УДК 622.271.3

С.И.ФОМИН, *д-р техн. наук, профессор, fominsi@mail.ru*
В.А.ШЕВЕЛЕВ, *магистр техники и технологии, аспирант, sva-46rus@mail.ru*
М.А.МАРИНИН, *аспирант, mihmarinin@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

S.I.FOMIN, *Dr. in eng sc., professor, fominsi@mail.ru*
V.A.SHEVELEV, *master of technique and technology, post-graduate student, sva-46rus@mail.ru*
M.A.MARININ, *post-graduate student, mihmarinin@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ДОБЫЧНЫХ ЕДИНИЦ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ДОСТИЖЕНИЕ УСТАНОВЛЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА И ТРЕБОВАНИЙ К ВНУТРИКАРЬЕРНОМУ УСРЕДНЕНИЮ РУДЫ

Регулирование объемов готовых к выемке запасов на уступах, размеры резервной полосы рабочих площадок позволяет осуществить оптимальное формирование рабочей зоны карьера, соответствующее установленной производительности карьера и эксплуатационному коэффициенту вскрыши, повысить надежность работы горно-технической системы – карьер.

***Ключевые слова*:** готовые к выемке запасы, технологическая система, карьер, уступ, месторождение, добычная единица.

MINING UNITS QUANTITY DETERMINATION TO ACHIEVE THE ESTABLISHED OPEN CAST OUTPUT AND AVERAGING ORE REQUIREMENTS

The balancing stripping ratio and ore production methods include simulation in order to reduce the prestripping waste and maintain a suitable space between each bench.

The reliability analysis method of mining technological system in mine design is discussed in this paper. The probabilistic approach used here takes into consideration the uncertainty associated with estimation of most economic, mining and geological variables.

This paper concerns the rational distribution of reserves which can be mined and waste advancing down the open cast site at steep pitch deposit.

***Key words*:** reserves which can be mined, opencast mine, ore, output, deposit, bench, mining units.

Расчет нормативов готовых к выемке, подготовленных и вскрытых запасов производится, исходя из условия обеспечения установленной производительности карьера, заданного уровня усреднения железорудного сырья и соблюдения проектных параметров рабочих площадок на добычных уступах*. Производительность карьера и однородность качественного состава добываемой руды зависят, главным образом, от количества добычных единиц. Если производительность карьера и уровень однородности сырья установлены в проекте, то число добычных единиц должно обеспечивать выполнение уста-

* *Арсентьев А.И.* Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений / А.И.Арсентьев, Г.А.Холодняков. М.: Недра, 1994, 336 с.

Arsentyev A.I. Holodnyakov G.A. Design of mining operations in the open mining. Moscow: Nedra, 1994. 336 p.

новленных требований и быть при этом минимально необходимым.

Расчет количества добычных единиц, обеспечивающих достижение установленной производительности карьера и требований к внутрикарьерному усреднению качественного состава добываемого железорудного сырья, производится в следующей последовательности:

• расчет количества добычных единиц, обеспечивающих выполнение установленной производительности карьера;

• расчет характеристик усреднения качества руды в карьере;

• определение эффективности усреднения качества руды на складе;

• расчет числа добычных единиц, обеспечивающих выполнение установленной производительности карьера и требований к усреднению качества руды.

Число добычных единиц, обеспечивающих выполнение установленной производительности карьера $Д_п$,

$$N_0' = \frac{1{,}05Д_п}{S\overline{\kappa}\overline{d}_{см}},$$

где 1,05 – коэффициент резерва, учитывающий неравномерность производства добычных работ; S – число смен работы карьера в течение месяца; $\overline{\kappa}$ – средний коэффициент использования добычной единицы; $\overline{d}_{см}$ – среднесменная производительность добычной единицы в карьере.

Величины $\overline{\kappa}$ и $\overline{d}_{см}$ должны соответствовать показателям работы экскаваторов, принятым в плане развития горных работ. Однородность качественного состава добываемого полезного ископаемого оценивается статическими характеристиками: среднеквадратическими отклонениями и вероятностью заданного отклонения содержания усредняемого компонента от его среднего значения.

Среднее квадратическое отклонение содержания компонента по совокупности n проб

$$\sigma_\alpha = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_1^n (\alpha_i - \overline{\alpha})^2},$$

где α_i – содержание полезного компонента в отдельной пробе; $\overline{\alpha}$ – среднее содержание полезного компонента.

От стандарта σ_α можно перейти к другим оценкам однородности качественного состава сырья. К железорудному сырью, поступающему на обогатительные, агломерационные и дробильно-сортировочные фабрики, в 80-100 % случаев предъявляются требования, ограничивающие колебания содержания железа в сменных или суточных объемах добытой руды диапазоном 17,5-21,5 % от планового содержания, т.е. получена вероятность $P = 0{,}8 \div 1{,}0$. Для руды, поступающей из карьера на фабрику, между отклонениями полезного компонента от среднего содержания Δ и величиной σ_α существует следующая зависимость

$$\Delta = t\sigma_\alpha, \qquad (1)$$

где t – коэффициент вероятности.

Между коэффициентом вероятности t и вероятностью P существует следующая зависимость:

t	1,0	1,3	1,47	1,5
P	0,683	0,800	0,850	0,866
t	1,65	2,0	2,5	3,0
P	0,900	0,954	0,987	0,997

При отклонении содержания усредняемого компонента от требуемого $\Delta = \pm 1{,}5$ % с вероятностью $P = 0{,}8$ коэффициент вероятности $t = 1{,}3$ и $\sigma_{\alpha_0} = 1{,}15$ %. Если $\Delta = \pm 1{,}0$ % с вероятностью $P = 0{,}8$, то $\sigma_{\alpha_0} = 0{,}77$ %. Когда требования к усреднению ограничивают колебания содержания компонента в добываемом сырье, для расчета по формуле (1) следует принимать $t = 3{,}0$.

Когда требования к усреднению установлены и величина $\sigma_\alpha = \sigma_{\alpha_0}$ является заданной, можно определить необходимое число добычных единиц, обеспечивающих заданный уровень внутрирудничного усреднения:

$$N_0'' = \frac{1}{\sigma_{\alpha_0}^2 \kappa_у^2}\left[\overline{\sigma}_\alpha^2\left(V_d^2 + 1\right) + \delta_\alpha^2 V_d^2 - \sigma_{\alpha_0}^2 \kappa_у^2 V_d^2\right], \qquad (2)$$

где $\sigma_{\alpha_0}^2$ – средняя дисперсия содержания усредняемого компонента в одном рудопотоке; δ_α^2 – межзабойная дисперсия; $\kappa_у$ – ко-

эффициент усреднения на усреднительном или перегрузочном складе.

Тогда

$$\overline{\sigma}_{\alpha}^2 = \frac{1}{\sum_1^N S_i} \sum_1^N \sigma_{\alpha_i}^2 \cdot S_i ;$$

$$\sigma_{\alpha_i}^2 = \frac{1}{S_i} \sum_1^{S_i} (\alpha_{ij} - \overline{\alpha}_i)^2 ;$$

$$\delta_{\alpha}^2 = \frac{\sum_1^N \overline{\alpha}_i^2 \cdot S_i}{\sum_1^N S_i} - \overline{\alpha}^2 ,$$

где α_{ij} – содержание железа в руде, добытой в i-м забое в j-ю смену; $\overline{\alpha}_i$ – среднее содержание полезного компонента в руде, добытой в i-м забое за рассматриваемый период; S_i – количество определений (смен, суток и т.п.).

Эффективность усреднения на складе оценивается коэффициентом усреднения

$$\kappa_{\text{у}} = \frac{\sigma_{\text{вх}}}{\sigma_{\text{вых}}},$$

где $\sigma_{\text{вх}}$ – среднеквадратическое отклонение содержания усредняемого компонента в руде, поступающей из карьера на склад; $\sigma_{\text{вых}}$ – среднеквадратическое отклонение содержания усредняемого компонента в руде, поступающей со склада на фабрику*.

Из двух значений N_0' и N_0'' выбирают наибольшее, т.е. то, которое обеспечивает выполнение и плановой производительности рудника, и требований по усреднению качества руды. Когда число добычных единиц N_0, обеспечивающих выполнение установленной производительности и требований по усреднению качества добываемого полезного ископаемого известно, то норматив готовых к выемке запасов

$$\text{Н}_{\text{г}} = N_0\left(2\overline{d} + t'\sigma_d\right) + \Pi - B =$$

$$= N_0\overline{d}\left(2 + t'V_d\right) + \Pi - B,$$

где t' – коэффициент вероятности выполнения установленной производительности; $\overline{d}, \sigma_d, V_d$ – соответственно среднее значение, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации производительности добычного экскаватора в интервале между взрывами полезного ископаемого; П, B – соответственно потери и засорение полезного ископаемого на карьере в рассматриваемый период времени.

Если в карьере принят двухнедельный интервал времени между взрывами полезного ископаемого в добычном забое, то $\overline{d}$ и σ_d представляют собой соответственно среднее значение и среднеквадратическое отклонение двухнедельной производительности добычного экскаватора.

Величина $N_0 t'\sigma_d = \Delta H_{\text{г}_1}$ – резерв готовых к выемке запасов, характеризующий неравномерность проведения добычных работ. Величина $\overline{d}$ рассчитывается, исходя из среднесменной производительности экскаватора $\overline{d}_{\text{см}}$, его коэффициента использования $\overline{\kappa}$ и продолжительности интервала времени τ между взрывами полезного ископаемого:

$$\overline{d} = \tau\overline{\kappa}\overline{d}_{\text{см}} .$$

Оптимальные нормативы готовых к выемке, подготовленных и вскрытых запасов предполагают:

• равномерную обеспеченность всех добычных единиц готовыми к выемке, подготовленными и вскрытыми запасами на нормативном уровне;

• работу в карьере нормативного числа добычных единиц, необходимых и достаточных для достижения установленной производительности и усреднения качественного состава добываемого сырья;

• обеспеченность каждой добычной единицы запасами отбитой руды в количестве, необходимом для ее максимальной производительности в принятом интервале времени между взрывами.

Управление запасами отбитой руды в карьере необходимо осуществлять таким об-

---

* *Бастан П.П.* Теория и практика усреднения руд / П.П.Бастан, Е.И.Азбель, Е.М.Ключкин. М.: Недра, 1979. 256 с.

Bastan P.P., Azbel E.I., Kluchkin E.M. Theory and practice of ore reclaiming. Moscow: Nedra, 1979. 256 p.

разом, чтобы в каждом добычном забое на момент взрыва количество отбитых запасов было достаточным для обеспечения в интервале между взрывами максимальной производительности экскаватора. Нормативную величину готовых к выемке запасов можно снизить, если направление движения заходки экскаватора на добычных уступах принять параллельным направлению наименьшей автокорреляции содержания усредняемого показателя. В этом случае значение внутризабойной дисперсии $\overline{\sigma}_{\alpha}^{2}$ будет наименьшим, что приведет к уменьшению числа добычных экскаваторов, определяемых по формуле (2), и нормативов готовых к выемке запасов.

Использование нормативов по подготовленности запасов руды на карьере, предусматривающих улучшение условий внутрикарьерного усреднения за счет установления нормативного числа добычных единиц, обеспечивающих одновременно достижение установленной производительности и требований к усреднению руды, позволяет снизить колебания качественного состава добываемого сырья, поступающего на обогатительную фабрику и повысить экономическую эффективность отработки месторождения.