

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2425219

СПОСОБ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2009146668

Приоритет изобретения 15 декабря 2009 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 июля 2011 г.

Срок действия патента истекает 15 декабря 2029 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам



Б.П. Симонов



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК

E21C41/26 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2009146668/03**,
15.12.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия
патента: **15.12.2009**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **15.12.2009**

(45) Опубликовано: **27.07.2011**

(56) Список документов, цитированных в
отчете о поиске: **RU 2294434 C1**,
27.02.2007. SU 1836561 A3, 23.08.1993. RU
2046950 C1, 27.10.1995. RU 2256795 C1,
20.07.2005.

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21
линия, 2, СПГГИ (ТУ), отдел
интеллектуальной собственности и
трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Семенов Александр Сергеевич (RU),
Фауль Альберт Альбертович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего
профессионального образования
"Санкт-Петербургский государственный
горный институт имени Г.В. Плеханова
(технический университет)" (RU)

(54) СПОСОБ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к горной промышленности и может быть использовано для отстройки рабочего борта карьера. Техническим результатом является сокращение объема работ по удалению вскрышных пород и обеспечение максимальной производительности карьера. Способ включает отстройку рабочего борта, буровзрывную подготовку пород к выемке, экскавацию и транспортировку породы. Формируют рабочий борт карьера вогнуто-выпуклой формы при вскрытии и подготовке горизонта с углубкой. При этом скорость продвижения фронта работ на уступах формирует рабочие площадки вышележащих добычных уступов шириной больше, чем смежных нижележащих, а рабочие площадки нижележащих вскрышных уступов формируют шириной больше, чем смежных вышележащих рабочих площадок. 2 табл., 2 ил.

Изобретение относится к горной промышленности и может быть использовано для отстройки рабочего борта карьера.

Известен способ открытой разработки полезных ископаемых (заявка РФ № 2005135900/03, МПК E21C 41/00), включающий отстройку рабочего борта с созданием съездов для транспортирования вскрышных пород в отвалы, повышение глубины карьера, снижение перебура скважин и повышение безопасности работ. Недостатками известного способа являются необходимость создания съездов для транспортирования вскрышных пород в отвалы, размещенные вблизи карьера в зоне второго и последующего этапов разработки месторождения, а также сооружения наклонных подъемников для транспортирования горной массы с нижних горизонтов при углублении работ, что ведет к увеличению коэффициента вскрыши.

Известен способ открытой разработки полезных ископаемых (заявка РФ № 2003135554/03, МПК E21C 41/26), включающий отстройку и разнос в центре разреза колодцеобразной выработки с вертикальными

уступами с малыми параметрами для отработки крутонаклонных слоев очередного этапа после изменения порядка разработки вскрышных и рудных зон.

Недостатком известного способа является отстройка колодецеобразной выработки перед отработкой слоя, что увеличивает время углубки и отработки горизонта.

Известен способ открытой разработки полезных ископаемых (патент РФ № 2294434, МПК E21C 41/26, 27.09.2005), принимаемый за прототип, где повышается эффективность отработки месторождения за счет сокращения объемов вскрышных пород в контуре глубоких, ограниченных в плане карьеров при сохранении полноты выемки.

Способ включает на первом этапе отстройку бортов карьера с углом наклона ниже предельно допустимого по устойчивости, буровзрывную подготовку пород к выемке, транспортировку руды и вскрышных пород по капитальному транспортному съезду колесным транспортом, на втором этапе формирование площадки перегрузочного пункта и доработку до проектной глубины с отстройкой бортов с углами наклона, предельно допустимыми по устойчивости. При этом от площадки перегрузочного пункта перенарезают капитальный съезд, увеличивая его продольный уклон, обрабатывают рудные целики, оставленные на первом этапе, борт карьера отстраивают сверхвысокими уступами, нижний уступ отстраивают по контакту рудного тела, в части карьера сооружают временный съезд, транспортируют руду и вскрышные породы до площадки перегрузочного пункта гусеничным транспортом, а для доработки до проектной глубины отсыпают капитальный съезд и дорабатывают рудные целики под временным съездом.

Недостатком известного способа является формирование между смежными горизонтами рабочих площадок минимальной ширины, что позволяет достичь угла наклона борта в этой зоне не более 50-55° при максимально возможном значении 75-80°. Формирование параллельных транспортных берм первого и второго этапа с общими площадками примыкания будет явно приводить к занижению уклона транспортных съездов на втором этапе, т.е. к перепробегу транспорта, что не позволяет максимально полно использовать геометрическое пространство и снижает объем добычи руды или при полной доработке руды приводит к увеличению объема вскрыши первого этапа отработки. Все это снижает эффективность отработки месторождения.

Техническим результатом является сокращение объема работ по удалению вскрышных пород и обеспечивается максимальная производительность карьера.

Технический результат достигается тем, в способе открытой разработки полезных ископаемых, включающем отстройку рабочего борта, буровзрывную подготовку пород к выемке, экскавацию и транспортировку породы, формируют рабочий борт карьера вогнуто-выпуклой формы при вскрытии и подготовке горизонта с углубкой, при этом скорость продвижения фронта работ на уступах формирует рабочие площадки вышележащих добычных уступов шириной больше, чем смежных нижележащих, а рабочие площадки нижележащих вскрышных уступов формируют шириной больше, чем смежных вышележащих рабочих площадок.

Способ отстройки рабочего борта карьера осуществляют следующим образом.

В соответствии с классификацией запасов по степени подготовленности (А.И.Арсентьев. Законы формирования рабочей зоны карьера // ЛГИ. - 1986), готовые к выемке запасы (опережение уступов - для вскрыши (В.С.Хохряков. Проектирование карьеров // М.: НЕДРА - 1980)) находятся в резервной полосе рабочих площадок, вне минимальной их ширины. Поэтому ширина резервной полосы является важным фактором при классифицировании запасов горной массы на карьерах по подготовленности.

Регулирование объемами готовых к выемке запасов на уступах, величиной резервной полосы рабочих площадок позволяет осуществить оптимальное формирование рабочей зоны карьера, соответствующее установленной производительности карьера и эксплуатационного коэффициента вскрыши.

Например, рассмотрим рабочий борт карьера, сложенный 14 уступами. Высота уступов, принятая на карьере, $h=15$ м, необходимая скорость углубки $h_r=15$ м/год, минимальная ширина рабочей площадки $V_m=45$ м, средняя по карьере эксплуатационная годовая производительность экскаваторов $Q_s=830000$ м³/год, угол направления углубки $\beta =23^\circ$.

Для определения V_i - средней величины ширины рабочей площадки на уступе - необходимо определить на совмещенном плане горных работ площадь рабочей площадки S_i и длину фронта работ на уступе L_i . Нормативное подвигание нижнего уступа (по формуле 1) для рассматриваемого карьера $U_n=65,70$ м/год.

$$U_n = h_T (\operatorname{ctg} \varphi_{\max} \pm \operatorname{ctg} \beta) \quad (1)$$

Результаты расчетов нормативного подвигания уступов при условии поддержания минимальной ширины рабочих площадок и минимально необходимого количества экскаваторов на рассматриваемом карьере представлены в табл.1. Как показывают данные табл.1, необходимое количество экскаваторов, работающих на уступе, является дробным числом, поэтому для обеспечения равномерного подвигания всех уступов необходимо перемещать экскаваторы с уступа на уступ или иметь их резерв.

С использованием установленного выше нормативного подвигания рабочей зоны карьера можно получить величины подвигания фронта работ на рабочих уступах и минимально необходимого количества экскаваторов на момент окончания подготовки любого горизонта. При открытой разработке месторождений следует обеспечивать не только нормативное, но и подвигание рабочей зоны карьера, соответствующее установленной производительности карьера по горной массе и спросу на руду данного карьера.

Установленная производительность, отвечающая периодам относительной стабилизации спроса на сырье данного карьера, на момент окончания подготовки любого заданного горизонта, как по полезному ископаемому (P), так и по вскрыше (V)

$$P = V^{\kappa}_P + \Delta P', \text{ м}^3 \quad (2)$$

$$V = V^{\kappa}_B + \Delta V', \text{ м}^3 \quad (3)$$

где $\Delta P'$ - разность в добываемых объемах полезного ископаемого при установленной производительности карьера по полезному ископаемому и производительности при нормативном подвигании рабочих уступов, м^3 ;

$\Delta V'$ - разность в извлекаемых объемах вскрыши при установленной производительности карьера по вскрыше и производительности для нормативного подвигания уступов, м^3 .

Отметка уступа	$L_i, \text{ м}$	$S_i, \text{ м}$	$B_i, \text{ м}$	$\sum_n^i B_{mi}$	$\sum_n^i B_i$	$l_i, \text{ м}$	$n_i, \text{ экскаватор.}$
175	1320	71808	54,4	585	696,3	-45,6	0
160	1450	75835	52,3	540	641,9	-36,2	0
145	1380	76866	55,7	495	589,6	-28,9	0
130	1260	71568	56,8	450	533,9	-18,2	0
115	1180	63956	54,2	405	477,1	-6,4	0
100	1160	61944	53,4	360	422,9	2,8	0,05
85	1020	53346	52,3	315	369,5	11,2	0,2
70	980	50372	51,4	270	317,2	18,5	0,33
55	930	48546	52,2	225	265,6	25,1	0,42
40	850	45985	54,1	180	213,4	32,3	0,5
25	730	40588	55,6	135	159,3	41,4	0,55
10	690	36156	52,4	90	103,7	52	0,65
-5	610	31293	51,3	45	51,3	59,4	0,66
-20	520	-	-	-	-	65,7	0,62
Итого	140080	728263	51,72	-	-	15,64	3,98

Разность в добываемых объемах полезного ископаемого в карьере при установленной производительности по полезному ископаемому и для производительности при нормативном подвигании уступов

$$\Delta P' = h \sum_n^i \Delta S'_{pi} = h \sum_n^i \Delta B'_{pi} L_{pi}, \text{ м}^3 \quad (4)$$

где $\Delta B'_{pi}$ - разность в подвигании рабочих площадок добычных уступов, м;

L_{pi} - длина фронта работ по полезному ископаемому на i -м уступе, м.

Разность в извлекаемых объемах вскрыши в карьере при установленной производительности по вскрыше и для производительности по вскрыше при нормативном подвигании уступов

$$\Delta V' = h \sum_n^i \Delta S'_{vi} = h \sum_n^i \Delta B'_{vi} L_{vi}, \text{ м}^3 \quad (5)$$

где $\Delta B'_{vi}$ - разность в подвигании рабочих площадок вскрышных, м;

L_{vi} - длина фронта работ по вскрыше на i -м уступе, м.

В результате подвигания рабочих уступов на величину, большую, чем при нормативном подвигании, на рабочих уступах сформировались площадки больше минимальных, т.е. имеется резервная полоса рабочих площадок, характеризующая наличие объемов готовых к выемке запасов на уступах.

Для карьера в целом объем полезного ископаемого в резервных полосах рабочих площадок - готовые к выемке запасы, на момент окончания подготовки данного горизонта

$$\Delta P = \sum_n^i \Delta P_i = Q_{эп} \sum_n^i T_{pi} \cdot n_{pi}, \text{ м}^3 \quad (6)$$

где n_{pi} - количество добычных экскаваторов на i -м уступе.

Резерв работы карьера по полезному ископаемому на момент окончания подготовки данного горизонта

$$T_p = \sum_n^i T_{pi} = \sum_n^i \frac{\Delta B_{pi} L_{pi} h}{Q_{эп} n_{pi}}, \text{ мес.} \quad (7)$$

Объем вскрыши в резервной полосе рабочей площадки i -го вскрышного уступа - опережение вскрыши

$$\Delta V_i = \Delta B_{vi} L_{vi} h = \frac{T_{vi} Q_{эв} L_{vi}}{L_{вб}}, \text{ м}^3 \quad (8)$$

где T_{vi} - резерв работы i -го вскрышного уступа, мес;

$L_{вб}$ - длина блока вскрышного экскаватора, м;

$Q_{эв}$ - производительность вскрышного экскаватора, м³/мес;

ΔB_{vi} - ширина резервной полосы i -го вскрышного уступа, м.

Для карьера в целом, объем вскрыши в резервных полосах рабочих площадок - опережение вскрыши, на момент окончания подготовки данного горизонта

$$\Delta V = \sum_n^i \Delta V_i = Q_{эв} \sum_n^i T_{vi} \cdot n_{vi}, \text{ м}^3 \quad (9)$$

где n_{vi} - количество вскрышных экскаваторов на i -м уступе.

Резерв работы карьера по вскрыше на момент окончания подготовки данного горизонта

$$T_b = \sum_n^i T_{bi} = \sum_n^i \frac{\Delta B_{bi} L_{bi} h}{Q_{эв} n_{bi}}, \text{ мес.} \quad (10)$$

Таким образом величина резерва по полезному ископаемому и вскрыше не зависит от длины фронта работ на уступах, длин экскаваторных блоков и при соответствии максимальной длины фронта работ и максимального числа экскаваторов, если соблюдается прямая пропорциональность (n_{pi} и n_{bi} - целые числа)

$$n_i = \frac{L_i}{L_b}$$

Распределение величин $\Delta V'$ и $\Delta P'$ на уступах по высоте рабочего борта определяет уровень надежности работы горнотехнической системы-карьер.

Как было установлено выше, при максимально возможной в данных условиях величине объемов готовых к выемке запасов на верхних добычных уступах и опережения вскрыши на нижних вскрышных надежность работы горнотехнической системы-карьер будет близка к максимальной.

Законы формирования карьерного пространства таковы, что длина фронта работ вышележащих уступов больше, чем нижележащих, и это позволяет заменить распределение величин $\Delta V'$ и $\Delta P'$ распределением величин $\Delta V'_{pi}$ и $\Delta V'_{bi}$.

В общем случае, для добычных уступов необходимо обеспечить

подвигание фронта работ, при котором выполняется условие

$$\Delta P_{(i-1)} > \Delta P_i > \Delta P_{(i+1)}$$

$$\text{или } \Delta B_{p(i+1)} L_{p(i+1)} h < \Delta B_{pi} L_{pi} h < \Delta B_{p(i-1)} L_{p(i-1)} h. \quad (11)$$

Для вскрышных уступов в этом случае должно выполняться следующее условие

$$\Delta V_{(i-1)} > \Delta V_i > \Delta V_{(i+1)}$$

$$\text{или } \Delta B_{v(i+1)} L_{v(i+1)} h > \Delta B_{vi} L_{vi} h > \Delta B_{v(i-1)} L_{v(i-1)} h. \quad (12)$$

Общим для всех рабочих уступов карьера является условие

$$V_i > V_{\min}$$

В результате извлечения объема $\Delta V'$ и добычи объема $\Delta P'$ рабочий борт карьера займет положение, соответствующее установленной производительности карьера, на момент окончания подготовки $(n+1)$ -го горизонта, а рабочие площадки на уступах сформируются в положение, отличное от нормативного.

Таким образом, ширина резервной полосы рабочей площадки на данном горизонте формируется при извлечении объемов горной массы как на данном горизонте, так и на вышележащем. Ширина рабочих площадок на добычных уступах

$$\begin{aligned} V_{pi} &= V_m - \Delta V'_{pi} + \Delta V'_{p(i-1)}, \\ V_{p(i+1)} &= V_m - \Delta V'_{p(i+1)} + \Delta V'_{pi}. \end{aligned} \quad (13)$$

При установлении ширины рабочих площадок вскрышных и добычных уступов должны выполняться условия

$$\begin{aligned} \Delta B'_{p(i-1)} &> \Delta B'_{pi} > \Delta B'_{p(i+1)} > \Delta B'_{pn}, \\ \Delta B'_{v(i-1)} &> \Delta B'_{vi} > \Delta B'_{v(i+1)} > \Delta B'_{vn}, \\ \Delta B'_{p1} &> \Delta B'_{vn}. \end{aligned} \quad (14)$$

где $\Delta B'_{pi}$ - разность в подвигании рабочих площадок для верхнего добычного уступа, м;

$\Delta B'_{vn}$ - разность в подвигании рабочих площадок для нижнего вскрышного уступа, м.

Распределение величин готовых к выемке запасов и опережения вскрыши, на момент окончания подготовки ряда или всех горизонтов, обеспечивающее высокий уровень надежности горнотехнической системы-карьер, позволяет осуществлять оптимальное планирование развития горных работ. Результаты расчетов величин готовых к выемке запасов и опережения вскрыши, для железорудного карьера, разрабатывающего крутопадающую залежь сложного строения, за десятилетний период отработки, представлены на фиг.1 (табл.2) (1 - объем готовых к выемке запасов, тыс. м³; 2 - горизонт выемки; 3 - горизонт подготовки; 4 - горизонт 40; 5 - горизонт 25; 6 - горизонт 10).

Таблица 2

Результаты расчетов величин готовых к выемке запасов (ΔP) и опережения вскрыши (ΔV) для железорудного карьера, за десятилетний период отработки, тыс. м³.

Горизонт подготовки	Горизонты выемки																												
	190		175		160		145		130		115		100		85		70		55		40		25		10		-5		
	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	ΔP	ΔV	
100	630	450			430			270		185			165																
85	605		623	465			380		305			245		165															
70		585		590		600	440		385			300		210		175													
55			550		565		580		590	430		390		290		215		165											
40				515		530		575		590	450		390		290		215		165										
25					520		550		580		600	445		380		270		180		160									
10						530		565		580		600	475		330		260		210		195								
-5											450		575		590	445	300		285		270		195						
-20												430		565		385	395		370		330		280				180		

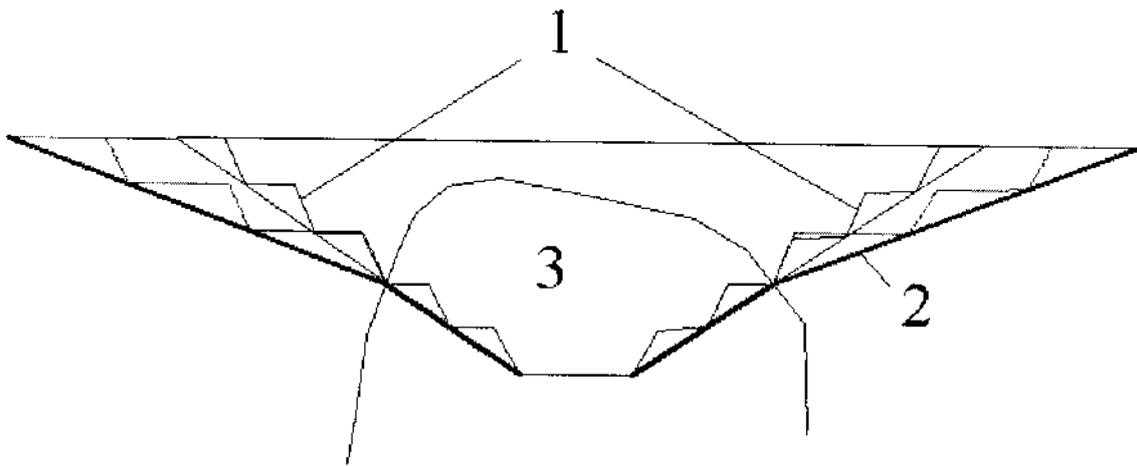
Распределение по уступам величины сокращения подвигания рабочих площадок связано с вопросом поддержания оптимальной величины резервной полосы рабочих площадок. Если распространить сокращение подвигания рабочих площадок в зоне резерва на вскрышные уступы, то при увеличении $\Delta B'$ на верхнем добычном уступе можно увеличить эту величину на вскрышных уступах и тем самым отнести извлечение соответствующих объемов вскрыши на более поздний срок.

Повышение надежности работы горнотехнической системы-карьер может быть достигнуто в том случае, когда объем готовых к выемке запасов вышележащего добычного уступа больше, чем нижележащего; для вскрышных уступов - опережение вскрыши (аналог объемов готовых к выемке запасов для вскрышных уступов) вышележащего уступа должно быть меньше, чем нижележащего. Таким образом, рабочий борт карьера в разрезе должен принять вогнутую форму во вскрышной части и выпуклую - в добычной.

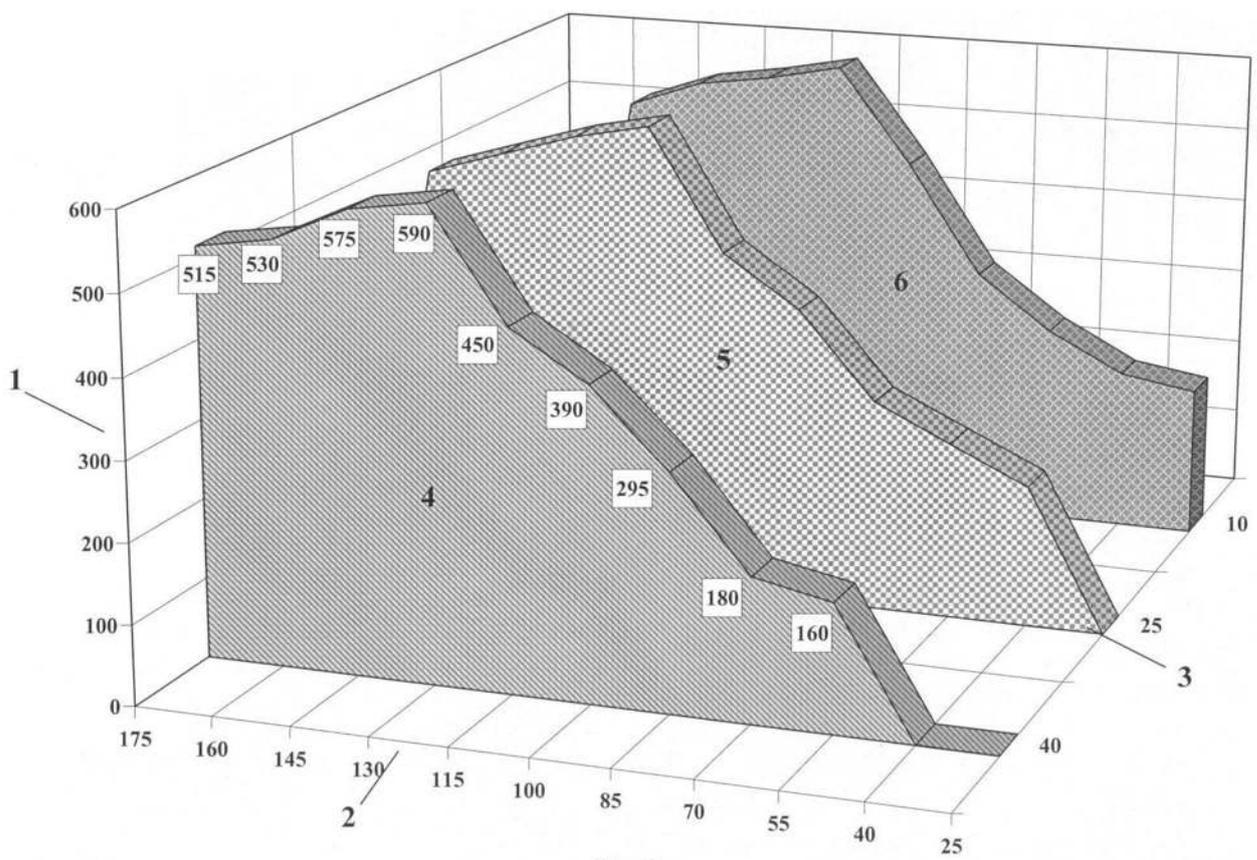
На промежуточном плане железорудного карьера (фиг.2) представлено проектное положение рабочего борта и оптимальное положение уступов (пунктирная линия), характеризуемое повышением надежности работы горнотехнической системы-карьер с 0,48 до 0,63.

Формула изобретения

Способ открытой разработки полезных ископаемых, включающий отстройку рабочего борта, буровзрывную подготовку пород к выемке, экскавацию и транспортировку породы, отличающийся тем, что формируют рабочий борт карьера вогнуто-выпуклой формы при вскрытии и подготовке горизонта с углубкой, при этом скорость продвижения фронта работ на уступах формирует рабочие площадки вышележащих добычных уступов шириной больше, чем смежных нижележащих, а рабочие площадки нижележащих вскрышных уступов формируют шириной больше, чем смежных вышележащих рабочих площадок.



Фиг.1



Фиг.2