витрат повітря при проведенні ряду експериментів з підключення САУ в гілки ШВМ (що є добувними дільницями). За результатами експериментів зазначено, що реалізація БО-моделей на мові Simulink відкриває великі перспективи модельної підтримки розробок систем управління повітрярозподілом в реальних ШВМ діючих шахт.

Ключові слова: шахтна вентиляційна мережа, система автоматичного управління, дерево, антидеревя, гілка, граф, модель, регулюючий орган, потік повітря.

BLOCK-ORIENTED MODEL OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF REGULATOR AIRFLOW IN MINE VENTILATION NETWORK

T.V. Zavadskaya

In this article presented a mathematical description, developed a block-oriented model of mine ventilation network (MVN) and the automatic control system (ACS) using the medium for modeling, simulation and analysis of dynamic systems Simulink. Compiled by block-oriented (BO) model interaction scheme MVN and ACS with the addition of a unit set of initial conditions. The results change in the expenses of air at a number of experiments on the connection to the ACS MVN branches (corresponding to the excavation area). According to the results of experiments indicated that the implementation of BO-models in the language of Simulink opens up good prospects for supporting development of control systems of air distribution in the real MVN.

Key words: mine ventilation network, automatic control system, tree, anti-tree, branch, graph, model, a regulatory body, airflow.

Завадская Татьяна Владимировна – ассистент кафедры компьютерной инженерии Донецкого национального технического университета, Донецк, Украина, e-mail: zavadskaja@cs.dgtu.donetsk.ua.