Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LII, вып. 1, 1966 г.

УДК 622.271.3

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТКРЫТЫХ РАБОТ

М. Б. Редькин

Наиболее часто границы открытых работ определяют по равенству контурного коэффициента вскрыши экономически допустимому, который находят сопоставлением добычи открытым и подземным способом. Однако при значительной мощности наносов такая методика может привести к неверным выводам, так как определяемые по ней границы не учитывают горнокапитального объема, необходимого для пуска карьера в эксплуатацию и зависящего от мощности наносов.

В этом случае необходима оптимальная проверка, связанная с анализом графиков изменения среднего $n_{ср}$, контурного $n_к$, текущего $n_т$ и экономически допустимого $n_э$ коэффициентов вскрыши и их сопоставления с условием $n_т \leqslant n_э$ и $n_к \leqslant n_э \geqslant n_{ср}$ [Ржевский, 1956] или с подсчетом экономического эффекта от открытых работ в стоимостном выражении [Городецкий, 1949]. Оба эти способа требуют значительных затрат труда и времени. В настоящей статье предлагается достаточно точный способ расчета, позволяющий избежать трудоемкие вычисления.

94059

Экономичность открытых работ при частичной разработке месторождения открытым способом, как известно, определяется формулой П. И. Городецкого [1949]

$$S = m(c-a)x - b\frac{\operatorname{ctg}\gamma + \operatorname{ctg}\beta}{2}x^2 - bh(\operatorname{ctg}\gamma + \operatorname{ctg}\beta)x - (m + h\operatorname{ctg}\beta_0)hb_0, \quad (1)$$

где x — глубина разработки месторождения открытым способом, без наносов, *м*;

m — средняя горизонтальная мощность рудного тела, *м*;

h — мощность наносов над выходом рудного тела на поверхность, *м*;

c и a — себестоимость добычи 1 $м^3$ руды соответственно при подземных и открытых работах, руб.;

b и b_0 — стоимость выемки 1 $м^3$ вскрыши соответственно коренных пород и наносов, руб.;

γ, β — средние углы откоса борта карьера, град.;

β_0 — то же, по наносам, град.

Когда производная функция (1) равна нулю, открытые работы максимально эффективны. При этом оптимальная глубина

$$x = \frac{c-a}{b}\cdot\frac{m}{\operatorname{ctg}\gamma + \operatorname{ctg}\beta} - \frac{b_0}{b}h. \quad (2)$$

Открытые работы нецелесообразны при $S = 0$. Подставив x из (2) в (1) и условно приняв $b = b_0$, $h = h_{пр}$ приравняем экономию открытых работ нулю

$$\frac{n_э^2 m^2}{4} - n_э m h_{пр} - m h_{пр} = 0, \qquad (3)$$

где $h_{пр}$ — искомая предельная мощность наносов, *м*.

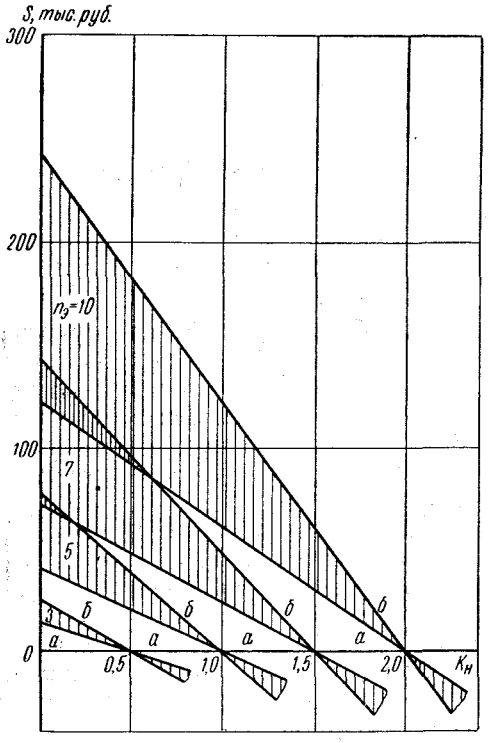


Рис. 1. Область возможных значений экономичности открытых работ S и предельного показателя мощности наносов $K_{н.пр}$ в зависимости от экономически допустимого коэффициента и себестоимости вскрыши:
а — $b = 1$ руб.; *б* — $b = 2$ руб.

Разделим обе части уравнения (3) на m^2 и, введя показатель мощности наносов

$$K_н = \frac{h}{m},$$

получим

$$K_{н.пр} = \frac{n_э^2}{4n_э + 4}, \qquad (4)$$

где $K_{н.пр}$ — предельное значение показателя мощности наносов, при котором затраты на открытую разработку месторождения равны затратам на подземную разработку,

$$K_{н.пр} = \frac{h_{пр}}{m}.$$

Разделив числитель и знаменатель полученного выражения на $n_э$, получим

$$K_{н.пр} = \frac{n_э}{4\left(1 + \frac{1}{n_э}\right)} = \frac{n_э}{4(1+\varphi)}.$$

Экономически допустимый коэффициент вскрыши $n_э$ изменяется от 3 до 10 *м*³/*м*³. Следовательно, величина $\varphi = \frac{1}{n_э}$ изменяется от 0,3 до 0,1. Произведение $4(1+\varphi)$ приближенно можно считать равным 5.

Окончательно имеем экономически допустимый показатель мощности наносов

$$K_{н.пр} = \frac{n_э}{5}. \qquad (5)$$

Аналогичную зависимость получим и при определении экономичности промышленного использования месторождения по разности между извлекаемой ценностью руды и затратами на разработку месторождения открыто-подземным способом [Зубрилов, 1958].

Расчеты по формуле (1) графически представлены на рис. 1. В качестве примера рассмотрено крутопадающее месторождение при $m = 75$ *м*, $\gamma = \beta = 45°$ и $b = b_0$.

В конкретных условиях вместо равенства стоимости выемки наносов и коренных пород мощность наносов следует приводить по стоимости к мощности выемки коренных пород [Городецкий, 1949].

Как известно, приведенная условная мощность наносов

$$h_у = K_{уд} h_ф, \qquad (6)$$

где $K_{уд}$ — коэффициент удешевления выемки наносов $\left(K_{уд} = \frac{b_0}{b}\right)$;

$h_ф$ — фактическая мощность наносов, *м*.

По предельным значениям мощности наносов достаточно просто определяется целесообразность ведения на месторождении или его отдельных участках открытых работ

$$h_{пр} = K_{н.\,пр} m. \qquad (7)$$

На месторождениях, где фактическая мощность наносов больше предельной, необходимо детально рассмотреть целесообразность ведения открытых работ.

Из уравнения (1) и рис. 2*а*, *б* можно определить сумму затрат на выемку горнокапитального объема B_0 (отрезок $OC = -(m - h\,\mathrm{ctg}\,\beta_0)\,hb_0$).

Фактический горнокапитальный объем $B_ф$ определяется суммой объема, необходимого для достижения головы рудного тела B_0, и объема, зависящего от производительности карьера B'_0 (рис. 3),

$$B_ф = B_0 + B'_0.$$

Для корректировки полученных результатов необходимо при практическом применении полученных зависимостей пользоваться коэффициентом увеличения объема

$$\varepsilon_у = \frac{B_ф}{B_0} = 1 + \frac{B'_0}{B_0}.$$

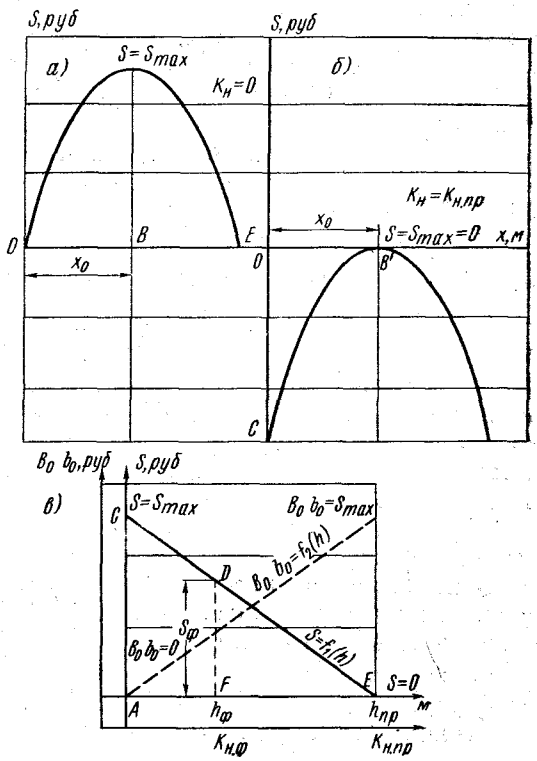


Рис. 2. Экономичность открытых работ и затраты на выемку горнокапитального объема при различной мощности наносов:
а — $S = f(x)$ при $h = 0$; *б* — $S = f(x)$ при $h = h_{пр}$; *в* — $S = f_1(h)$ и $(B_0 b_0) = f_2(h)$.

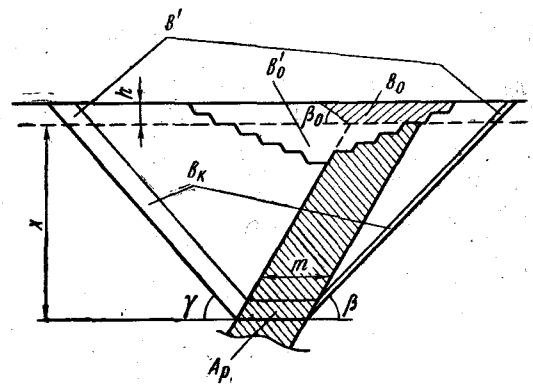


Рис. 3. Определение фактического горнокапитального объема вскрыши.

Таким образом, окончательно получим показатель мощности наносов конкретного месторождения

$$K_{н.\,ф} = \frac{\varepsilon_у h}{m}.$$

Показатель мощности наносов можно использовать для предварительной оценки эффекта и целесообразности открытых работ.

Кривая $S = f_1(h)$ носит параболический характер, однако, учитывая, что погрешность при переходе от параболы большого радиуса к прямой не превышает 8—10%, для удобства пользования принимаем функцию как прямолинейную (рис. 2, *в*). Фактическую экономичность открытых работ можно определить геометрически по треугольникам $\Delta ACE \backsim \backsim \Delta FDE$

$$\frac{S_{max}}{S_ф} = \frac{K_{н.\,пр}}{K_{н.\,пр} - K_{н.\,ф}} = \frac{h_{пр}}{h_{пр} - h_ф}$$

или окончательно

$$S = \omega_ф S_{max}, \tag{8}$$

где $\omega_ф$ — коэффициент экономичности открытых работ,

$$\omega_ф = \frac{K_{н.\,пр} - K_{н.\,ф}}{K_{н.\,пр}} = \frac{h_{пр} - h_ф}{h_{пр}}.$$

Зависимости (5) — (8) справедливы при различных горнотехнических условиях: расположении карьера на косогоре, изменении рудного тела по глубине и т. д. Для горизонтального залегания пластов показатель мощности наносов и есть геологический коэффициент вскрыши, если заменить горизонтальную мощность пласта вертикальной.

Для иллюстрации использования приведенной методики рассмотрим пример разработки крутопадающего месторождения с $m = 80$ *м* и $h_ф = 90$ *м*. На таком месторождении в строительный период возможны две схемы механизации: экскаваторы ЭКГ-8 с автотранспортом $b_0 = 3{,}2$ руб и гидромеханизация или оборудование непрерывного действия $b_0' = 2$ руб. Стоимость выемки коренных пород в обоих случаях одинакова $b = 4$ руб.

Экономически допустимый коэффициент вскрыши

$$n_э = \frac{c - a}{b} = 5{,}0\ м^3/м^3.$$

Объем наносов B' (рис. 3) учитывается при определении предельного контурного коэффициента вскрыши

$$n_{к\,max} = \frac{B_к + B'}{A_р},$$

где $B_к$ — объем коренных пород, приходящихся на один горизонт, $м^3$;

$A_р$ — объем руды последнего горизонта, $м^3$.

Этот объем незначителен и изменение технологии его выемки не приведет к большим ошибкам (5—7%) при определении показателя мощности наносов.

Экономическую эффективность той или иной схемы механизации можно определить следующим путем.

1. При экскаваторной выемке

$$K_{н.\,пр} = \frac{5{,}0}{5} = 1{,}0; \quad h_{пр} = 1{,}0 \cdot 80 = 80\ м;$$

$$h_y = \frac{3{,}2}{4{,}0} 90 = 72\ м; \quad S_ф = \frac{80 - 72}{80} S_{max} = 0{,}1\, S_{max}.$$

2. При гидромеханизации $K_{н.пр}$ и $h_{пр}$, приведенные по стоимости к выемке коренных пород останутся без изменения,

$$h_y' = \frac{2{,}0}{4{,}0} 90 = 45\ м; \quad S_ф' = \frac{80 - 45}{80} S_{max} = 0{,}45\, S_{max}.$$

Таким образом, изменение технологии выемки горнокапитального объема значительно повышает эффективность открытых работ. В приведенном примере гидромеханизация при горнокапитальных работах повысила эффективность открытых работ с 10 до 45% от максимально возможной (при отсутствии наносов).

При выемке всего объема наносов в контуре карьера оборудованием непрерывного действия или гидромеханизацией могут возникнуть осложнения при совместной работе гидромеханизации и обычного оборудования во время нормальной работы карьера.

Выводы

Рекомендуемый способ предварительной оценки целесообразности открытых работ по показателю мощности наносов достаточно точен, не требуя трудоемких расчетных и графических работ, и дает возможность быстро оценить экономичность открытых работ при предварительно выбранной схеме механизации строительных работ.

ЛИТЕРАТУРА

Городецкий П. И. Проектирование горнорудных предприятий. Металлургиздат, 1949.

Зубрилов Л. Е. О методике определения предельной глубины рудных карьеров. В сб. тр. ГГИ УФАН СССР, вып. 31, № 2, 1958.

Ржевский В. В. Проектирование контуров карьера. Металлургиздат, 1956.