

УДК 622.363.2:658.562.4

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Гец А.К., Оника С.Г., Халявкин Ф.Г. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь)

В статье рассмотрен принцип имитационного моделирования процессов горного производства на основе вентильных схем преобразования ресурсов. Предложенный принцип может быть использован для имитационного моделирования различных (непрерывных или дискретных) технологических процессов горного производства, имеющих детерминированный или стохастический характер.

Введение

Технологические процессы горного производства представляют собой совокупность подпроцессов подготовки полезного ископаемого к добыче (подготовленные работы), собственно добычи (очистные работы), транспортировки (система конвейеров – ствол – дробление – склад руды или обогатительная фабрика). В свою очередь подпроцессы могут быть представлены в виде совокупности технологических операций, определяющих количественные и качественные характеристики подпроцессов. При выполнении очистных работ примерами операций могут быть: выемка, перегон комбайна, передвижка конвейера и крепи и др., взаимоувязка которых отражает динамику функционирования отдельного подпроцесса во времени и пространстве.

Основная часть

Обязательным условием объективного представления операций и подпроцессов в системе «технологический процесс» является учет факторов, отклоняющих течение операций (элементов процесса) от нормального и имеющих свое проявление, как правило, в виде случайных воздействий на него [1].

Для качественного и количественного представления отдельного подпроцесса, как совокупности операций, структурно объединенных объективно существующими связями, можно использовать метод вентильных преобразований ресурсов, как один из методов имитационного моделирования [1].

Достоинства этого метода заключаются в следующем:

- наглядность;
- возможность представления непрерывных и дискретных, детерминированных и стохастических процессов;
- возможность учета влияния возмущающих факторов на отдельные операции подпроцессов;
- учет в динамике изменения ресурсов отдельных операций и подпроцесса в целом.

В немалой степени ход технологического процесса определяется его взаимодействием с организационной системой управления, представляющей собой руководство рудником, и со вспомогательными службами. От этого взаимодействия зависит ритмичность процесса в целом и повышение показателей работы каждого забоя в отдель-

ности. Однако, для обоснованного воздействия на технологический процесс с целью стабилизации его параметров необходимо предоставить его развитие таким образом, чтобы были отражены объективные закономерности функционирования всей совокупности забоев, т.е. нужно смоделировать процессы, дать прогноз их развития на требуемый промежуток времени.

Перед составлением вентильных схем преобразования ресурсов системы, являющихся графическим отображением операций, связанных между собой определенным образом, введем понятия и условные обозначения [2].

Вентильная модель представляет собой отображение объективно существующих закономерностей преобразования ресурсов определенной системы (подпроцесса, процесса). Она отображает последовательные фазы преобразования ресурсов и объективные взаимосвязи между этими преобразованиями. Вентильная модель служит для определения количественных характеристик материальных или информационных потоков, связывающих между собой отдельные подпроцессы и операции.

Под преобразованием ресурсов в дальнейшем понимается всякое изменение количества или качества ресурсов в фиксированной точке пространства или временного интервала. В соответствии с этим, ресурсы должны представляться таким образом, чтобы и их изменение можно было бы оценить количественными переменными.

Элементарным преобразованием (операцией) называется законченная последовательность преобразований, имеющая четко выраженные начало и конец.

Под исполнительным блоком системы будем понимать человека, группу людей или механизмы, способные осуществить регулирование интенсивности элементарного преобразования [2]. К началу выполнения элементарных преобразований необходимо наличие расходуемых ресурсов R .

В результате выполнения элементарных преобразований накапливаются ресурсы N . Всякий вентиль Ω изменяет состояние ресурсов R и N . Состояние i -го ресурса в момент времени характеризуется количественным признаком $Z_i(t)$, принимающим для каждого состояния определенное числовое значение. Признак, характеризующий состояние ресурса, выбирается таким образом, чтобы его можно было оценить количественно. Такими характеристическими признаками могут быть: готовность, запас, объем, уровень, расстояние и т.п.

Каждый ресурс поступает в вентиль из входного накопителя, имеющего определенную емкость, а после прохождения вентиля поступает в выходной накопитель, также имеющий определенную емкость. В один и тот же вентиль может поступать несколько различных потоков ресурсов и из одного и того же вентиля может выходить несколько различных потоков ресурсов. Интенсивность преобразований, определяемых вентиляем, регулируется исполнительным блоком. Вентили преобразовывают ресурсы только в одном направлении. На рисунке 1 приведено условное графическое изображение вентиля. Как видно, сектора вентиля 2 и 4 служат либо входом, либо выходом, соответственно, для определенной группы потоков [2].

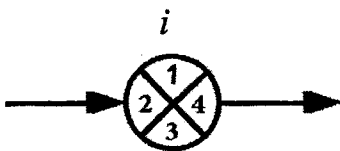


Рисунок 1. – Условное графическое изображение вентиля

Каждый накопитель характеризует определенную фазу преобразования ресурсов и имеет минимальную и максимальную

емкость, которая обозначается соответственно через Z_k и \hat{Z}_k , где k – номер накопителя или индекс ресурса.

На рисунке 2 приведено условное графическое изображение накопителей k и j , связанных вентилем i .

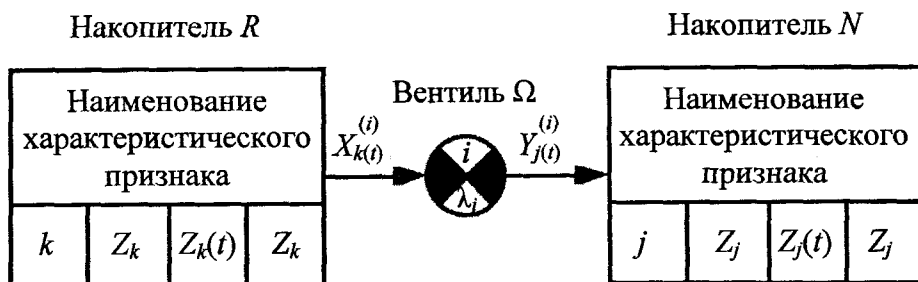


Рисунок 2. – Условное графическое изображение накопителей k и j , связанных вентилем i

Потоки изменения входных ресурсов, входящие в сектор 2 i -го вентиля, имеют определенную интенсивность в момент времени t , которая обозначается $X_k^{(i)}$, где i – индекс вентиля, k – индекс входного накопителя (входного ресурса).

Потоки изменения выходных ресурсов, выходящие из сектора 4 i -го вентиля, также имеют определенную интенсивность в момент времени t , которая обозначается $Y_j^{(i)}$, где i – индекс вентиля, j – индекс выходного накопителя (выходного ресурса).

Интенсивность преобразования ресурсов λ_i определяется i -м вентилем.

Предварительной процедурой, предшествующей построению вентильных моделей, должна быть процедура представления технологического процесса в виде совокупности подпроцессов, примерами которых могут служить:

- проведение горных выработок различного назначения (подготовка);
- выемка руды комбайном (очистные работы);
- транспортировка руды в шахте;
- подъем руды по стволу и транспортировка ее на поверхности.

Каждый подпроцесс делится на операции. Это деление производится таким образом, чтобы выполнение операций от начала до конца осуществлялось одним и тем же исполнительным блоком с использованием взаимосвязанных ресурсов.

Заключение

Основной целью имитационного моделирования является представление возможностей каждого забоя рудника по добыче руды по итогам моделирования в результирующих объеме и качестве. Предложенный метод имитационного моделирования с помощью вентильных схем преобразования ресурсов позволяет моделировать различные технологические процессы горного производства, исходя из статистических зависимостей параметров этих процессов во времени, пространстве и обеспеченности их ресурсами различного типа. Каждый подпроцесс или операция, имеющие переменные факторы, моделируются с заданной степенью вероятности реализации этих процессов или операций. Имитационные модели обладают наглядностью и простотой восприятия для производственного персонала горного производства.

Список цитированных источников

1. Авдулов, П.В. Использование вентильных моделей для определения оптимальной производственной структуры и заявок на координацию действий исполнительных блоков / П.В. Авдулов, А.Б. Баскаков, И.И. Крыжановский // Автоматизированная система управления угольной промышленностью. – 1975. – Сб. 18.
 2. Технология, комплексная механизация и автоматизация подземной разработки пластовых месторождений / А.С. Бурчаков [и др.] / Раздел: Математические методы для расчета оптимальных параметров шахт и оперативного управления производственными процессами. – М.: МИРГЭМ, 1965.
-

Gets A.K., Onika S.G., Khalyavkin F.G.

Simulation modeling of mining operations

The article describes a simulation modeling principle of mining operations based on gate circuits of resource transformation. The proposed principle can be used for simulation modeling of various (continuous or discrete) technological mining operations with deterministic or stochastic nature.

Поступила в редакцию 10.06.2016 г.