УДК 621.796.2

М.М.ЯКУБОВСКИЙ, Г.А.ХОЛОДНЯКОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СКЛАДОВ ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Большинство месторождений полезных ископаемых являются комплексными. В этом случае в карьере добывается основное полезное ископаемое и несколько попутных. Как правило, в карьере удается получить стабильную производительность по основному полезному ископаемому. От нее зависит равномерная работа обогатительной фабрики. Производительность по попутным полезным ископаемым является переменной величиной и зависит от направления развития и режима горных работ. Это вызывает сбои в работе обогатительной фабрики. Снижается извлечение полезного компонента из руды. Производительность по попутным полезным ископаемым целесообразно стабилизировать с помощью складов. Также промежуточные склады играют важную роль в повышении качества руды. В данной работе представлена методика определения основных параметров складов попутных полезных ископаемых.

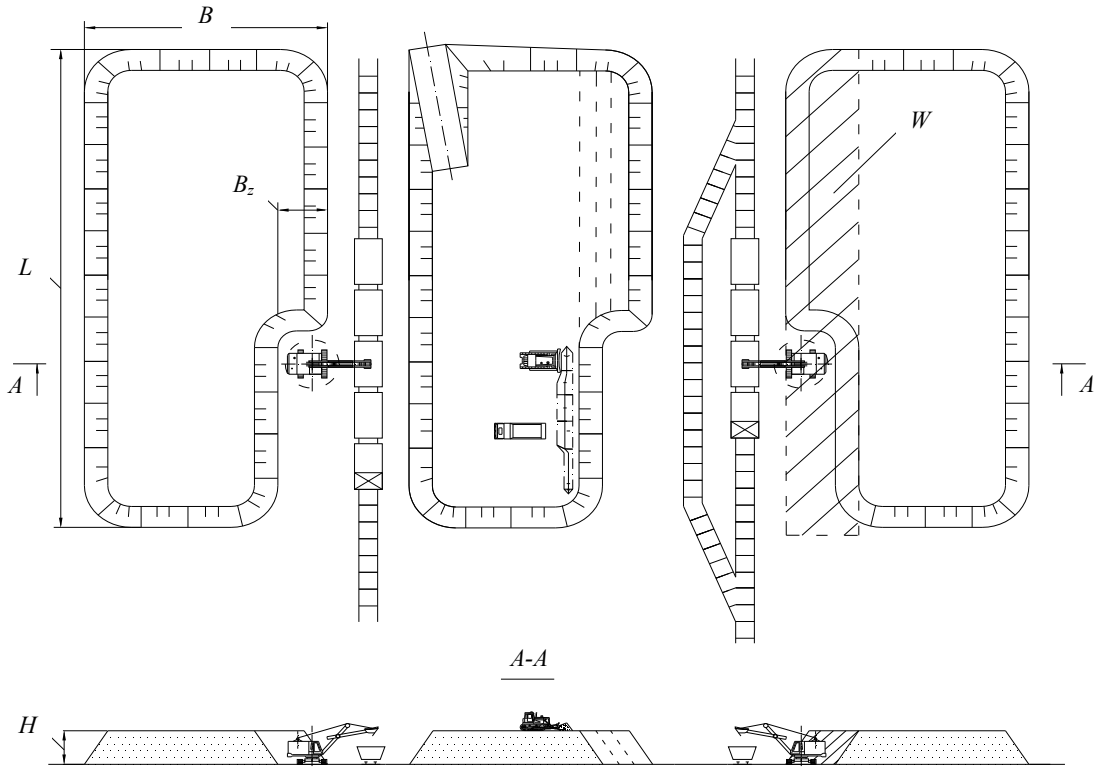
The majority of mineral deposits are complex, i.e. composed of various minerals. In this case not only the main commercial mineral is mined, but also a number of co-products. As a rule, it is possible to achieve stable extraction of the main mineral, the concentration plant efficiency being directly depended on this issue. Production of co-products is a variable value as it is dependant on the direction and mode of mining operations. This results in disturbances in the concentration plant operation. Extraction of useful minerals from the ore is decreasing. Thus, production of co-products should be stabilized through storing primary materials at storage areas. Such intermediate storages play an essential role in enhancing the ore grades. The paper offers a method to calculate basic parameters of storages for associated mineral products.

При малоотходной разработке месторождений, представленных комплексными рудами, в карьере, кроме основного сырья и вскрышных пород, добывается целый ряд попутных полезных ископаемых. К попутному сырью относятся минеральные горные породы, не имеющие самостоятельного промышленного значения, однако их добыча может быть экономически целесообразной при разработке основного полезного ископаемого.

В большинстве случаев производительность карьера по попутным горным породам является переменной величиной, поскольку зависит от направления развития горных работ, ориентированных на стабильные объемы добычи и переработки основного полезного ископаемого. Это негативно сказывается на работе обогатительной фабрики.

В целях стабилизации производительности горного предприятия по попутному сырью целесообразно создавать промежуточные усреднительные склады (см. рисунок). Такие склады используются как аккумулирующие емкости. При этом обеспечивается поставка сырья заданного сорта и соответствующего качества, поскольку на складе происходят сортировка и стабилизация его состава.

Склады данного вида можно создавать при использовании в карьере комбинированного транспорта. Высокие маневровые качества автотранспорта сочетаются здесь с большой производительностью и экономичностью железнодорожного. При выборе технологии формирования складов важными задачами являются установление площади земельного отвода и обоснование соотношения его размеров, от которых зависят производительность оборудования и вместимость склада.



Принципиальная схема склада для трех видов попутного сырья
H – высота склада; *L* – длина склада; *B* – ширина склада; B_z – ширина заходки; *W* – активный запас руды

В целях организации высокопроизводительной работы склада и возможности оперативного управления им разработана методика расчета основных параметров склада, к которым относятся: емкость склада, площадь занимаемых им земель, форма и соотношение длины его сторон. Поскольку эти параметры являются динамичными, все расчеты приводятся на конец каждого года эксплуатации горно-перерабатывающего комплекса. Исходными данными служат сведения об объемах добычи и возможных вариантах переработки сырья для каждого вида полезного ископаемого.

Методика расчета состоит из двух частей. На первом этапе для каждого вида сырья выбирается производительность обогатительной фабрики. Затем на основе полученных данных о параметрах работы комплекса рассчитываются размеры отдельных участков склада, а также его общая площадь.

Порядок расчетов следующий. Во-первых, определяется количество вариантов производительности обогатительной фабрики:

$$N = (P_{f\max} - P_{f\min})/(\Delta P_f + 1),$$

где $P_{f\max}$, $P_{f\min}$ – максимально и минимально возможная производительность обогатительной фабрики соответственно, млн т/год; ΔP_f – шаг изменения, млн т/год.

Затем для $m = 1 : N$ вычисляются сами варианты производительности:

$$P_{fi} = P_{f\min} + \Delta P_f m,$$

где *i* – вариант производительности фабрики.

Следующим шагом является определение времени начала работы фабрики:

$$t_{ni} = |S_{\min i}|/P_{fi},$$

где $S_{\min i}$ – минимум разности между нарастающими объемами добычи и потребления сырья для любого года эксплуатации комплекса (берется по модулю).

Четвертый пункт – расчет максимальной емкости склада, т.е. наибольшего количества руды, которое может скопиться на складе в период его эксплуатации:

$$V_{\max i} = S_{\max i} - S_{\min i},$$

где $S_{\max i}$ – максимум разности между нарастающими объемами добычи и потребления сырья с момента начала работы фабрики.

Затем производится расчет времени работы фабрики из условия обеспечения ее полезным ископаемым:

$$T_{fi} = \sum_{\tau=1}^{T_{\text{ê}}} P_{\text{ê}} \Big/ P_{fi},$$

где $T_{\text{ê}}$ – время работы карьера по добыче данного вида полезного ископаемого, лет; τ – текущий год разработки; $P_{\text{ê}}$ – заданная календарным планом развития горных работ производительность карьера по данному виду попутного полезного ископаемого, м^3.

Далее определяется общее время работы комплекса карьер – склад – фабрика:

$$T_{sum\,i} = t_{ni} + T_{fi}.$$

Заключительным этапом расчетов первой части методики является определение объемов сырья, хранящегося на складе в течение всего времени его эксплуатации. Этот параметр рассчитывается для трех этапов эксплуатации горно-обогатительного комплекса:

- в период с момента начала добычи данного сырья до начала его переработки

$$V_{1i} = \sum_{\tau=1}^{t_{ni}} P_{\text{ê}};$$

- в период совместной работы карьера и фабрики

$$V_{2i} = \sum_{\tau=t_{ni}}^{T_{\text{ê}}} P_{\text{ê}} - \sum_{\tau=t_{ni}}^{T_{\text{ê}}} P_{fi} - S_{\min i};$$

- в период с момента окончания добычи сырья до окончания переработки

$$V_{3i} = V_{2i} - \sum_{\tau=T_{\text{ê}}}^{T_{sum\,i}} P_{fi}.$$

В результате сравнения параметров работы комплекса при различных вариантах потребления сырья выбирается наиболее приемлемый. В нашем случае критерием выбора является наименьшая емкость склада. Дальнейшие расчеты производятся для каждого вида сырья при выбранном варианте производительности фабрики.

Сначала определяются площади отдельных участков склада:

$$S_{\tau j} = V_{\tau j} k_r k_{\text{o}} \big/ H_j,$$

здесь индекс j – вид сырья, $j = [1:M]$; M – количество видов; $V_{\tau j}$ – объем сырья данного вида на складе, м^3; k_r – коэффициент разрыхления; k_{o} – коэффициент откосов.

Активный запас определяется объемом грузопотока склад – фабрика $G_{\tau j}$:

$$W_{\tau j} = G_{\tau j} \big/ n_j,$$

где n_j – количество циклов заполнения-разгрузки каждого из участков склада в течение года.

Далее определяется минимальная длина участков склада каждого вида руды, обеспечивающая постоянство положения транспортных коммуникаций:

$$L_{\tau j} = W_{\tau j} \big/ (H_j B_z).$$

Затем находится соответствующая длине ширина участков склада:

$$B_{\tau j} = S_{\tau j} \big/ L_{\tau j}.$$

Заключительным этапом расчетов является определение общей площади склада на каждый год эксплуатации горно-обогатительного комплекса:

$$S_{sum\,\tau} = k_n \sum_{j=1}^{M} S_{\tau j},$$

где k_n – коэффициент неравномерности заполнения площади склада, зависящий от схемы расположения транспортных коммуникаций на складе.

Методика расчета разработана на уровне программы в среде MATHLAB для решения поставленной задачи с использованием современных вычислительных средств при любом количестве типов и сортов руд.

Изложенная методика расчета размеров складов попутных полезных ископаемых позволяет: рассчитать параметры работы

горно-обогатительного комплекса при различных режимах потребления руды на обогатительной фабрике, на основе сравнения выбрать наиболее рациональный режим работы фабрики, определить рабочие параметры склада в целом и отдельно каждого из секторов попутного сырья при выбранном варианте потребления, а именно: количество сырья каждого вида на складе, площади участков склада, их рациональные размеры, площадь земельного отвода.

Экономическая эффективность оптимизации параметров склада достигается посредством экономии земельных платежей за счет существенного сокращения площадей отчуждаемых земельных участков и уменьшения платы за загрязнение атмосферы. Кроме того, необходимо учитывать предотвращенный экологический ущерб.

Таким образом, устройство временных промежуточно-усреднительных складов попутных полезных ископаемых является важным производственным процессом при организации малоотходной разработки комплексных месторождений. Причем роль этого процесса возрастает по мере истощения минеральных природных ресурсов и повышения их ценности.

Научный руководитель проф. *Г.А.Холодняков*