

УДК 621.385

Ю.А. Шпургалов

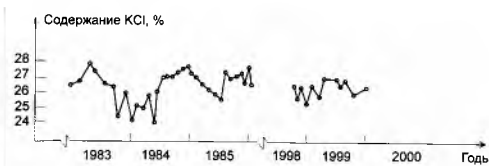
АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КАЛИЙНЫМИ РУДНИКАМИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для достижения оптимальных результатов управления калийными рудниками РУП "ПО"Беларуськалий" необходим соответствующий этой сложной задаче инструмент. То, что эта задача, действительно, сложная, вытекает из горно-геологических особенностей Старобинского месторождения калийных руд и, как следствие, используемых для добычи руды камерной, валовой, селективной систем разработки и их различных комбинаций.

Одновременное производство больших объемов подготовительных и очистных работ, выполняемых по различным организационно-технологическим схемам, имеющим значительные различия в технико-экономических показателях, требует их четкой координации. Как наглядный пример недостаточной их координации на рис.1 представлены среднемесячные значения содержания КС1 в руде (качество руды) за различные месяцы. Исследование этой зависимости позволяет заключить, что содержание полезного ископаемого в добытой руде значительно изменяется во времени, носит случайный стохастический характер, что в свою очередь, свидетельствует о необходимости совершенствования методов управления предприятием.

В самом общем случае математическая модель управления производственной деятельностью калийного рудника может быть

Рис. 1. Качество руды, добытой на 2РУ по месяцам в период с 1983 по 2000 гг.



формализована в виде выражения (1).

$$\begin{cases} F(\bar{X}_n, \bar{A}_1, \bar{B}_L, \bar{C}_p) \rightarrow \text{extr} \\ \Phi_r(\bar{X}_n, \bar{A}_1, \bar{B}_L, \bar{C}_p) \leq 0 \quad r \in [1, R] \\ Q_s(\bar{X}_n, \bar{A}_1, \bar{B}_L, \bar{C}_p) = 0 \quad s = [1, S] \end{cases} \quad (1)$$

где F обозначает целевую функцию модели; $\Phi_r(\bar{X}_n, \bar{A}_1, \bar{B}_L, \bar{C}_p)$ - математическое выражение r -го ограничения, где R их количество; $Q_s(\bar{X}_n, \bar{A}_1, \bar{B}_L, \bar{C}_p)$ - математическое выражение s -го условия, которому должно удовлетворять решение задачи, а S - их количество; $\bar{X}_n \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ - подмножество неизвестных величин; $\bar{A}_1 \in \{a_1, a_2, \dots, a_1\}$ - подмножество постоянных детерминированных параметров; $\bar{B}_L \in \{b_1, b_2, \dots, b_L\}$ - подмножество стохастических параметров, закон распределения которых известен; $\bar{C}_p \in \{c_1, c_2, \dots, c_p\}$ - стохастические параметры, закон распределения которых не известен.

Для достаточно общего случая, как показано в [1] выражение (1) является нелинейной экономико-математической моделью, содержащей нелинейные ограничения и неизвестные величины непрерывного и бинарного типов. Численное решение такой математической задачи, исходя из представлений классических методов, затруднительно, а иногда и вообще, невозможно. Поэтому в данной статье предложен подход, согласно которого задача оптимального управления калийными рудниками изначально формализуется в виде аналитической задачи (1), а затем, исходя из представлений информационных технологий, преобразуется к интеграционной модели, основы построения которой изложены в работах [1],

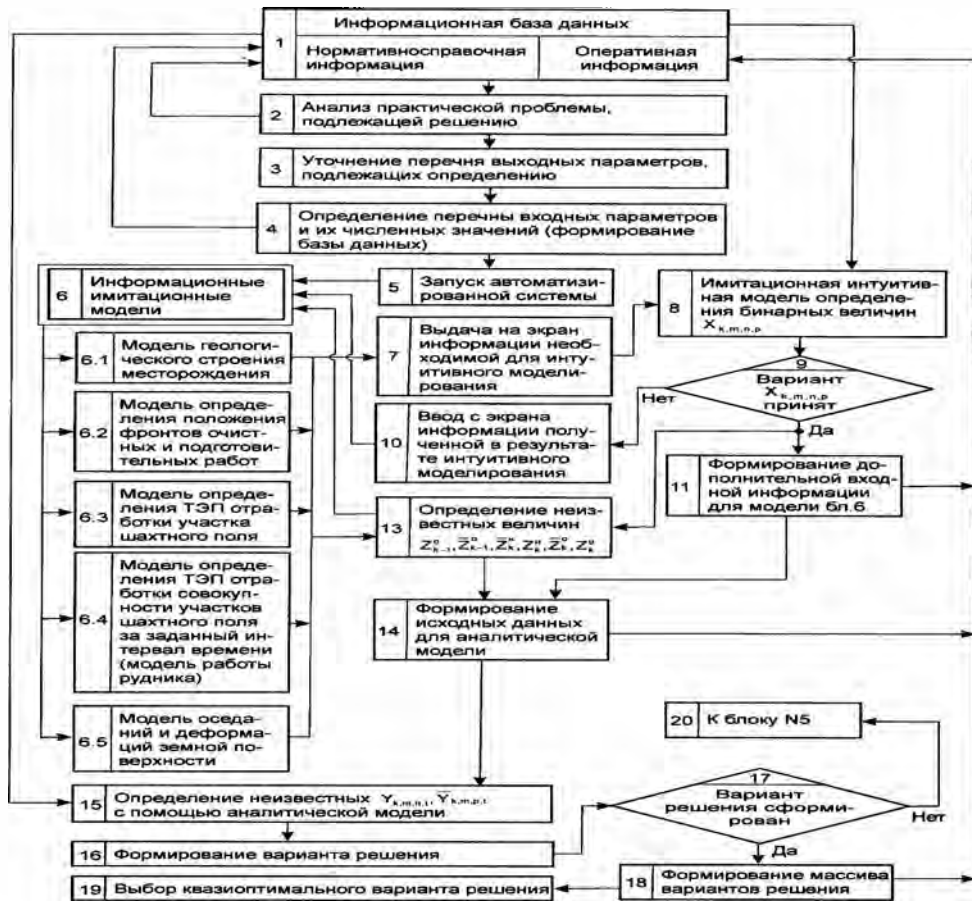


Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления ка-
линым рудником для оптимизации его техни-
ко-экономических показателей

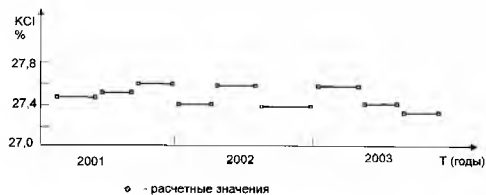


Рис. 3. Содержание KCl в % в руде для вари-
анта развития горных работ на 2ПУ

[2], [3]. С ее помощью и находится квазиоп-
тимальное решение задачи (1). Интеграцион-
ная модель (2)-(11) представляет собой объе-
динение (интеграцию) трех типов моделей –
интуитивных (3)-(5); имитационных (2),(6); ана-
литической модели (7)-(11) являющейся зада-

чей линейного программирования.

$$\bar{X}_k = \bar{X}_k^{(i)} \quad (2)$$

$$x_i = P_i \{ \bar{X}_k^{(i)}, x_{k+1}, \dots, x_{i-1}, \bar{M}_1, \dots, \bar{M}_R, \bar{A}_i, \bar{B}_i, y_1, \dots, y_j \} \quad (3)$$

$$y_j \approx \text{и.м.л.} \{ \bar{X}_k^{(i)}, x_{k+1}, \dots, x_{i-1}, \bar{M}_1, \dots, \bar{M}_R, \bar{A}_i, \bar{B}_i, \bar{C}_i, y_1, \dots, y_j \} \quad (4)$$

$$\bar{M} = \varphi_j \{ \bar{X}_k, x_{k+1}, \dots, x_m, \bar{A}_j, \bar{B}_j \} \quad j \in [1, R] \quad (5)$$

$$x_i = f_i \{ \bar{X}_k, x_{k+1}, \dots, x_{i-1}, \bar{A}_i, \bar{B}_i, \bar{C}_i, \bar{M}_1, \bar{M}_R \} \quad (6)$$

$$\bar{E} \cdot \bar{X} + \bar{D} \rightarrow \max \quad (7)$$

$$\bar{P}_s \cdot \bar{X} > 0, \quad S \in [1, S_1] \quad (8)$$

$$\bar{P}_s \cdot \bar{X} = 0, \quad S \in [S_1, S_2] \quad (9)$$

$$\bar{X} > 0 \quad (10)$$

$$\bar{E} \in \{E_j\}, \bar{X} \in \{X_i\}, \bar{P}_s \in \{P_{i,s}\}, i \in [m+1, n] \quad (11)$$

$\bar{X}_k^{(i)}$ - часть неизвестных, определенных для i -го имитационного эксперимента; S_1 и S_2 - целые числа, соответствующие количеству ограничений и условий, которым должна удовлетворять линейная модель; $\{y_i\}$ - множество интуитивных параметров, определяемых исследователем с помощью интуитивного эвристического анализа по представленной информации, в том числе и с помощью информационных математических моделей \bar{M}_i ; $P_i(\dots)$ - математическое выражение i -й интуитивной модели.

Задача формализована в виде трех взаимосвязанных подсистем, неизвестные, входящие в каждую из которых могут быть определены по разработанному и представленному на рис. 2 алгоритму.

Данный алгоритм, по сути, является алгоритмом оптимального управления рудником на базе интеграционной модели (2)-(11).

Суть данного алгоритма состоит в следующем. Весь временной интервал значениями величин $\bar{Z}_k^H; Z_k^H; \bar{Z}_k^O; Z_k^O$, рассчитанными с использованием информационных математических моделей, разбивается на отрезки времени, на которых задача будет детерминированной. С использованием интуитивных моделей (3)-(5) и имитационных моделей (2),(6) для каждого временного отрезка рассматривается конечное множество вариантов расстановки оборудования (оп-

ределяются значения величин $X_{k,m,n,p}$, и для каждого варианта, с помощью аналитической модели линейного программирования (7)-(11) определяются оптимальные на-

грузки на забой $Y_{k,m,n,t}, \tilde{Y}_{k,m,p,t}$. Затем выбирается лучший вариант для i -го интервала времени из конечного числа вариантов. По значениям величин $X_{k,m,n,p}, Y_{k,m,n,t}, \tilde{Y}_{k,m,p,t}, \bar{Z}_k^H, Z_k^H, \bar{Z}_k^O, Z_k^O$ определенным для i -го временного интервала формируется массив их значений для всего рассматриваемого интервала времени.

На основе разработанного алгоритма была построена автоматизированная система управления производственной деятельностью рудника, условно названная АСППОР. С ее помощью был разработан вариант развития горных работ для 2-го калийного рудника, позволяющий обеспечить более равномерное во времени содержание КСl в руде. Эти данные представлены на рис. 3. Более выгодное распределение во времени качества добытой руды, по сравнению с вариантом, представленным на рис. 1, позволяет заключить, что разработанный алгоритм и построенная на его основе автоматизированная система позволяют принимать более обоснованные решения при управлении рудниками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатов Б.А., Шпургалов Ю.А. Математическое моделирование и обоснование решений в горном производстве. – Минск: Белорусская горная академия, 2002. – 367 с.
2. Шпургалов Ю.А. Оптимизационное моделирование производственной деятельности калийных рудников // Горный журнал, 2003. №7. -

С.55-56.

3. Шпургалов Ю.А. Разработка интеграционной имитационной модели оптимизации показателей производственной деятельности калийных рудников. // Солигорск, НТ журнал "Горная механика" – 2002, №2. – С.45-48.

Коротко об авторах

Шпургалов Юрий Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, Белорусский национальный технический университет.

