

## СКОРОСТЬ ПОНИЖЕНИЯ ВСКРЫШНЫХ УСТУПОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ ПОЧВОУСТУПНЫМИ КРУТОНАКЛОННЫМИ СЛОЯМИ

Приведена методика определения скорости понижения уступов сложенных вскрышными породами в глубоких карьерах при отработке их крутонаклонными слоями.

Наведена методика визначення швидкості зниження уступів складених розкривними породами в глибоких кар'єрах при відпрацюванні їх крутонахиленими шарами.

The technique of determining the rate of decrease benches folded overburden in deep pits when developing their steeply inclined layers.

**Вступление.** Проблема управления скоростью понижения вскрышных уступов при отработке глубокого карьера связана с несовершенством технологических схем отработки крутых пластов месторождений. Рабочая зона глубокого карьера постоянно углубляется и для поддержания производительности карьера его рабочим бортам придается все большие углы откоса. В связи с этим, как показывает анализ работы глубоких карьеров, перспективным способом отработки вскрышных пород является развитие рабочей зоны крутонаклонными слоями [1].

**Формулирование целей статьи.** Существуют различные методики определения скорости углубки дна карьера. А.И. Арсентьев в своих работах предложил закономерности (методики) определения скорости подвигания рабочей зоны в горизонтальной плоскости по вскрышным породам в зависимости от скорости понижения горных работ [2]. Однако методика определения скорости понижения вскрышных уступов мало развита. Таким образом, имеет место задача обоснования скорости понижения вскрышных уступов для обеспечения карьера подготовленными запасами. Целью работы является разработка и обоснование методики определения предельной скорости понижения вскрышных уступов в глубоких карьерах при отработке почвоуступными крутонаклонными слоями.

**Изложение основного материала исследований.** Основным показателем, который может связать две скорости является время. За время отработки горизонта по дну карьера, необходимо крутонаклонный слой переместить сверху вниз. Карьер должен быть обеспечен подготовленными запасами, чтобы можно было вскрыть новый горизонт по полезному ископаемому, то есть обеспечить вскрытые запасы. При этом подготовить запасы одним крутым слоем невозможно, так как с увеличением глубины карьера высота крутонаклонного слоя также увеличивается, поэтому возникает система почвоуступных крутонаклонных слоев обеспечивающая планомерное понижение вскрышных уступов от поверхности до нижней отметки рабочего борта. Каждый почвоуступный слой имеет свою выемочно-погрузочную, транспортную и вспомогательную технику.

Каждый слой может обрабатываться на одном, двух или трех горизонтах. Чем больше горизонтов вовлеченных в разработку, тем шире крутонаклонный слой. Это обусловлено рабочей площадкой и мероприятиями по безопасному ведению горных работ.

Как указывалось выше основной показатель позволяющий объединить две скорости понижения горных работ в вскрышной рабочей зоне и добычной является время. Время отработки горизонта по полезному ископаемому прямо пропорционально зависит от объемов извлекаемого полезного ископаемого и обратно пропорционален количеству задействованного выемочно-погрузочного оборудования и его производительности. Те же пропорции соблюдаются и при определении времени на выемку вскрышных пород. Время отработки вскрышных пород и время отработки горизонта полезного ископаемого можно выразить через формулы:

$$t_{nu} = \frac{V_{nui}}{n_3^n \cdot Q_3^n}, \text{ч} \qquad t_{вскр} = \frac{\sum V_{ei}}{n_3^e \cdot Q_3^e}, \text{ч} \quad (1)$$

где  $V_{nui}$  – объем полезного ископаемого на  $i$ -м горизонте,  $\text{м}^3$ ;  $n_3^n$  – количество экскаваторов задействованных на выемке полезного ископаемого на  $i$ -м горизонте, ед.;  $Q_3^n$ ,  $Q_3^e$  – производительность экскаватора (ов) задействованных соответственно на добычных и вскрышных работах,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $\sum V_{ei}$  – объем вскрышных пород извлекаемых из системы почвоуступных крутонаклонных слоев для обеспечения карьера подготовленными запасами,  $\text{м}^3$ ;  $n_3^e$  – количество экскаваторов задействованных на выемке вскрышных пород, ед.;

Приравнивая эти два выражения можно определить количество экскаваторов необходимых для отработки вскрышных уступов

$$\frac{\sum V_{ei}}{n_3^e \cdot Q_3^e} = \frac{V_{nui}}{n_3^n \cdot Q_3^n} \quad (2)$$

$$n_3^e = \frac{\sum V_{ei} \cdot n_3^n \cdot Q_3^n}{V_{nui} \cdot Q_3^e}, \text{ед.} \quad (3)$$

Формула (3) позволяет при заданном объеме извлекаемого полезного ископаемого после графического и аналитического способа определения объема вскрышных пород при имеющемся количестве экскаваторов задействованных на добычных работах с учетом производительности выемочно-погрузочной техники определить количество крутонаклонных слоев (количество экскаваторов на вскрыше).

На основании формулы (3) имеется возможность предварительного определения скорости понижения почвоуступного крутонаклонного слоя по известной формуле:

$$v_e = \frac{n_3^e \cdot Q_3^e}{L_{ei} \cdot \Pi_{pn}}, \text{м/ГОД} \quad (4)$$

где  $L_{ei}$  – средняя длина фронта горных работ на вскрышных уступах, м;  $Ш_{pn}$  – ширина рабочей площадки (ширина почвоуступного крутонаклонного слоя), м.

Если учитывать разнос торцевых бортов, то на скорость понижения вскрышных слоев будут влиять работы связанные с разномом торцевых частей бортов карьера и тогда формула (4) примет вид

$$v_e = \frac{1}{2} \left( \frac{n_3^e \cdot Q_3^e}{L_{ei} \cdot Ш_{pn}} + \frac{n_3^e \cdot Q_3^e}{T \cdot (m + H_m \cdot ctg\beta) K_{mp}} \right), \text{ м/год} \quad (5)$$

где  $T$  – ширина транспортной бермы, м;  $m$  – горизонтальная мощность залежи, м;  $H_m$  – текущая глубина карьера, м;  $\beta$  – средний угол откосов бортов карьера, град.;  $K_{mp}$  – коэффициент учитывающий строительство капитальных съездов.

В качестве альтернативного, предлагается также еще один вариант определения скорости понижения вскрышных почвоуступных крутонаклонных слоев по среднему значению. Учитывая то, что каждый горизонт имеет свою длину и относительно одинаковую ширину (рис.1, а), а также однотипность применяемого оборудования, объем работ (м<sup>3</sup>) на каждом участке по высоте должен быть одинаковым, т.е

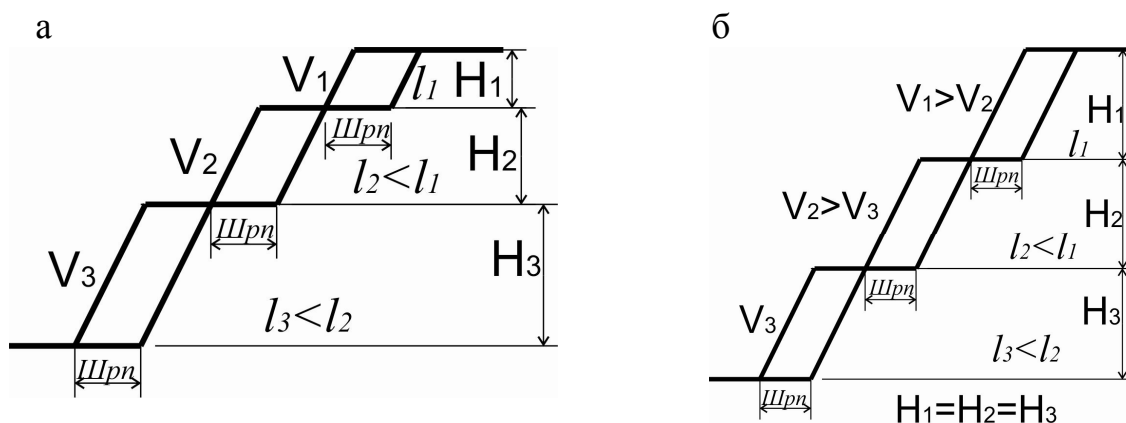


Рис. 1. Схема к определению объемов вскрышных пород в почвоуступных крутонаклонных слоях: а – при разной высоте по участкам ( $V_1=V_2=V_3$ ); б – при одинаковой высоте по участкам ( $H_1=H_2=H_3$ ).

Можно определить высоту каждого участка отдельно с учетом объема работ и длины рабочей зоны на горизонте (рис.1, а). Используя формулу времени отработки участка получаем:

$$t_1 = \frac{l_1 \cdot Ш_{pn} \cdot H_1}{Q_3^e}, \text{ см}; \quad t_2 = \frac{l_2 \cdot Ш_{pn} \cdot H_2}{Q_3^e}, \text{ см}; \quad \dots \quad t_n = \frac{l_n \cdot Ш_{pn} \cdot H_n}{Q_3^e}, \text{ см} \quad (6)$$

где  $l_1$  – длина вскрышного фронта уступа на соответствующем горизонте, м;  $H_1$  – высота участка разрабатываемого почвоуступным крутонаклонным слоем, м.

Если учитывать что  $t_1=t_2=\dots=t_n$ , то

$$\frac{l_1 \cdot Ш_{pn} \cdot H_1}{Q_3^g} = \frac{l_2 \cdot Ш_{pn} \cdot H_2}{Q_3^g} \quad (7)$$

После сокращений  $l_1 \cdot H_1 = l_2 \cdot H_2$  и высота последующего участка будет составлять

$$H_2 = \frac{l_1 \cdot H_1}{l_2} \text{ или } H_n = \frac{l_{n-1} \cdot H_{n-1}}{l_n} \quad (8)$$

Для формулы (8) условно принята длина карьера по поверхности 2000 м. С увеличением глубины длина фронта работ по вскрышным уступам будет уменьшаться, как показано на рис.2, а высота участка увеличиваться (при равных объемах выемки вскрышных пород).

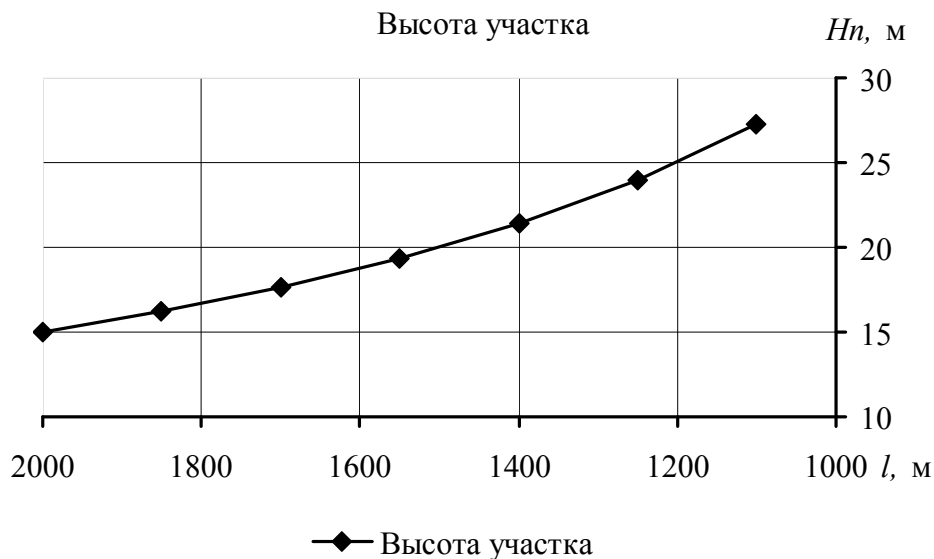


Рис. 2. График изменения высоты участка ( $H_n$ ) от длины вскрышного уступа ( $l$ ) при увеличении глубины карьера от поверхности до нижних горизонтов

Соответственно скорость понижения почвоуступных слоев будет разной

$$v_{e1} = \frac{Q_3^g}{l_1 \cdot Ш_{pn}}, \text{ м/год}; v_{e2} = \frac{Q_3^g}{l_2 \cdot Ш_{pn}}, \text{ м/год}; \dots v_{en} = \frac{Q_3^g}{l_n \cdot Ш_{pn}}, \text{ м/год}. \quad (9)$$

где  $n$  – количество обрабатываемых этапов (слоев) сформированных в горизонтальной плоскости, ед.

Для того чтобы определить среднее значение скорости углубки по системе почвоуступных крутонаклонных слоев используется формула определения среднего значения

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_{e1} + v_{e2} + \dots + v_{en}}{n}, \text{ м/год} \quad (10)$$

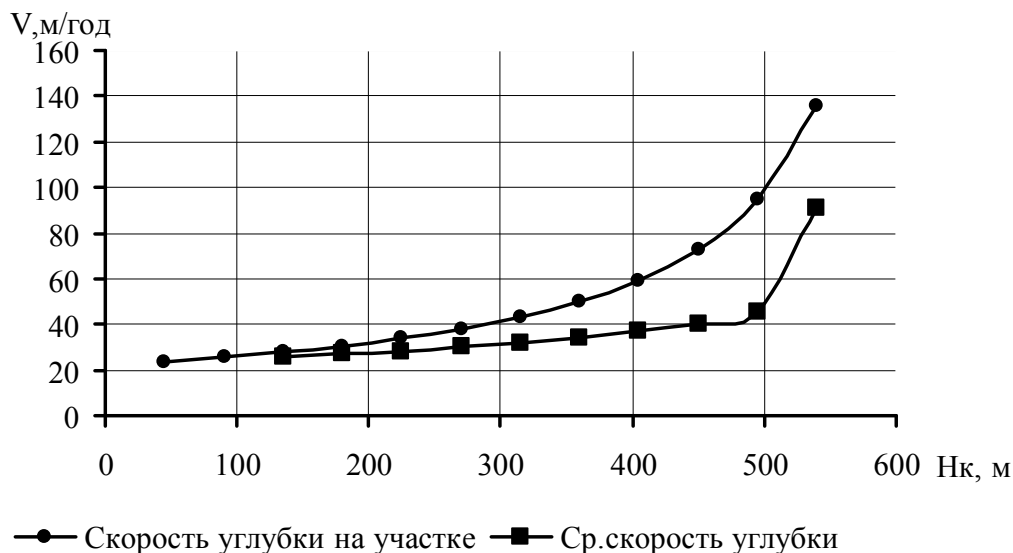


Рис. 3. График зависимости скорости понижения горных работ на вскрышных уступах при изменяющейся высоте участков по глубине

Высота каждого участка может быть одинаковой (рис. 1, б) только в том случае, если на верхних горизонтах участках будет задействовано большее количество выемочно-погрузочного оборудования. Это связано с тем, что верхние горизонты являются длиннее по сравнению с нижними и соответственно объемы, обрабатываемые на верхних участках превышают извлекаемые на нижних.

**Выводы.** Объемы вскрышных пород и высота обрабатываемых участков при обработке почвоуступными крутонаклонными слоями влияют на скорость понижения вскрышных уступов. Количество экскаваторов задействованных на выемке вскрышных пород прямо пропорционально зависит от скорости обработки полезного ископаемого и количества вскрышных пород извлекаемых для подготовки запасов к выемке и обратно пропорционально зависит от количества полезного ископаемого и производительности экскаваторов задействованных на выемке вскрышных пород.

#### Список литературы

1. Дриженко, А.Ю. Этапная обработка вскрышных пород железорудных карьеров крутонаклонными выемочными слоями /А.Ю.Дриженко // Горный журнал. – Москва, 2011, №2. - С. 25-28.
2. Арсентьев, А.И. Интенсификация горных работ в карьерах // А.И. Арсентьев, А.А. Ещенко, Б.К. Оводенко, Р.С. Пермяков / М., Изд-во «Недра», 1965. – 278 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Симоненком В.І.  
Надійшла до редакції 27.11.2014*