

сторождения совместно залегающих руд разных природных и технологических типов. Вместе с тем во всех действующих нормативных документах по нормированию показателей извлечения руды из недр рассматриваются только случаи отработки залежей, имеющих на своих контактах вмещающие породы или руды с некритическим содержанием полезных компонентов. Поэтому нормирование потерь и разубоживания при разработке месторождений, представленных сбли-

женными залежами руд разных типов, необходимо проводить на основе предлагаемой дифференциальной экономической оценки технологических свойств природных разностей руд.

Главным критерием для технико-экономического сравнения вариантов технологий добычи и переработки полезных ископаемых является величина прибыли с 1 т погашенных балансовых запасов, которая для разноразных руд определяется по формуле

$$np = \left[\sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M Q_{mj} (C_{mj}^И - Z_{mj}) \right] / \sum_{m=1}^{M_p} B_m \rightarrow \max,$$

где $j = \{1, \dots, J\}$ – индексы технологий добычи и переработки товарной руды в соответствующих им рудопотоках; $m = \{1, \dots, M_p\}$ – индексы руд разных сортов или технологических типов; B_m – суммарные погашенные балансовые запасы и погашенные балансовые запасы m -го сорта или технологического типа, т; Q_{mj} – масса m -й разности руды или породы, добытая и переработанная в составе и по технологии j -го рудопотока, т; $C_{mj}^И$ – извлекаемая ценность полезных компонентов из 1 т m -го минерального комплекса при его добыче и переработке по j -ой технологии, руб., Z_{mj} – затраты на добычу, транспортировку и переработку 1 т m -го минерального комплекса по j -ой технологии, руб.

Разность $(C_{mj}^И - Z_{mj}) = \Delta_{mj}$, которая входит в формулу и численно характеризует экономический результат от вовлечения в процесс добычи и переработки 1 т m -го минерального комплекса по j -ой технологии, была названа дифференциальной экономической оценкой (ДЭО) его технологических свойств.

Применение ДЭО позволяет:

- формализовать экономические признаки технологических типов и сортов природных разностей руд и добытой рудной массы;

- использовать экономические критерии для установления принадлежности той или иной компактно расположенной природной разности руды к определенной категории запасов на основе объективной оценки горно-геологических условий разработки и с учетом особенностей конкретных технологий добычи и переработки;

- применять экономически и технологически обоснованные критерии для определения пространственного положения границ залежей руд разных технологических типов и сортов с породами и между собой;

- более точно, по сравнению с методом аналогий, прогнозировать и нормировать потери и разубоживание добываемой руды на основе выявленной функциональной связи дифференциальных экономических оценок технологических свойств, плотностных характеристик и площадных соотношений разнотипных руд и пород на

поверхности контура отработки, соответствующего максимуму прибыли с 1 т погашенных балансовых запасов.

Методика прошла апробацию на рудниках Норильского региона, а также на горных предприятиях, разрабатывающих золоторудные месторождения. Она оказалась пригодной для определения нормативных и плановых величин потерь и разубоживания руды применительно к любым горно-геологическим и горнотехническим условиям отработки месторождений, видам полезных ископаемых, системам разработки, способам добычи, применяемому технологическому оборудованию и организации труда.

СТРУКТУРА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ СМЕСИ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Галицков С.Я., Галицков К.С., Шломов С.В.
Самарский государственный архитектурно-
строительный университет
Самара, Россия

Производство ячеистого бетона представляет собой распределенный во времени и пространстве технологический процесс [1-3], в котором можно выделить четыре основных технологических этапа: дозирование, перемешивание смеси, выдержка (вспучивание смеси), автоклавирование.

Для обеспечения выпуска изделия из ячеистого бетона с заданными показателями качества и с минимумом затрат необходимо оптимальным образом организовать управление всем процессом. Для решения этой сложной многомерной задачи управления используем принцип декомпозиции и представим синтезируемую САУ в виде нескольких локальных взаимосвязанных систем управления. Для достижения поставленной цели разработаем обобщенную структуру объекта, включающую в себя локальные модели, соответствующие четырём основным технологическим этапам.

Поскольку эти этапы выполняются последовательно, то синтезируем структуру математической модели в виде четырёх последовательно соединённых модулей. Аналитические связи между векторами входных и выходных параметров моделей модулей представим, соответственно, определителями A_1, A_2, A_3 и A_4 .

Дозирование. В этот модуль входят процессы дозирования наполнителя (шлак, гипс), вяжущих (цемент, известь), воды (горячей, холодной), газообразователя (водноалюминиевая суспензия), выполняемые соответствующими электромеханическими, пневматическими и т.п. устройствами. Особенностью этой модели является тот факт, что элементы u_{1i} вектора U_1 управляющих воздействий на эти устройства имеют сдвиг во времени τ_{1i} . Величина τ_{1i} определяется, в основном, технологической последовательностью дозирования материалов в смеситель и производительностью дозаторов. Здесь $i \in 1, \dots, n$, где n – число дозаторов. Состояния этого технологического этапа определяется вектором M , включающим в себя массы m_i компонентов материалов на выходе дозаторов. Здесь $i \in 1, \dots, n$. Дополним информацию о состоянии компонентов смеси вектором T_{01} их начальных температур. Таким образом, оператор A_1 математической модели дозирования является квадратным: число n входных воздействий равно количеству n выходных координат вектора M . Считаем, что динамические процессы в исполнительных элементах дозаторов несоизмеримы по времени с процессом дозирования. Поэтому дозирующие устройства в модели представляются либо безинерционными звеньями (при использовании циклических дозаторов), либо интеграторами (например, при использовании шнековых дозаторов сыпучих материалов).

Перемешивание смеси. Состояние этого технологического этапа изготовления ячеистого бетона характеризуется, в основном, тремя технологическими параметрами: температурой T_c , пластической вязкостью μ_c смеси и прочностью R_c смеси в момент её выгрузки [4,5]. Эти параметры принимаем в качестве выходных координат второго модуля обобщённой модели объекта. Управляющие воздействия на этот модуль разделим на две группы. Первая характеризует технологические параметры процесса, сформированные в момент окончания первого этапа. К ним отнесём вектор масс M и вектор начальных температур T_{01} . Вторая группа – это вектор U_2 собственно управляющих воздействий на процесс перемешивания. Элементами u_{2j} вектора U_2 являются скорость ω_{21} и продолжительность τ_{22} вращения рабочего органа смесителя, амплитуда A_{23} и частота f_{24} вибрации, здесь $j \in 1, \dots, m$, где m – число управлений в векторе U_2 . В этом модуле в связи со сложностью описания протекающих процессов целесообразно выделить три блока. Первый из них моделирует температуру смеси, он описывается уравнениями термодинамики, второй модуль

представляет собой модель изменения динамической вязкости μ смеси, третий – прогнозирует прочность смеси на момент её выгрузки в формы [3]. Оператор A_2 включает в себя математические модели этих 3-х блоков.

Выдержка (вспучивание смеси). Состояние этого процесса определяется тремя основными технологическими параметрами [1,2]: плотностью ρ_m , прочностью R_m и температурным полем T_m сырого массива. Также, как и при рассмотрении 2-го блока модели, управляющие воздействия разделим на две группы. К первой отнесём технологические параметры смеси в момент окончания перемешивания (выгрузка в форму) – μ_b, T_b, R_b . Дополним их вектором T_{03} , определяющим поле температур формы и окружающей среды. Ко второй группе отнесём вектор U_3 внешних воздействий u_{3k} на смесь в процессе вспучивания – амплитуда A_{31} , частота f_{32} и направление α_{33} виброколебаний, амплитуда A_{34} и период τ_{35} ударных воздействий, интенсивность γ_{36} внешнего температурного поля. Здесь $k \in 1, \dots, p$, где p – число управлений в векторе U_3 . Оператор A_3 описывает процессы вспучивания ячеистого бетона как объекта с распределёнными параметрами.

Автоклавирование. Этот технологический этап имеет также, как и два ранее рассмотренных, две группы управляющих воздействий. Первая из них характеризует вязкость, прочность и температурное поле сырца в момент начала автоклавирования. Вторую группу составляют элементы u_{4t} вектора U_4 (здесь $t \in 1, \dots, r$, где r – число управлений в векторе U_4), основными среди которых являются значения давления P_{41} , расхода Q_{42} и температуры T_{43} пара, степень разряжения P_{44} вакуумирования и другие. Процессы, описываемые модулем четыре, также носят распределённый в пространстве характер. В качестве координат 4-го модуля A_4 , которые описывают состояние готовой продукции выбираем плотность ρ_6 и прочность R_6 изделий из ячеистого бетона.

Синтезированная структура математической модели позволяет разработать как обобщённую структуру системы автоматического управления процессом приготовления смеси бетона, так и осуществить синтез локальных автоматических систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кривитский М.Я., Левин Н.И., Макаричев В.В. Ячеистые бетоны. – М.: Стройиздат, 1972 -138 с.
2. Куннус Г.Я., Лапса В.Х., Линденберг Б.Я. и др. Элементы технологической механики ячеистых бетонов. – Рига: ЗИНАТНЕ, 1976. – 96с.
3. Галицков С.Я., Галицков К.С. Структурный синтез обобщённой математической модели производства ячеистого бетона //Научно-

технический журнал «Успехи современного естествознания», №11, 2007 С. 61-62.

4. Галицков К.С., Шломов С.Я. Математическая модель приготовления и выдержки смеси ячеистого бетона //Интерстроймех-2007: Материалы международной научно-технической конференции. – Самара: СГАСУ, 2007. – С.103-107.

5. Шломов С.В., Галицков С.Я. Математическая модель процесса перемешивания смеси при производстве ячеистого бетона //Туполевские чтения: Материалы международной научно-технической конференции, посвящённая 1000-летию города Казани, Том IV. – Казань: КГТУ, 2005. – С 63-64.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАРКОВСКИХ ЦЕПЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

Денисенко Т.И.

Северо-Кавказский государственный технический университет.

Ставрополь, Россия

Марковские цепи используются в теории массового обслуживания для расчета распределения вероятностей числа занятых приборов в системе, состоящей из n приборов с пуассоновским потоком требований и показательным законом времени обслуживания.

Цепь Маркова, используется и в качестве математической модели при изучении поведения определенных стохастических систем. Для коротких отрезков времени можно использовать

вычисления абсолютных вероятностей $\bar{P}(k)$. Когда же число переходов неограниченно возрастает (больше k), необходимы иные методы анализа поведения системы.

В неприводимой цепи Маркова, любое состояние S_j может быть достигнуто из любого другого состояния S_i за конечное число переходов, т. е. $i \neq j \quad P_{ij}^{(m)} > 0$, где $1 \leq m < \infty$, в такой цепи все состояния будут сообщающимися. Все состояния неприводимой Марковской цепи образуют замкнутое множество состояний и никакое его подмножество состояний не может быть замкнутым.

Рассмотрим Марковскую цепь с матрицей переходных состояний:

$$P = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Рассматривая эту матрицу как матрицу сложности вершин некоторого графа (рисунок 1), структурный граф.

Дуги графа намечены вероятностями P_{ij} , т. е. вероятностями перехода $S_i \rightarrow S_j$. Из определения замкнутого множества S состояний следует, что состояние не образуют неприводимой Марковской цепи, ибо состояний 0, 1 и 2 достигнуть из состояния 3 не представляется возможным. Ясно, что состояние 3 образует замкнутое множество состояний, и оно является поглощающим, т.е. состояние 3 можно считать неприводимой цепью.

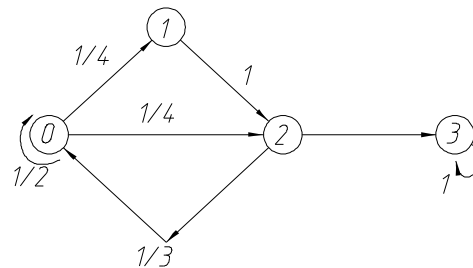


Рис. 1.

Более важной характеристики Марковских цепей применительно к задачам системного анализа является время первого возвращения в любое состояние S_j , выбранное в качестве исходного, его можно характеризовать и соответствующим числом шагов.

Введем в рассмотрение величину $\tau_{jj}^{(m)}$ – вероятность первого возвращения в состояние S_j на m -ом шаге. Построим формулу для вычисления этой характеристики Марковского процесса. Допустим, что задана матрица переходов (P_{ij}) . В этом случае очевидны следующие соотношения:

$$P_{jj} = \tau_{jj}^{(1)},$$

$$P_{jj}^{(2)} = \tau_{jj}^{(2)} + \tau_{jj}^{(1)}.$$

Действительно, перейдя из S_j в S_j за два шага можно двумя альтернативными способами, а именно,

а) через некоторое промежуточное состояние S_r ,

б) перейти из S_j в S_j на первом шаге, а на втором шаге это состояние сохранить.

В первом случае вероятность перехода $S_j \rightarrow S_r \rightarrow S_j$ по определению есть $\tau_{jj}^{(2)}$, во