

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСРЕДНЕНИЯ РУДЫ НА БУФЕРНО-УСРЕДНИТЕЛЬНЫХ СКЛАДАХ

Буферно-усреднительный склад в карьере является сложной системой, эффективность функционирования которой зависит от многих факторов. Основным показателем работы внутрикарьера склада является эффективность усреднения на нем руды.

Ключевые слова: карьер, буферно-усреднительный склад, усреднение руды.

DETERMINATION OF ORE RECLAIMING EFFICIENCY ON ACCUMULATION AND BEDDING STOCKYARDS

Accumulation and bedding stockyard in a quarry is a complex system, the efficiency of which depends on many factors. The main indicator of stockyard work is ore reclaiming efficiency.

Key words: quarry, accumulation and bedding stockyards, ore reclaiming.

В основе расчета эффективности усреднения недробленой руды на буферно-усреднительных складах лежит представление о том, что работа реального склада отличается от идеальной математической модели в силу следующих обстоятельств: зона эффективного смешивания рудного материала значительно меньше геометрических параметров формируемого штабеля, дробленый рудный материал при перемешивании проявляет свойства пластичности и вязкости, способ перемешивания материала пассивный.

С учетом влияния этих факторов предложена формула для расчета дисперсии показателя качества руды после усреднения

$$\frac{D_t}{D} = 0,11(1 - K_t)^2 + 0,01; \quad (1)$$
$$\frac{\sigma_t^2}{\sigma^2} = 0,11(1 - K_t)^2 + 0,01,$$

где $D_t = \sigma_t^2$ – дисперсия содержания железа на выходе со склада для порции t ; $D = \sigma^2$ –

дисперсия содержания железа входного потока на склад; $K_t = t/T$; t – порция руды, тыс.т; T – вместимость склада, тыс.т.

Таким образом,

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma^2 (0,11(1 - K_t)^2 + 0,01)}.$$

Коэффициент усреднения руды на складе рассчитывается по формуле

$$\eta = 1 - \frac{\sigma_t}{\sigma}. \quad (2)$$

Рассчитанные по формуле (1) показатели дисперсии для объема руды, перевозимого одним автосамосвалом, одной зоны эффективного смешивания и полностью заполненного штабеля емкостью 8, 12, 16, 20, 24 и 30 тыс.т приведены в таблице. При расчетах были использованы следующие значения $Fe_{\text{магн}}$: $Fe_{\text{max}} = 34\%$, $Fe_{\text{min}} = 17\%$, $Fe_{\text{ср}} = 25\%$.

Таким образом, существующая технология формирования рассматриваемых складов достаточно эффективна, так как обеспечивает

степень усреднения руды 0,6-0,7 уже в небольших объемах. Зона фактического смещивания составляет 3,5 тыс.т, ее следует считать оптимальной для существующей конструкции складов и технологии их формирования. Остальной же объем склада выполняет функцию аккумулятора, оказывая влияние на погашение длиннопериодных колебаний (более 10 машин).

Показатели для определения эффективности усреднения руды на буферно-усреднительных складах

t , тыс.т	K_t	σ , %	σ_t , %	η	$2\sigma_t$, %	Примечание
0	0	4,82	1,62	0,66	3,24	Сечение штабеля
0,12	0,004	4,82	1,62	0,66	3,24	Автосамосвал
1,0	0,033	4,82	1,62	0,66	3,24	Состав руды (1 тыс.т)
3,5	0,116	4,82	1,49	0,69	2,84	Зона смещивания
8,0	0,266	4,82	1,26	0,74	2,52	
12,0	0,4	4,82	1,07	0,78	2,14	
16,0	0,533	4,82	0,88	0,82	1,76	
20,0	0,666	4,82	0,72	0,85	1,44	
24,0	0,8	4,82	0,57	0,88	1,14	
30,0	1,0	4,82	0,37	0,92	0,74	

Отвлекаясь от структуры колебаний внутри объемов t , требуемый уровень сменных предельных колебаний содержания полезного компонента в руде $\pm 1,7\%$ может быть достигнут при работе одного склада и объемах 30 тыс.т и более. При сменной подаче руды на обогатительную фабрику 24 тыс.т работа через один склад эту задачу выполнить не может.

Для карьера в целом (при n складах)

$$\sigma_k = 2 \sqrt{0,37^2 + \frac{(\sigma_t)^2}{n}}.$$

Следовательно, в условиях карьеров ОАО «Карельский окатыш» для обеспечения технических условий на уровень колебаний содержания железа в объемах сменной подачи руды на фабрику $\pm 1,5\%$ необходимо выполнять требование по обеспечению одновременной работы четырех буферно-усреднительных складов в смену, из них на карьере «Центральный» – трех буферно-

усреднительных складов, а при $\pm 1,7\%$ – двух складов. На карьере «Южный» работает два склада, и это условие выполняется, т.е. фактически работают пять буферно-усреднительных складов.

Основной продукцией предприятия являются оффлюсованные и неоффлюсованные железорудные окатыши. Влияние колеблемости качественного состава отгружаемой на фабрику руды с буферно-усреднительных складов на показатели процесса обогащения и качество конечной продукции выявлено на основе статистического анализа. Однако инерционность показателей на различных этапах процесса обогащения, отсутствие возможности получения достоверных данных, относящихся к параметрической зависимости показателей усреднения в карьере и на фабрике обогащения, а также ряд других факторов позволили выявить зависимость качественных показателей окатышей от влияния среднеквадратичного отклонения качества руды.

Дисперсия содержания железа в концентрате связана с дисперсией содержания общего и магнетитового железа в руде таким образом, что только 30 % приходится на долю изменчивости качества исходной руды, а 70 % в концентрате определяются воздействием технологических факторов обогащения. Поэтому главной задачей повышения эффективности усреднения руды является стабилизация режима доставки руды на фабрику и технологического режима обогащения*.

Организационно-технические мероприятия по стабилизации качества руды в карьере, в том числе на буферно-усреднительных складах, позволяют достигнуть коэффициента усреднения 0,66. При отклонении содержания железа в рудном потоке, поступающем на склады, 4,82 % изменчивость потока, поступающего из карьера на фабрику, оценивается стандартом колебаний 1,7 %. Снижение колеблемости содержания железа

* 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.

до 1,7 % приводит к снижению содержания железа в хвостах обогащения. Расчеты показали, что это значение составляет 0,23 %. Снижение расхода руды, возникающее из-за уменьшения содержания железа в хвостах,

$$\Delta P = \frac{\beta - \alpha}{(\alpha - \theta)^2} \Delta \theta,$$

где β – содержание железа в концентрате, %, $\beta = 68,08\%$; α – содержание общего железа в исходной руде, %, $\alpha = 29,63\%$; θ – базовое содержание железа в хвостах, %, $\theta = 9,44\%$; $\Delta \theta$ – снижение содержания железа в хвостах обогащения, %, $\Delta \theta = 0,23\%$.

Тогда

$$\Delta P = \frac{68,08 - 29,63}{(29,63 - 9,44)^2} \cdot 0,23 =$$

$$= 0,0217 \text{ т руды/т концентратата.}$$

Снижение добычи руды для производства проектного количества концентраты

$$\Delta D = Q \Delta P,$$

где Q – производство концентратата, тыс.т, $Q = 7348,3$ тыс.т.

Тогда

$$\Delta D = 7348300 \cdot 0,0217 = 159458 \text{ тыс.т.}$$

Снижение объемов вскрыши при коэффициенте вскрыши K_b , равном $1,1 \text{ м}^3/\text{т}$,

$$\Delta V = 1,1 \cdot 159458 = 175,4 \text{ тыс.м}^3.$$

Таким образом, при достижении проектных показателей усреднения, снижение затрат при производстве объемов концентратата, т.е. сохранении объема производства,

$$\mathcal{E} = C_p \Delta D + C_b \Delta V,$$

где C_p – себестоимость 1 т руды, руб., $C_p = 39,95$ руб.; C_b – себестоимость 1 м^3 вскрыши, руб., $C_b = 58,70$ руб.

Тогда

$$\mathcal{E} = 35,95 \cdot 15948 + 58,70 \cdot 175400 =$$

$$= 16028495 \text{ руб.}$$

Учитывая, что затраты на усреднительную систему составляют 50 % от общих затрат, т.е. коэффициент затрат равен 0,5, чистый экономический эффект от применения буферно-усреднительных складов составит порядка 8 млн руб.

Применение в карьере буферно-усреднительных складов позволит достичь необходимой степени усреднения, требуемой обогатительным переделом. При этом будут обеспечиваться сменные среднеквадратичные отклонения колебаний $Fe_{\text{магн}}$ в общем потоке руды на фабрику при работе:

– с двух буферно-усреднительных складов $\sigma_k = 1,68\%$;

– с трех буферно-усреднительных складов $\sigma_k = 1,63\%$;

– с четырех буферно-усреднительных складов $\sigma_k = 1,49\%$.

Таким образом, даже при работе двух складов карьера емкостью 30 тыс.т каждый достигается необходимая степень усреднения и колеблемости качества руды в смену. При работе с четырех и трех складов результаты усреднения улучшаются, т.е. достигается необходимая степень стабилизации качественного потока поступающей на фабрику руды.