УДК 622:658.3.018

***О.В.ЭРИХ***
Горный факультет, аспирант кафедры разработки месторождений подземным способом

# УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РУДЫ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

Проблема усреднения руд, как метод управления качеством продукции, представляет комплекс конкретных задач, совокупное решение которых позволяет осуществить стабилизацию качества. К ним относятся: разработка высокоэффективных и надежных экспресс-методов определения качественных показателей руды; изучение генетических закономерностей размещения полезных компонентов в недрах; выбор оптимального порядка отработки рудных тел, обеспечивающего минимальную дисперсию показателей качества добытой руды; планирование отработки эксплуатационных участков; оперативное управление объемами добычи; смешивание руд в специальных складах, штабелях и бункерах.

Усреднение руды представляет собой сложную задачу, требующую использования методов математического анализа. В качестве одного из вариантов решения таких задач предлагается метод компьютерного планирования горных работ на основе информации о содержании полезных компонентов в руде, полученной на стадии эксплуатационной разведки месторождения, а также при опробовании в выпускных выработках очистного блока.

The problem of smoothing of ores as a product quality control method represents the whole complex of certain tasks the fulfillment of which leads to quality stabilization. These tasks are: working out of highly effective and qualitative parameters of an ore; investigation of genetic laws in displacement of useful components in an ore, optimization of ore components, aimed at ensuring minimum variance in quality indications of an ore; planning in development of operation fields; efficient volume control in extraction; mixing of ores in special storehouses, piles and bunkers.

The problem of ore smoothing proved to be rather complicated and requires employment of mathematical methods of analysis; one of them being the computer aided method of mining planning with regard to content of useful components in an ore obtained within the operational exploration of a deposit or at try-out in the cleaning block.

Одна из главных проблем управления качеством руды – стабилизация содержания полезных компонентов в рудопотоке на обогатительную фабрику. Эффективное управление качеством при добыче требует достоверной и надежной информации о распределении полезных компонентов в недрах. Если неравномерность распределения качества руд в недрах проявляется слабо, а информация, характеризующая качество, малопредставительна и ненадежна, зачастую применяется пассивное смешивание руд без учета результатов опробования.

Проблема усреднения руд, как метод управления качеством продукции, представляет комплекс конкретных задач, совокупное решение которых позволяет осуществить стабилизацию качества. К ним относятся: разработка высокоэффективных и надежных экспресс методов определения качественных показателей руды; изучение генетических закономерностей размещения полезных компонентов в недрах; выбор оптимального порядка отработки рудных тел, обеспечивающего минимальную дисперсию показателей качества добытой руды; планирование отработки эксплуатационных участков; оперативное управление объемами добычи; смешивание руд в специальных складах, штабелях и бункерах.

В теоретическом плане усреднение руды представляет собой сложную задачу, требующую использования методов математического анализа. В качестве одного из вариантов решения таких задач предлагается метод компьютерного планирования горных

работ на основе информации о содержании полезных компонентов в руде, полученной на стадии эксплуатационной разведки месторождения, а также при опробовании в выпускных выработках очистного блока. Данные о содержании, полученные на ранних стадиях разведки, уточняются при ведении очистных работ в блоке и заносятся в базу данных, в которой они графически интерпретируются и методами геостатистики уточняются по подсчетным блокам.

Выполнение планового задания подземным рудником по объему $Q_{\text{п}}$ и качеству руды $\alpha_{\text{п}}$ определяется следующим условием:

$$\sum_{i=1}^{n}(\alpha_{\text{под}}Q_{\text{под}})+\sum_{i=1}^{n}(\alpha_{\text{отб}}Q_{\text{отб}})\sum_{i=1}^{n}(\alpha_{\text{маг}}Q_{\text{маг}})+$$

$$+\sum_{i=1}^{n}(\alpha_{\text{ликв}}Q_{\text{ликв}})\geq\alpha_{\text{п}}Q_{\text{п}}\ ,$$

где $\alpha_{\text{под}}$ – среднее содержание полезного компонента в подготовленных к отбойке запасах $i$-го рудного блока, %;

$\alpha_{\text{отб}}$ – среднее содержание полезного компонента в отбитых запасах $i$-го рудного блока, %; $\alpha_{\text{маг}}$ – среднее содержание полезного компонента в $i$-м активном магазине, %; $\alpha_{\text{ликв}}$ – среднее содержание полезного компонента в ликвидационных запасах $i$-го рудного блока, %; $Q_{\text{отб}}$, $Q_{\text{маг}}$, $Q_{\text{ликв}}$ – соответственно количество запасов руды подготовленных к отбойке, отбитых в магазине и ликвидационных руд, т.

В течение годового интервала планирования необходимо выбрать эксплуатационные блоки, которые в совокупности удовлетворяют требованиям годового плана по объему и качеству добытой руды. Все расчеты на этом этапе являются приблизительными и определяют стратегию рудника по развитию горных работ в текущем году. Расчет объемов добычи из очистных блоков и среднего содержания полезного компонента в рудопотоке производится по всем имеющимся видам запасов руды ($\sum Q_{\text{отб}}$, $\sum Q_{\text{маг}}$, $\sum Q_{\text{ликв}}$, $\sum Q_{\text{под}}$).

На следующем этапе ведется поквартальное планирование. Задача решается по многовариантной схеме, с учетом изменения производительности очистных блоков. Возможная квартальная производительность очистного блока определяется, исходя из стадии его отработки, наличия в нем готовых к выемке запасов руды, фактического и проектного количества рабочих мест на начало отчетного периода.

Исходя из планируемой производительности отдельно взятого блока, устанавливается их количество, обеспечивающее выполнение квартального плана по добыче руды.

Количество резервных блоков, обеспечивающих надежность усреднения рудопотока, определяется из выражения:

$$n_{\text{рез}}=n_{\text{общ}}-n_{\text{необх}},$$

где $n_{\text{общ}}$ – общее количество рабочих блоков рудника; $n_{\text{необ}}$ – необходимое количество блоков, обеспечивающее выполнение годового плана по добыче руды.

Вероятность надежной работы такой системы рабочих блоков:

$$P=\sum_{i=0}^{n_{\text{общ}}}\frac{(n_{\text{общ}}+n_{\text{необх}})!}{i!((n_{\text{общ}}+n_{\text{необх}})-i)!}\times$$

$$\times p^{n_{\text{общ}}+n_{\text{необ}}-i}(1-p)^{i},$$

где $p$ – вероятность безотказной работы блока.

При этом вероятность отказа блока:

$$q=1-p.$$

Используя рассмотренные формулы, рассчитаем необходимое число резервных выемочных блоков, при условии, что общая надежность системы основных и резервных участков может меняться от 0,1 до 0,9. На рисунке изображен график для определения количества необходимых резервных выемочных блоков в зависимости от их общего количества для выполнения плана по добыче руды. При увеличении необходимого количества основных блоков надежность системы обеспечивается увеличением абсолютного количества резервных блоков при снижении их относительного количества.

Максимальное снижение количества резервных выемочных участок возможно за счет повышения надежности очистных бло-

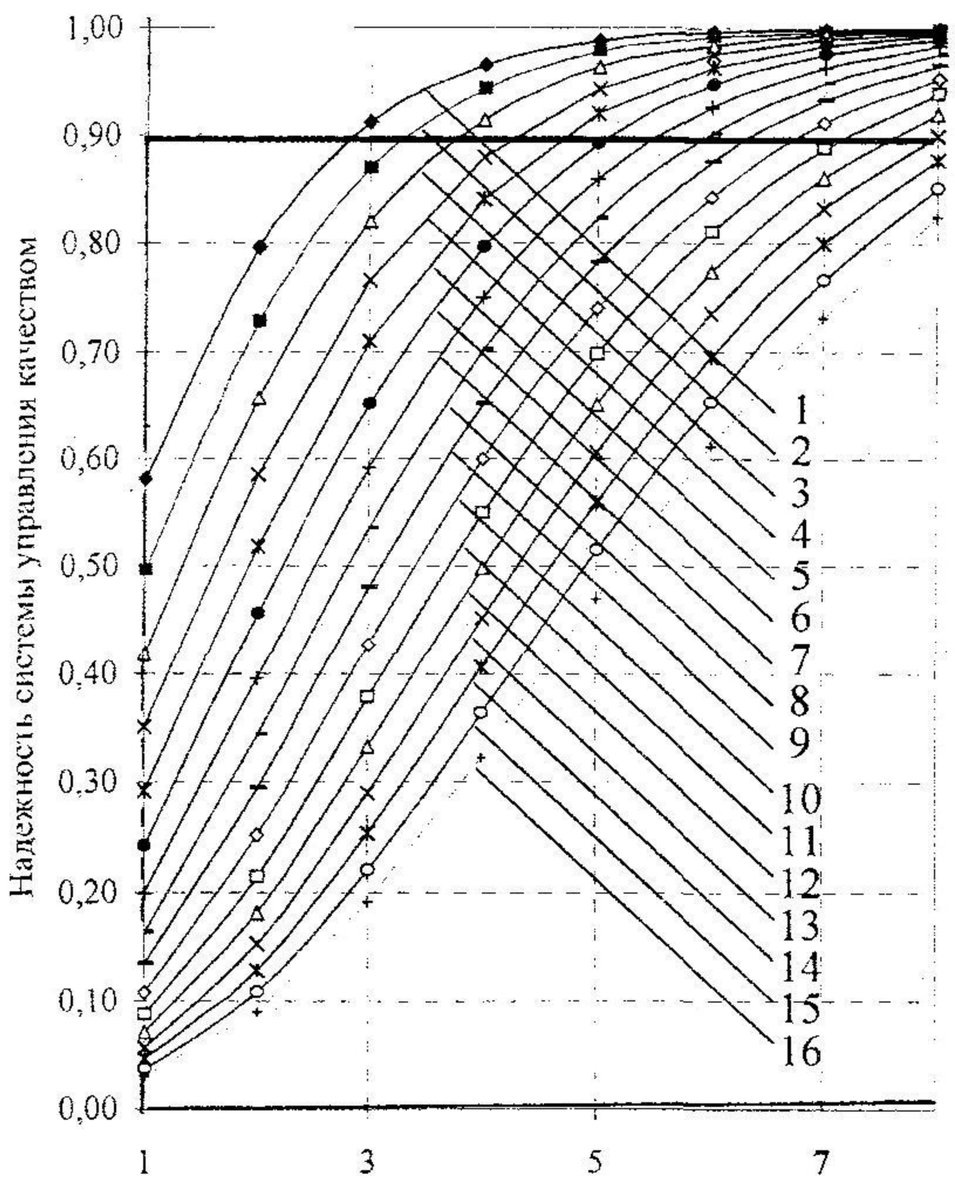



График для определения необходимого количества резервных выемочных блоков с учетом требований по общей надежности системы ($P = 90$)
1 – 5 основных участков; 2 – 7; 3 – 9; 4 – 11; 5 – 13; 6 – 15; 7 – 17; 8 – 19; 9 – 6; 10 – 8; 11 – 10; 12 – 12; 13 – 14; 14 – 16; 15 – 18; 16 – 20

ков. Количество резервных очистных блоков можно определить из графика при заданной надежности очистного блока.

В качестве примера рассмотрим планирование добычи руды в режиме усреднения из пяти добычных блоков, работающих на одном горизонте, обеспечивающих добычу 4000 т в смену. Для поддержания высокой надежности функционирования системы дополнительно в работе необходимо иметь три резервных выемочных блока (см. рисунок). Среднее содержание полезного компонента внутри выемочного блока в текущий момент времени определяется как средневзвешенное по всем видам запасов очистного блока. Для расчета количества выемочных блоков, из которых будет осуществляться добыча руды в течение отчетного периода, необходимо рассмотреть все возможные варианты, с учетом подключения резервных блоков. Общее число вариантов годового плана по добыче руды определяется из выражения:

$$N_{\text{вар}} = \frac{(n_{\text{общ}}!)}{(n_{\text{необх}}!)((n_{\text{общ}}!) - (n_{\text{необх}}!))!} =$$

$$= \frac{8!}{5! \times (8-5)!} = 56 .$$

Из всех вариантов выбираются те, которые соответствуют по содержанию полезных компонентов в рудопотоке требованию потребителя сырья. Аналогично рассчитываются варианты сменных планов по объемам руды, добываемым в течение отчетного периода. При этом необходимо в течение года обеспечить ежеквартальное выполнение плана по объему и по качеству руды. Для этого из расчетных таблиц выбираются варианты, которые соответствуют плановому значению содержания и ежеквартальным разбивкам по объемам добычи. Проведенные расчеты показывают, что количество таких вариантов колеблется от 4 до 20-30 в зависимости от общего количества блоков на руднике и их необходимого количества для обеспечения плана. Полученные варианты последовательно включаются в планирование в течение года при условии, что каждый квартал должен быть выполнен план по качеству добываемой руды. Обеспечение равномерной выемки запасов блоков осуществляется за счет варьирования полученными вариантами. При этом необходимо учесть возможности каждого участка по проходке горных выработок, отбойке и доставке руды.

Научный руководитель профессор д.т.н. *Э.И.Богуславский*