

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАДАЧ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА (на примере рудников ПО «Беларуськалий»)

Канд. техн. наук ШПУРГАЛОВ Ю. А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из способов повышения эффективности горнодобывающих предприятий является совершенствование организации добычи руды. Для этого прежде всего необходимо выбрать метод исследований, который позволил бы реализовать более высокую стадию организации производства в горной отрасли с наименьшими затратами. Автор выполнил исследования, позволившие классифицировать эффективно применяемые методы для решения прикладных задач горнодобывающей промышленности в виде блок-схемы (рис. 1).

Наиболее применяемый метод прикладных исследований – экспериментирование в реальных условиях (бл. № 2). По очевидным соображениям этот метод не всегда приемлем для решения задач организации производства. Все остальные методы основаны на моделировании исследуемых процессов. Моделирование бывает предметным (бл. № 4) и идеальным (бл. № 5). Предметное моделирование, основанное на использовании материальных (физических, лабораторных) и аналоговых (бл. № 6, 7) моделей, как и экспериментирование в реальных условиях, трудно применить для решения практических задач организации горного производства. Идеальное моделирование, основанное на создании абстрактных (виртуальных) моделей (бл. № 5), больше подходит для решения названных задач. Данный подход условно можно разбить на интуитивное моделирование (бл. № 10), знаковое моделирование (бл. № 8), моделирование на ЭВМ (бл. № 9). Интуитивное моделирование основано на создании модели исследуемого объекта в нашем воображении и мысленном проведении эксперимента. Инстру-

ментами интуитивного моделирования являются воображение, опыт, инженерный эвристический анализ, творческая интуиция. При решении производственных задач метод имеет ограниченное применение.

Знаковое моделирование – такой вид моделирования, при котором модель реального объекта представляется в виде математических выражений. Моделирование на ЭВМ – особый класс моделирования, получивший развитие в связи с созданием средств вычислительной техники. Знаковое моделирование – приемлемый подход для решения обозначенных задач в силу своей универсальности. Оно в свою очередь условно разделено на три подгруппы. Первая: моделирование на основе аналитических моделей исследуемых объектов и процессов (бл. № 11). Суть подхода состоит в том, что моделируемый объект представляется в виде аналитической математической задачи, состоящей из системы уравнений и неравенств с граничными условиями. Такая строгая математическая задача предполагает либо единственно точное решение, либо решение с заданной степенью точности. Этот метод хорош тем, что предполагает точное и единственное решение.

Современное горное производство является более сложным, нежели производство 70...80-х гг. прошлого столетия, для которого и разрабатывался названный выше метод. И если для того периода времени использование системного подхода при решении многих горных задач носило рекомендательный характер, то на современном этапе – это обязательное требование. Все это приводит к значительному услож-

нению математической задачи, представляющей модель исследуемого производственного процесса. Получить численное решение такой сложной задачи известными классическими

методами практически невозможно. Кроме того, численное решение должно быть исследовано на достоверность и адекватность моделируемому процессу.

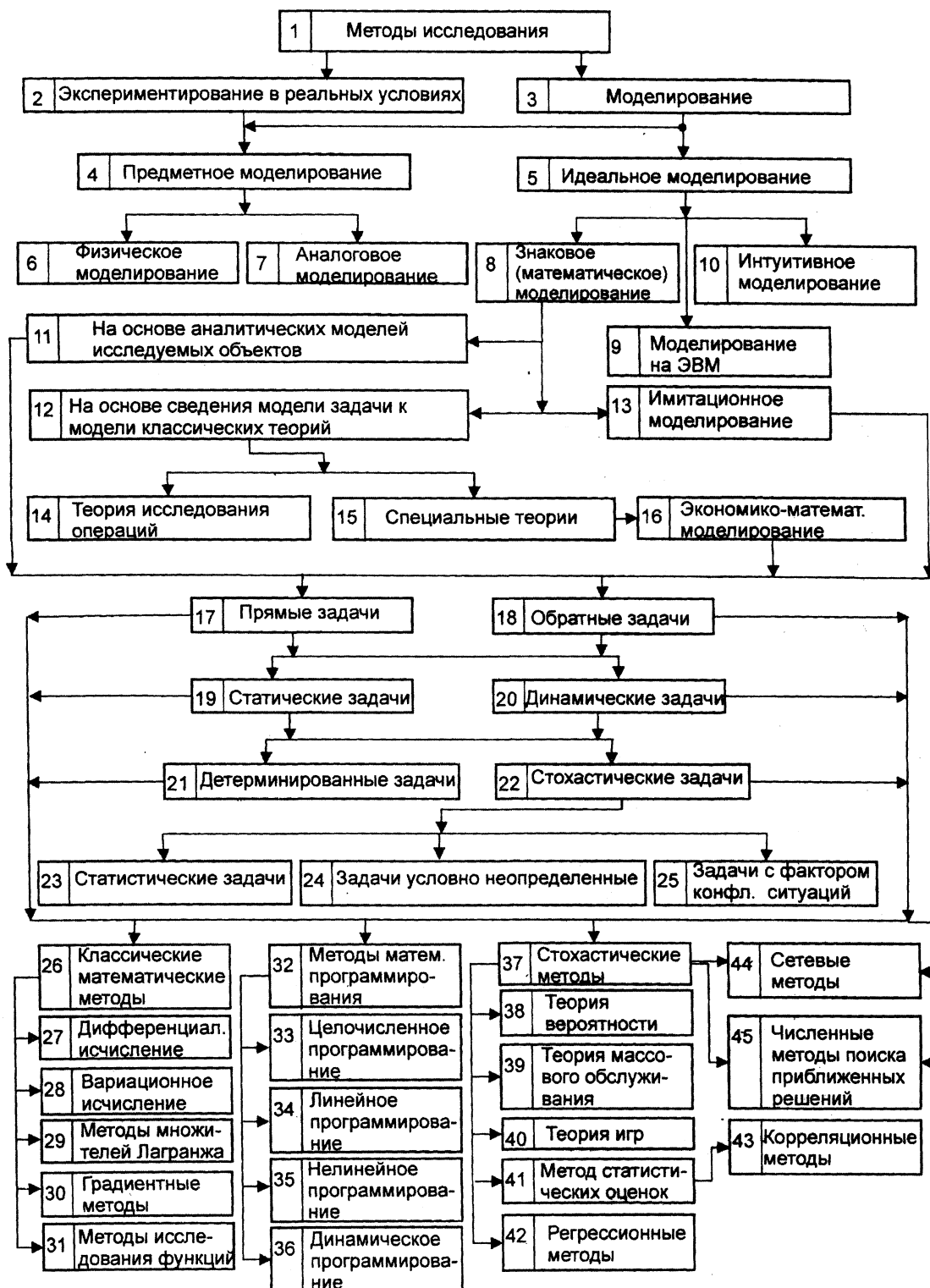


Рис. 1

Вместе с тем современные достижения в развитии средств вычислительной техники позволяют осуществлять не только расчеты, но и обмен текстовой и графической информацией между пользователями ЭВМ в колоссальных объемах в реальном масштабе времени, что позволило сделать метод имитационного моделирования (бл. № 13) одним из востребованных подходов для решения практических задач.

В начале своего развития, когда средства вычислительной техники не были доступными и эффективными, метод имитационного моделирования рассматривался приближенным грубым приемом и последним средством, к которому следует прибегнуть. Однако неоспоримым является тот факт, что сегодня метод имитационного моделирования – один из распространенных и востребованных методов теории исследования операций. Применительно к задачам организации производства этот метод автор предлагает определить следующим образом. Все множество переменных параметров, описывающих моделируемый объект, следует представить в виде двух подмножеств. Задавая значения параметров одного подмножества, характеризующих моделируемый объект, получаем по установленному в процессе моделирования закону остальную часть параметров (второе подмножество), характеризующих данный объект. Остальные элементы блок-схемы дополняют и конкретизируют классифицированные методы по характеристикам решаемых задач и используемому математическому аппарату. Если учесть, что в настоящее время известно достаточное количество прикладных задач организации производства, формализованных в виде аналитических задач, численное решение которых не всегда может быть получено, то возникает гипотеза об использовании имитационного моделирования. Причем имитационную модель следует реализовать в виде программы для ЭВМ.

Для обоснования данной гипотезы проведем исследование. Пусть некоторая производственная система полно и однозначно описывается множеством величин, состоящим из пяти подмножеств: подмножество $\bar{X}_n$ неизвестных величин $x_1, x_2, \dots, x_n$; подмножество $\bar{A}_l$ постоянных, детерминированных параметров $a_1,$

$a_2, \dots, a_i, \dots, a_l$; подмножество $\bar{B}_L$ стохастических параметров $b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_L$, закон распределения которых известен; подмножество $\bar{C}_p$ стохастических параметров $c_1, c_2, \dots, c_p, \dots, c_P$ закон распределения которых не известен; подмножество $\bar{D}_Q$ параметров $d_1, d_2, \dots, d_q, \dots, d_Q$, характеризующих активное противодействие движению цели, поставленной в решаемой задаче.

В самом общем виде аналитическая задача для решения производственной проблемы организации горного производства может быть формализована в следующем виде [2]:

$$\begin{cases} F(\bar{X}_n, \bar{A}_l, \bar{B}_L, \bar{C}_p, \bar{D}_Q) \rightarrow \text{extr}; \\ \Phi_r(\bar{X}_n, \bar{A}_l, \bar{B}_L, \bar{C}_p, \bar{D}_Q) \leq 0, & r \in [1; R]; \\ Q_s(\bar{X}_n, \bar{A}_l, \bar{B}_L, \bar{C}_p, \bar{D}_Q) = 0, & s \in [1; s]. \end{cases} \quad (1)$$

где F обозначает целевую функцию модели; $\Phi_r(\bar{X}_n, \bar{A}_l, \bar{B}_L, \bar{C}_p, \bar{D}_Q) \leq 0$ – математическое выражение r -го ограничения, накладываемого на искомое решение; R – количество учитываемых ограничений; $Q_s(\bar{X}_n, \bar{A}_l, \bar{B}_L, \bar{C}_p, \bar{D}_Q) = 0$ – математическое выражение s -го условия, которому должно удовлетворять решение задачи; s – количество условий, которым должно удовлетворять решение [2].

Суть использования имитационных моделей состоит не в упрощении ранее формализованной задачи (1), а в изменении методологии ее численного решения. Применительно к нашим задачам предлагается следующий способ использования метода имитационного моделирования. Выделим из множества $\bar{X}_n$ подмножество X_k , состоящее из k элементов. Все элементы множества X_k являются независимыми величинами от оставшихся $n - k$ неизвестных величин. Они определяются исходя из их физического смысла или методами корреляционного анализа.

Подмножество X_k выбирается таким образом, чтобы позволяло выразить через его элементы оставшиеся неизвестные, используя для этого математические выражения системы (1). Предположим, что такие выражения удалось получить и они записаны в виде:

$$x_j^{(i)} = f_j(\bar{X}_k^{(i)}, x_{k+1}, \dots, x_{j-1}, \bar{A}_j, \bar{B}_L, \bar{C}_P, \bar{D}_Q), \\ j \in [k+1, n]. \quad (2)$$

Вывод соотношений (2) является одним из узловых мест построения имитационной модели. На основании изложенного выше аналитическая модель (1) может быть преобразована к виду

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{X}_k = \bar{X}_k^{(i)}, i \in [1, k]; \\ x_j^{(i)} = f_j(\bar{X}_k^{(i)}, x_{k+1}, \dots, x_{j-1}, \bar{A}_j, \bar{B}_L, \bar{C}_P, \bar{D}_Q), \\ j \in [k+1, n]; \\ F(\bar{X}_n^{(i)}, \bar{A}_j, \bar{B}_L, \bar{C}_P, \bar{D}_Q) \rightarrow \text{extr}; \\ \Phi_r(\bar{X}_n^{(i)}, \bar{A}_j, \bar{B}_L, \bar{C}_P, \bar{D}_Q) \leq 0, r \in [1; R]; \\ Q_s(\bar{X}_n^{(i)}, \bar{A}_j, \bar{B}_L, \bar{C}_P, \bar{D}_Q) = 0, s \in [1; s]. \end{array} \right. \quad (3)$$

Формализованная в виде аналитического выражения (1) и преобразованная к виду (3) модель удобна для проведения имитационного эксперимента. Если о величинах $\bar{B}_L$, $\bar{C}_P$, $\bar{D}_Q$ нет достаточной информации, то получить численное решение задачи (1) крайне затруднительно. Используя предложенный подход, можно получить зависимость решения модели (1) от величин $\bar{B}_L$, $\bar{C}_P$, $\bar{D}_Q$. Для этого модель (3) следует преобразовать к виду (4):

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{X}_k = X_k^{(i)}, \bar{B}_L = \bar{B}_L^{(cp)}, \bar{C}_P = C_P^{(j)}, \bar{D}_Q = \bar{D}_Q^{(z)}; \\ x_i = f_j(\bar{X}_k^{(i)}, x_{k+1}, \dots, x_{j-1}, \bar{A}_j, \bar{B}_L^{(cp)}, C_P^{(j)}, \bar{D}_Q^{(z)}); \\ F(\bar{X}_n, \bar{A}_j, \bar{B}_L^{(cp)}, \bar{C}_P^{(j)}, \bar{D}_Q^{(z)}) \rightarrow \text{extr}; \\ \Phi_r^{(k)}(\bar{X}_n^{(i)}, \bar{A}_j, \bar{B}_L^{(cp)}, \bar{C}_P^{(j)}, \bar{D}_Q^{(z)}) \leq 0, u \in [1; U]; \\ Q_s^{(k)}(\bar{X}_n^{(i)}, \bar{A}_j, \bar{B}_L^{(cp)}, C_P^{(j)}, \bar{D}_Q^{(z)}) = 0, v \in [1; V]; \\ \bar{X}_i \geq 0, \end{array} \right. \quad (4)$$

где $\bar{C}_P^{(j)}$, $\bar{D}_Q^{(z)}$ – соответственно j -й и z -й варианты случайных параметров, определенных в результате подготовки ijz -го имитационного эксперимента. Из анализа выражения (4) можно

заключить: чем меньшей информацией мы располагаем об исследуемом процессе и чем меньше существенных зависимостей и закономерностей удалось формализовать в математическом виде, тем сложнее и объемнее имитационный эксперимент. Не требует доказательства тот факт, что практическое использование моделей эффективнее, если они реализованы на персональной ЭВМ. Поэтому разработка математической модели должна заканчиваться представлением ее в такой форме, которая была бы понятна и аналитику, и программисту.

ВЫВОДЫ

1. Из всех возможных методов решения современных прикладных задач организации горного производства наиболее эффективными и доступными являются методы математического моделирования, включающие методы имитационного моделирования, применяемые совместно с методами моделирования на ЭВМ.

2. Математические модели, используемые для решения задач организации горного производства, должны быть формализованы в виде математических задач с учетом всех существенных для решаемой проблемы зависимостей, ограничений, параметров. Численное решение такой задачи следует находить с использованием специально разработанных имитационных моделей, представленных в специальной форме, позволяющих программисту реализовывать их на ЭВМ без дополнительных исследований.

3. Предложенный в работе подход позволяет использовать накопленный опыт построения аналитических моделей горного производства для разработки соответствующих имитационных математических моделей, что дает возможность решать обозначенные выше проблемы без привлечения исследователей со специальной математической подготовкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатов Б. А., Шпургалов Ю. А. Математическое моделирование и обоснование решений в горном производстве. – Мн.: Белорусская горная академия, 2002. – 367 с.
2. Резниченко С. С. Математическое моделирование в горной промышленности. – М.: Недра, 1981.