

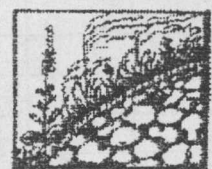
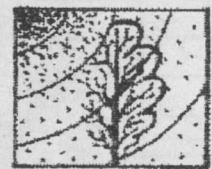
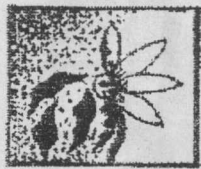
581.5
0-92

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ НАУК
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ
ІНСТИТУТ
УКРАЇНСЬКЕ БОТАНІЧНЕ ТОВАРИСТВО
КРИВОРІЗЬКИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР

ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ:

екологічні, освітянські, медичні аспекти

(Матеріали Всеукраїнської конференції:
11-12 грудня 1997 року, м. Кривий Ріг)



Кривий Ріг
1997

ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ ТОПОЛОГИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ И ИХ РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С НЕПРЕРЫВНЫМ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

В.В. Корольский
г. Кривой Рог

Охрана окружающей среды в районах крупного промышленного производства по добыче и переработке полезных ископаемых связана с решением множества задач не только экзогенного, но и эндогенного характера. Решение задач экзогенного характера направлено, как правило, на подавление и очистку вредного содержания выбросов предприятий в окружающую атмосферу. Эти задачи связаны прежде всего с техническими разработками средств фильтрации и улавливания вредных примесей, загрязняющих окружающую среду. Решение эндогенных задач должно обеспечивать нормальные экологические условия в механизме самого горнодобывающего предприятия, что связано в первую очередь с организацией и управлением проветривания горных выработок и участков. При этом чрезвычайно актуальной является задача прогнозирования поведения системы проветривания на случай возникновения в процессе эксплуатации рудников нештатных ситуаций, таких, как обвалы выработок, сбой в работе вентиляционных установок и устройств, подземные пожары, затопление выработок и т.п. Учитывая сложность топологической структуры шахт и рудников, перспективное исследование их функционирования, с учетом решения указанных задач, невозможно без применения математических методов и электронно-вычислительных машин. Применение методов, опирающихся лишь на опыт и инженерную интуицию, невозможно. Реальное поведение системы про-

ветривания может оказаться контринтуитивным. Наши исследования показали, что метод имитационного моделирования наиболее эффективен при прогнозировании и управлении системами проветривания сложных рудников и шахт.

Имитационное моделирование систем проветривания основано на построении математической модели исследуемого объекта, которая представляет собой линейный граф, отображающий с определенной мерой адекватности топологию горных выработок. Процесс потокораспределения воздуха по элементам графа модели описывается системой уравнений (1), которые связывают продольные и поперечные аэродинамические параметры системы проветривания.

$$\left. \begin{array}{l} \sum q_j = 0, j = 1, 2, \dots, m-1 \\ \textcircled{x} \sum h_k = 0, k = 1, 2, \dots, l = n - m + 1 \end{array} \right\} (1)$$

где:

- q_j - расход воздуха (поперечная переменная) в i -й выработке (ветви графа сети) j -го сопряжения выработок (узла графа сети), m^3/c ;
- h_i - депрессия (продольная переменная) i -й горной выработки (ветви графа), $кгс/м^2$;
- m, n - соответственно число узлов и ветвей графа модели системы проветривания;
- k - количество независимых контуров графа модели.

Если объект проветривания имеет небольшую размерность (по числу выработок и их сопряжений) и, при этом, аэродинамические параметры стабильны на протяжении значительного промежутка времени, то топологическую структуру системы проветривания практически возможно описать изоморфным графом, ветви и узлы которого являются абстрактными аналогами горных выработок и

их сопряжений. В ином случае, а именно для многомерных систем проветривания рудников, которые работают на больших глубинах, сразу на нескольких горизонтах с большим числом аэродинамических связей, в том числе и с атмосферой земной поверхности через зоны обрушения, описание топологии системы проветривания изоморфным графом является неразрешимой задачей. В связи с этим имитационная модель конструктивно является лишь некоторым абстрактным аналогом потокораспределения в реальном объекте проветривания. При этом мы исходим из того, что модель концентрирует в себе записанную на математическом языке совокупность наших знаний, представлений и гипотез об объекте моделирования. Поскольку эти знания не могут быть (на что было указано выше) абсолютными, а гипотезы могут быть ориентировочными и не учитывать некоторые эффекты, модель является лишь приближенным описанием системы проветривания. Однако, мы должны уметь оценить степень приближения модели реальному объекту. С этой целью нами предлагается ряд критериев оценки адекватности имитационных моделей систем проветривания рудников. Структура системы проветривания отображается в имитационной модели графом, который моделирует процесс потокораспределения воздуха. Граф модели $G(v;w)$ системы проветривания представляет собой диаграмму, полученную из схемы горных выработок системы проветривания заменой каждой отдельной выработки отрезком прямой линии произвольной длины. Состоит граф модели $G(v;w)$ из конечного множества $v = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ - вершин, интерпретирующих сопряжения горных выработок и множества $w = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ ветвей, являющихся аналогами горных выработок. Каждую пару вершин $v_i \in v, v_j \in v$ можно отождествить с соответствующей ветвью $w_{ij} = \overline{v_i v_j}$.

Таким образом, получается соотношение, связывающее вершины графа с его ветвями:

$$(v_i, v_j, w_{ij}) \in G_S(v; w) \quad (2)$$

где S - индекс, означающий, что граф $G_S(v; w)$ является графическим отображением геометрической структуры системы проветривания некоторого рудника.

Имитационная модель системы проветривания полностью описывается математическими структурами (1) и (2). Однако, при этом необходимо, чтобы структура (2) была в значительной мере адекватной пространственной структуре горных выработок и их сопряжений. Чтобы обеспечить выполнение этого условия, нами предлагаются основы теории для оценивания подобия имитационных моделей систем проветривания их реальным объектам. Основу теории подобия составляют понятия элементарного кода графа системы проветривания и список кодов (CKS) системы проветривания. CKS позволяет задать не только топологию системы в модели, но и распределение в ней продольных и поперечных аэродинамических переменных. Кроме того, к основным понятиям теории подобия относятся коэффициент топологического подобия $\mu(S_i; S_j)$, мера подобия \hat{M} , главная часть подобия сетей $\hat{\Gamma}_S(S_1, S_2, \dots, S_n)$, модуль сети, собственный коэффициент топологического подобия, которые определяются следующими соотношениями:

$$\mu(S_1; S_2) = \frac{|S(S_1; S_2)|}{|S_1|}, \quad (3)$$

где $|S_1|$ - модуль сети S (модуль - количество ветвей в модели системы проветривания);

$\left\{ \hat{S} \{S_1; S_2\} \right\}$ - модуль главной части подобия. Мера подобия \hat{M} определяется по формуле:

$$\hat{M} = \min \left(\frac{\left| \hat{S} \{S_1; S_2\} \right|}{|S_1|}, \frac{\left| \hat{S} \{S_1; S_2\} \right|}{|S_2|} \right) \quad (4)$$

где $CKS_1 \neq CKS_2$.

В формулы (4) количество сравниваемых вариантов S может быть любым целым числом. Мера подобия $\hat{M}(S_1, S_2, \dots, S_n)$ топологии системы проветривания и ее имитационных моделей служит критерием топологической тождественности системы и ее моделей. Это следует из следующей теоремы.

Теорема. Если $\hat{M}(S_1, S_2, \dots, S_n)=1$,
то $S_1 \equiv S_2 \equiv \dots \equiv S_n$

Коэффициенты и мера топологического подобия, характеризующая степень топологического подобия модели и системы проветривания, позволяют обоснованно выбирать оптимальный вариант модели при решении конкретных видов задач при прогнозировании и управлении проветриванием рудников в нормальных и аварийных ситуациях функционирования. При этом мы исходим из того, что какой бы ни была мера топологического подобия модели и

системы проветривания, модель должна отвечать законам: сохранения массы воздуха на входе и выходе реального объекта и сохранения энергии, обеспечивающей динамику потокораспределения в объекте моделирования.

Законы сохранения массы поперечных переменных и сохранения энергии продольных переменных не замыкают модель. Наличие их не может гарантировать полную адекватность аэродинамических процессов в отдельных звеньях модели и объекта моделирования. Многое зависит от степени топологического морфизма модели и системы проветривания, которая определяется мерой топологического подобия. Модели в большинстве случаев гомоморфны, что является результатом процессов упрощения и абстракции. Необходимо помнить, что модель является только приближением (аппроксимацией), и потому не будет себя вести в точности, как реальная система проветривания. Вопрос о том, существует ли действительно взаимосвязь между характеристиками реального объекта и модели, зависит от того, насколько адекватно были проведены этапы анализа, абстракции, упрощения и синтеза.