

## РАЗВИТИЕ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ПРИ ПЕРЕВАЛКАХ ПОРОДЫ ЗА КОНТУР КАРЬЕРА

И. М. Норкин

Развитие расчетных методов при перевалке породы за контур карьера связано с проектированием разработки группы бокситовых залежей [1] и дальнейшими работами по определению и внедрению рациональных параметров горных работ при перевалках породы шагающими драглайнами. Обычные проектные расчеты проводятся на многих поперечных разрезах с нанесением каждой заходки [2]. Трудоемкость такого способа велика, а точность, зависящая от расстояния между смежными поперечными разрезами, мала, так как число разрезов для ускорения расчетов ограничивается.

В основу рассмотренных ниже приближенных расчетов положена известная формула определения допустимого коэффициента переэкскавации и технология переэкскавации промежуточных отвалов [2, 3]:

$$n' = \frac{a-b}{e}; \quad (1)$$

$$l = 2R_p - \frac{1}{2} B'_0, \quad (2)$$

где  $a$  — стоимость  $1 \text{ м}^3$  вскрыши при транспортной схеме разработки;  
 $b$  — стоимость  $1 \text{ м}^3$  вскрыши в промежуточном отвале при бестранспортной схеме разработки;

$e$  — стоимость  $1 \text{ м}^3$  переэкскавации из промежуточных отвалов в конечный;

$l$  — расстояние транспортировки отвала за каждую переэкскавацию;

$R_p$  — радиус разгрузки экскаватора;

$B'_0$  — ширина промежуточного отвала.

Наибольший коэффициент переэкскавации соответствует наиболее отдаленным от конечных бортов карьера центральным заходкам (рис. 4)

$$n_{\max} = \frac{III}{2R_p - \frac{1}{2} B'_0} - 1, \quad (3)$$

где  $III$  — ширина участка перевалок,

$$III = \Gamma + D + E + B;$$

$\Gamma$  — ширина участка перевалок по целику,

$$\Gamma = \frac{B + H \operatorname{ctg} \alpha}{2};$$

$B$  — ширина залежи;

$H$  — высота вскрышного уступа;  
 $\alpha$  — угол откоса уступа,

$$D = H \operatorname{ctg} \alpha;$$

$E$  — ширина бермы между карьером и отвалом;  
 $B$  — средняя ширина отвала;

$$B = \frac{V_0}{H_0} = \frac{(B + H \operatorname{ctg} \alpha) H k}{2 H_0};$$

$k$  — коэффициент разрыхления породы;  
 $H$  — высота вскрышного уступа;  
 $H_0$  — высота конечного отвала;  
 $V_0$  — объем отвала на борту карьера.

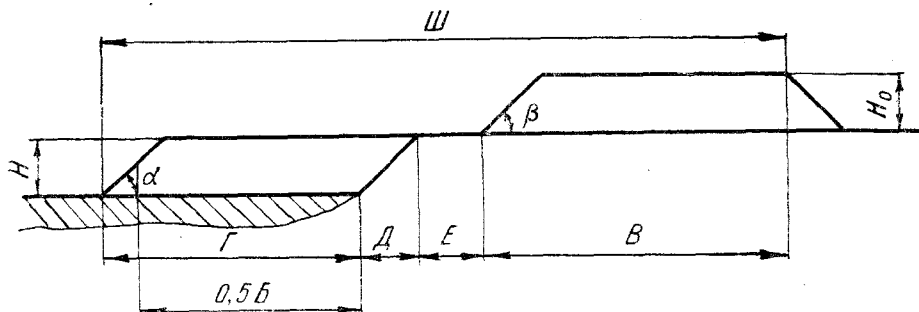


Рис. 1. Схема к определению ширины участка перевалок.

Формула (3) удобна для быстрого решения ряда задач при расчетах систем с переэкскавацией. Средний коэффициент переэкскавации  $n_{\text{ср}}$  примерно равен половине максимального, так как прибортовые заходки укладываются в отвал без переэкскавации ( $n_{\text{min}} = 0$ )

$$n_{\text{ср}} = \frac{n_{\text{max}}}{2}. \quad (4)$$

Ширина участка перевалок

$$Ш = \frac{(1 + tk)(B + H \operatorname{ctg} \alpha)}{2} + H \operatorname{ctg} \alpha + E, \quad (5)$$

где

$$t = \frac{H}{H_0}.$$

Максимальный коэффициент переэкскавации

$$n_{\text{max}} = \frac{\frac{1 + tk}{2} (B + H \operatorname{ctg} \alpha) + H \operatorname{ctg} \alpha + E}{2R_p - \frac{1}{2} B'_0} - 1. \quad (6)$$

Наибольшая ширина залежи  $B'$ , при которой экономически целесообразны системы с переэкскавацией ( $n_{\text{max}} = n'$ ),

$$B' = \frac{2}{1 + tk} \left[ (2n' + 1) \left( 2R_p - \frac{B'_0}{2} \right) - H \operatorname{ctg} \alpha - E \right] - H \operatorname{ctg} \alpha. \quad (7)$$

Область применения систем с переэкскавацией (по ширине залежи  $B'$  при неизменных  $H$  и  $H_0$ ) значительно расширяется при крупных драглайнах, обеспечивающих большой радиус разгрузки  $R_p$  и наибольший экономически допустимый коэффициент переэкскавации  $n'$ , который зави-

сит от стоимостных показателей  $b, e$ , резко снижающихся при крупных экскаваторах.

На основе формулы (6) можно построить графики, которые позволяют определять границы целесообразного применения различных экскаваторов и отражают зависимость этих границ от соотношения высот вскрышного уступа и конечного отвала. Границы применения конкретных моделей экс-

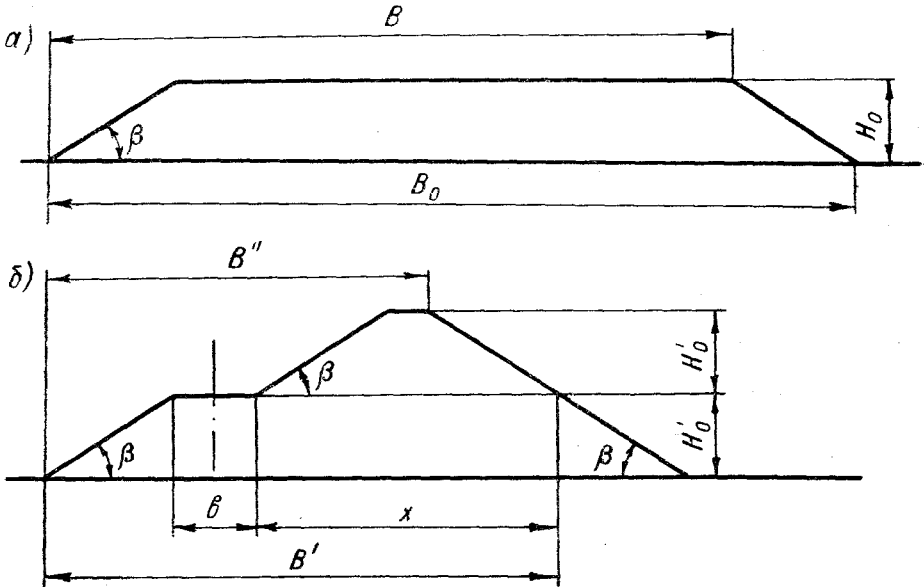
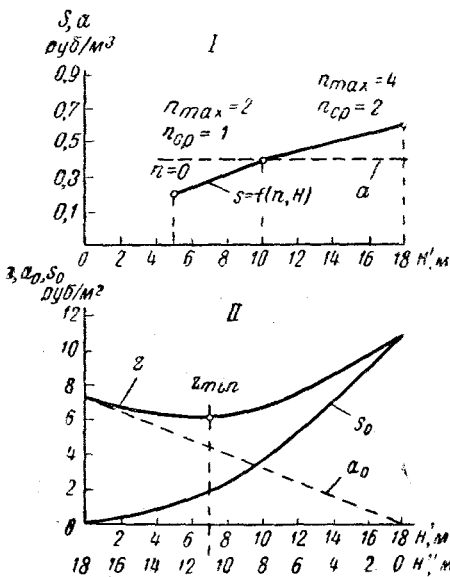


Рис. 2. Схема к определению коэффициента переэкскавации при высоких отвалах. а — обычный отвал; б — высокий отвал.

каваторов при определенных значениях допустимого коэффициента переэкскавации  $n'$  зависят также и от ширины промежуточного отвала  $B'_0$ .

При достаточно сухих устойчивых породах в бортах карьера и отвалах высокие конечные отвалы при малой ширине уменьшают максимальный и средний коэффициенты переэкскавации, что связано с уменьшением ширины конечного отвала,



$$n_{\max} = n_{\max} - f; \quad (8)$$

$$n_{\text{ср}} = \frac{n_{\max} - f}{2}, \quad (9)$$

где  $f$  — коэффициент сокращения переэкскавации при высоких отвалах,

$$f = \frac{x - H'_0 \operatorname{ctg} \beta}{2R_p - \frac{1}{2} B'_0}; \quad (10)$$

Рис. 3. Зависимость затрат на вскрышные работы от высоты уступов при разработке верхнего уступа драглайном ЭШ 4/40 с перевалкой за контур карьера.

I — на  $1 \text{ м}^3$  вскрыши ( $B = 100-130 \text{ м}$ ;  $H = 18 \text{ м}$ ;  $a = 0,4$ ,  $b \approx d = 0,2$ ); II — на  $1 \text{ м}^2$  вскрытой залежи ( $n_{\max} = n' = \frac{a-b}{e} = \frac{0,4-0,2}{0,2} = 1$ ;  $n_{\text{ср}} \approx 0,5$ ); а — при транспортной схеме;  $a_0$  — при транспортной схеме по нижнему уступу;  $s_0$  — при бестранспортной схеме по верхнему уступу; z — при комбинированной схеме (сочетание двух предыдущих вариантов).

где  $x$  — ширина основания по среднему горизонту высокого отвала;

$H'_0$  — высота отвальных уступов;

$\beta$  — угол откоса отвала, град.

Ширина основания по среднему горизонту высокого отвала определяется из условия равенства объема обычного и высокого (рис. 2).

$$x = \frac{B-b}{2},$$

где  $b$  — ширина площадки для установки шагающего экскаватора на отвале, м.

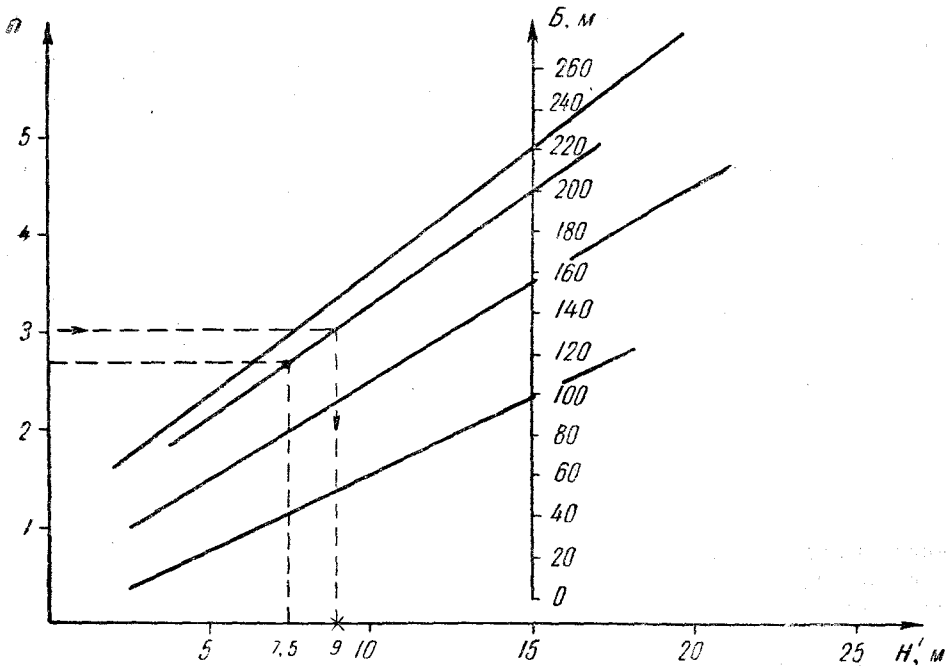


Рис. 4. Номограмма  $H' = \varphi(n' B)$  для определения высоты уступа в зависимости от ширины залежи и максимального коэффициента переэкскавации.

Величина  $x - H'_0 \operatorname{ctg} \beta = B - B'$  свидетельствует о сокращении ширины участка перевалок при высоких отвалах по сравнению с обычными.

При большой мощности покрывающих пород неизбежна выемка двумя и более уступами. Верхний уступ обрабатывается по бестранспортной системе с перевалкой драглайнами за контур карьера, а нижние уступы — другими средствами механизации по транспортной или транспортно-отвальной схеме разработки. Допустимая высота верхнего уступа  $H'$ , т. е. граница применения бестранспортных схем по глубине, зависит от стоимостных показателей разработки на верхнем и нижнем уступах [3].

Покажем на конкретном примере графический способ расчета (рис. 3). Для нескольких значений  $H'$  определяются максимальные и средние коэффициенты переэкскавации. При известных значениях стоимостных показателей  $b$  и  $c$  бестранспортной схемы строится график зависимости себестоимости  $S = b + \nu n_{\text{ср}} 1 \text{ м}^3$  вскрыши на верхнем уступе от его высоты (рис. 3, I).

По минимуму суммарных затрат  $z$ , соответствующих комбинированной схеме, отнесенных к вскрытию  $1 \text{ м}^2$  залежи, находится целесообразная высота верхнего уступа  $H'$  и соответственно  $H''$ , которую необходимо обрабатывать по транспортной схеме (рис. 3, II).

Допустимую высоту верхнего уступа  $H'$  можно определить и по выражению (7), решая квадратное уравнение

где

$$C_1 H^2 + C_2 H + C_3 = 0,$$

$$C_1 = \frac{k \operatorname{ctg} \alpha}{2H_0}; \quad C_2 = \left( \frac{3 \operatorname{ctg} \alpha}{2} + \frac{kB}{2H_0} \right); \quad C_3 = \\ = \left[ \frac{B}{2} - E - (n' + 1) \left( 2R_p - \frac{1}{2} B'_0 \right) \right].$$

При определении  $H'$  можно воспользоваться зависимостью  $B$  от  $n$ , рассчитанной для нескольких значений глубины черпания. Для нахождения любого значения глубины черпания в зависимости от переменных  $B$  и  $n$  построена номограмма рис. 4. Последовательность пользования номограммой показана стрелками. Так, при ширине залежи  $B = 200$  м и допустимом коэффициенте переэкскавации  $n' = 3$  высота верхнего уступа  $H'$ , при которой себестоимость вскрыши не превосходит себестоимости при транспортной схеме, равна 9 м. Эту задачу можно решать, определяя высоту верхнего уступа  $H_{\text{опт}}$ , при которой суммарные затраты на вскрышу по карьеру будут минимальны. Как установлено расчетами, между допустимой и оптимальной высотой верхнего уступа существует зависимость

$$H_{\text{опт}} \approx 0,6 H',$$

поэтому практически границы изменения высоты верхнего уступа должны находиться в пределах  $(0,6 - 1,0) H'$ .

### Выводы

1. Рассмотренные в статье приближенные расчетные способы позволяют быстро и достаточно точно находить основные параметры горных работ при бестранспортных схемах разработки с перевалкой породы за контур карьера.

2. Образование высоких отвалов при устойчивых бортах карьера уменьшает коэффициент переэкскавации и расширяет область применения таких систем разработки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Золотарев Н. Д. Перемещение пустых пород в отвалы при разработке рудных месторождений. Горный журнал, 1948, № 9.
2. Золотарев Н. Д., Сигачев А. Е. Особенности разработки и расчеты элементов карьера при перевалке породы во внешние отвалы. Изв. вузов. Горный журнал, 1959, № 7.
3. Золотарев Н. Д. Разработка горнотехнических мероприятий по обеспечению устойчивости откосов карьеров в условиях Тихвинских месторождений бокситов. Фонды ЛГИ, 1958; 1959.
4. Золотарев Н. Д., Норкин И. М. Разработка рекомендаций по осуществлению карьеров и определению параметров горных работ при шагающих и роторных экскаваторах в условиях Тихвинских месторождений бокситов. Фонды ЛГИ, 1961.