

Г.А.ХОЛОДНЯКОВ, д-р техн. наук, профессор, +7(812)-921-747-53-56

М.М.ЯКУБОВСКИЙ, аспирант, matvey-85@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

G.A.KHOLODNIAKOV, Dr. in. eng. sc., professor, +7(812)-921-747-53-56

M.M.YAKUBOVSKIY, post-graduate student, matvey-85@mail.ru

Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНУТРИКАРЬЕРНЫХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПУНКТОВ НА СКОРОСТЬ ПОНИЖЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

В статье рассмотрено влияние перегрузки горной массы на внутрикарьерных экскаваторных складах на интенсивность развития горных работ. Предложена схема перегрузки руды с чередованием концентрационного горизонта на смежных уступах, позволяющая ограничить глубину распространения временно нерабочего целика в рабочую зону.

Ключевые слова: концентрационный горизонт, временно нерабочий целик, интенсивность разработки месторождения.

RESEARCH OF OPENCAST RELOADING POINT'S INFLUENCE ON BENCH TURNOVER RATE

In article it is considered influence of reloading points on bench turnover rate. The scheme of ore reloading with alternation of concentration horizon on the adjacent ledges is offered. It allows limit depth of distribution temporarily non-working rock pillar to work space.

Key words: haulage level, temporarily non-working rock pillar, intensity of exploitation.

В качестве внутрикарьерных перегрузочных пунктов при циклическом комбинированном транспорте применяются, главным образом, экскаваторные склады бортового типа, представляющие собой призму отсыпаемого материала под откос уступа [2]. Создание таких складов наиболее просто, поскольку они не требуют устройства приямков, либо отсыпки первоначальной насыпи, функции которой выполняет уступ, и могут быть сооружены в короткие сроки. Однако их значительные размеры требуют наличия рабочих площадок в карьере шириной не менее 100-150 м. При этом количество перегрузочных пунктов в пределах карьерного поля может колебаться от 1-2 до 6-8, а размещаются они, как правило, на рабочем борту карьера. Продолжительность существования такого пункта перегрузки на одном месте составляет от одного до трех лет [3].

Полустационарный характер внутрикарьерных перегрузочных пунктов затрудняет выполнение требования соразмерного ведения горных работ на смежных горизонтах с определенной скоростью в заданном направлении [1]:

$$v_m \geq v_{m+1} - \frac{1}{T}(B_p - B_{\min}), \quad (1)$$

где v_m – горизонтальная скорость подвигания уступа на горизонте m , м/год; v_{m+1} – горизонтальная скорость подвигания уступа на горизонте $m + 1$, м/год; B_p – фактическая ширина рабочей площадки на горизонте m , м; $B_{\min}$ – минимальная возможная ширина рабочей площадки, м; T – рассматриваемый период времени, лет.

Существуют два варианта решения этой проблемы. Первый вариант представляет

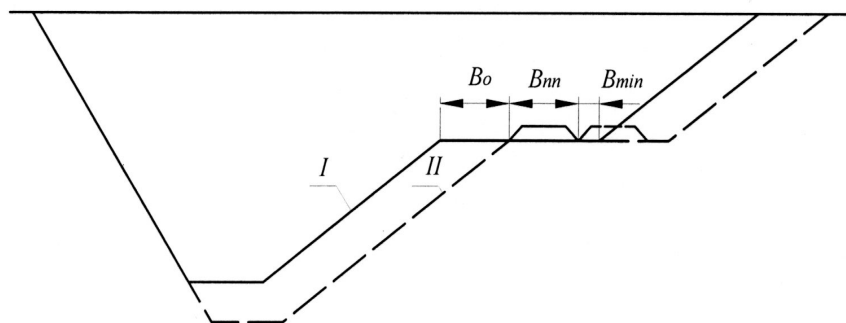


Рис.1. Положение рабочего борта карьера с перегрузочным пунктом:
I, II – этапы подвигания рабочего борта карьера

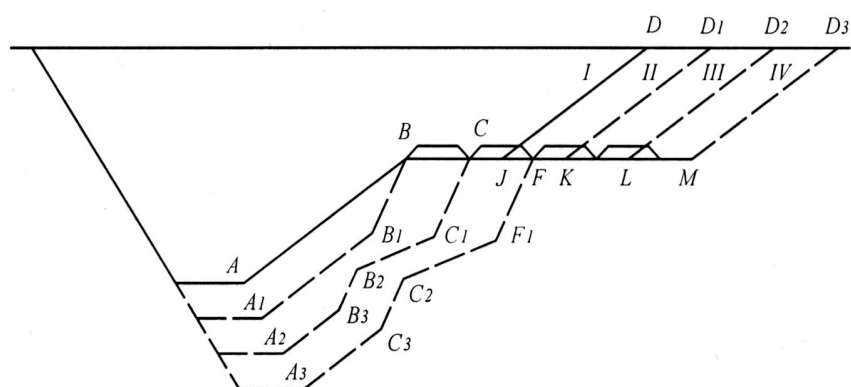


Рис. 2. Положение рабочего борта карьера с образованием
под перегрузочным пунктом целиков

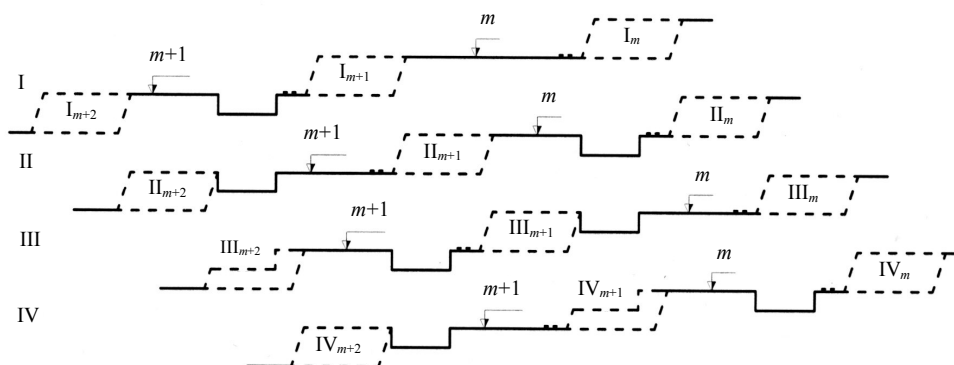


Рис.3. Схема подвигания борта карьера на участке расположения внутрикарьер-
ного перегрузочного пункта с приемной траншеей

собой создание площадок опережения горных работ на участках размещения складов, необходимых для компенсации несоответствия между непрерывным подвиганием рабочего борта и циклическим перемещением перегрузочного пункта. Во втором случае под перегрузочным пунктом формируется временный целик с его последующим разнесом.

На рис.1 приведена принципиальная схема эксплуатации перегрузочного пункта на рабочем борту карьера с созданием соответствующей площадки для размещения склада горной массы, а также площадки опережения горных работ.

Сплошная линия характеризует положение горных работ на начало эксплуатации перегрузочного пункта (этап I). Ширина площадки на концентрационном горизонте определяется по формуле:

$$B_{pl} = B_o + B_{pp} + B_{min}, \quad (2)$$

где B_o – ширина площадки опережения горных работ, м; B_{pp} – ширина площадки для размещения перегрузочного пункта, м.

Ширина площадки опережения горных работ определяется требуемым временем существования перегрузочного пункта на одном месте:

$$B_o = v_p t_{pp}, \quad (3)$$

где v_p – средняя скорость подвигания рабочего борта карьера, обеспечивающая достижение принятой скорости понижения горных работ, м/год; t_{pp} – время существования перегрузочного пункта на одном месте, лет.

Организация перегрузочного пункта на рабочем борту карьера с площадкой опережения горных работ требует извлечения дополнительного объема горной массы:

$$V_{dop} = (B_o + B_{pp} - B_g) L_{pp} H_{pp}, \quad (4)$$

где B_g – ширина полосы готовых к выемке запасов, м; L_{pp} – длина площадки перегрузочного пункта с учетом расположения транспортных коммуникаций, м; H_{pp} – высота борта карьера от концентрационного горизонта до поверхности, м.

Так, при размещении перегрузочного пункта на глубине 100 м от поверхности, при ширине и длине склада соответственно 50 м и 150 м объем дополнительно извлекаемой горной массы составит более 1,3 млн. м³.

Вариант с организацией под перегрузочным пунктом временного целика рассмотрен на рис.2. Здесь приведены последовательные положения рабочего борта карьера на начало четырех временных этапов (I–IV), соответствующих подвиганию рабочего борта на ширину площадки концентрационного горизонта.

Этап I (линия ABCJD) характеризует горные работы к началу эксплуатации склада, при этом ширина площадки концентрационного горизонта:

$$B'_{pl} = B_{pp} + B_{min}. \quad (5)$$

Дополнительный объем горной массы, удаляемый из карьера с целью организации площадки заданной ширины, рассчитывается из выражения:

$$V_{dop} = (B_{pp} - B_g) L_{pp} H_{pp}. \quad (6)$$

По сравнению с первым вариантом, объем дополнительно извлекаемой горной массы уменьшается более чем в два раза. Однако после ввода перегрузочного пункта в эксплуатацию под ним начинает формироваться временно нерабочий целик.

По истечении времени t_{pp} перегрузочный пункт и борт карьера перемещаются в положение II (линия A₁B₁BKD₁). После этого появляется возможность разнеса образованного целика. На этапах III (линия A₂B₃B₂C₁CLD₂) и IV (линия A₃C₃C₂F₁FMD₃) происходит увеличение высоты целика и его деление на два участка (участки B₃B₂ и C₁C на этапе III, участки C₃C₂ и F₁F на этапе IV). Таким образом, целик становится практически неуправляемым и «сползает» в рудную зону, что приводит к снижению интенсивности разработки месторождения и, как следствие, падению производительности карьера.

Однако глубина распространения целика может быть ограничена. Это возможно в случае, если время его разнеса (t_r) будет равно времени существования перегрузочного пунк-

та на одном месте (t_{pp}). Однако реализация данной схемы возможна только при низкой интенсивности разработки месторождения.

Таким образом, с увеличением глубины карьера реализация любой из рассмотренных схем формирования перегрузочного пункта значительно затрудняется. В первом случае возрастают объемы дополнительно извлекаемых вышележащих пород. При втором варианте происходит опускание целика в рудную зону. На реализацию частного случая второго способа наложен ряд ограничений. Ввиду изложенных условий возникает необходимость уменьшения емкости складов, расположенных в рудной зоне, что ведет к увеличению их количества и уменьшению шага переноса.

С целью компенсации вышеизложенных неблагоприятных факторов разработана схема внутрикарьерной перегрузки руды с чередованием концентрационного горизонта на смежных уступах, позволяющая ограничить глубину распространения целика. Данная технология может быть реализована с помощью гидравлических экскаваторов типа обратная лопата на складах, представляющих собой комбинацию добычного уступа и приемной траншеи, в которую временно складывается перегружаемая в карьере руда [4]. На рис.3 приведена схема подвигания рабочего борта карьера на участке расположения комбинированного перегрузочного пункта.

На схеме приведены смежные добычные горизонты, разрабатываемые с использованием железнодорожного транспорта. Этап I соответствует началу эксплуатации перегрузочного пункта на горизонте $m + 1$. В этот период разносят вышележащий горизонт m , а также извлекают готовые к выемке запасы на горизонте $m + 2$. На этапе II перегрузочный пункт переносится на вышележащий горизонт m . Это позволяет исключить образование нерабочего целика на участке размещения приемной траншеи. После разноса рабочей площадки на горизонте $m + 1$, появляется возможность «опустить» перегрузочный пункт на этот горизонт (этап III). На этапе IV рабочей снова является приемная траншея на горизонте m .

Время переноса перегрузочного пункта должно быть функционально связано со средней скоростью продвижения рабочего борта карьера. Последняя, в свою очередь, определяется необходимой скоростью понижения горных работ. Горизонтальная скорость подвигания рабочих уступов по закону соотношения скоростей понижения горных работ и подвигания рабочих уступов:

$$v_{f \min} \geq h_{ug} (\operatorname{ctg} \varphi \pm \operatorname{ctg} \beta), \quad (7)$$

где h_{ug} – скорость понижения горных работ, м/год; φ – угол откоса борта карьера, градус; β – угол падения залежи полезного ископаемого, градус.

Ее максимально возможное значение может быть рассчитано по формуле:

$$v_{\phi \max} = \frac{Q_{\max d}}{HL_f}, \quad (8)$$

где $Q_{\max d}$ – максимально возможная производительность добычного оборудования на участке борта карьера, занятого перегрузочным пунктом, м³/год; H – высота уступа, м; L_f – длина фронта работ на горизонтах очередного размещения склада, м.

Принимая ширину готовых к выемке запасов равной ширине заходки добычного экскаватора (A_z), определим время их отработки, которое и будет определять продолжительность функционирования перегрузочного пункта:

$$T_{\max} = \frac{A_z}{h_{ug} (\operatorname{ctg} \varphi \pm \operatorname{ctg} \beta)}, \quad (9)$$

$$T_{\min} = \frac{A_z HL_f}{Q_{\max d}}. \quad (10)$$

Очевидно, что при ведении горных работ в режиме, обеспечивающем минимальные размеры рабочих площадок, время работы перегрузочного пункта на одном месте будет стремиться к $T_{\max}$.

Схема с чередованием концентрационного горизонта на смежных уступах позволяет ограничить глубину распространения целика на участке размещения перегрузоч-

ного пункта, которая будет составлять два уступа, и сохранить высокую интенсивность разработки месторождения. Фактическое приращение ширины рабочей площадки, в этом случае, определяется шириной площадки маневрирования автосамосвалов при разгрузке, а также шириной приемной траншеи склада.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арсентьев А.И.* Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений / А.И. Арсентьев, Г.А. Холодников. М.: Недра, 1994. 336 с.
2. *Галкин В.И.* Инженерная логистика погрузочно-разгрузочных транспортных и складских работ на горных предприятиях / В.И.Галкин, Е.Е.Шешко. МГТУ. М., 2009. 156 с.

3. *Линев В.П.* Определение параметров рабочего борта карьера на участке размещения перегрузочных пунктов // Сб. науч. тр. ИГД МЧМ СССР. 1986. № 81. С. 71-79.

4. *Якубовский М.М.* Совмещенный перегрузочный пункт при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте / М.М.Якубовский, Г.А.Холодников // Записки Горного института. 2010. Т.186. С. 90-93.

REFERENCES

1. *Arsentev A.I.* Designing of opencast mining / A.I.Arsentev, G.A.Kholodniakov. Moscow: Bowels, 1994. 336 p.
2. *Galkin V.I.* Engineering logistics of on-and-off loading transport and warehouse works at the mining enterprises / V.I.Galkin, E.E.Sheshko. Moscow: MSMU, 2009. 156 p.
3. *Linev V.P.* Parameterization of open-cast's active board on a site of reloading pointsn // MI MISI USSR. 1986. № 81. P. 71-79.
4. *Yakubovskiy M.M.* The integrated reloading point at the combined auto-railway transportation / M.M. Yakubovskiy, G.A. Kholodniakov // The Proceedings of the Mining Institute. 2010. T 186. P.90-93.