УДК 622.271.9

Т.В.ДОНЧЕНКО
Горный факультет, аспирант кафедры разработки
месторождений открытым способом
и разрушения горных пород

СПОСОБ РАСКОНСЕРВАЦИИ ВРЕМЕННО НЕРАБОЧЕГО БОРТА КАРЬЕРА В ДВА ЭТАПА С ОБРАЗОВАНИЕМ НАСЫПНОЙ ПРИЗМЫ

Рассмотрена одна из наиболее острых проблем открытой разработки месторождений – возобновление и развитие горных работ на временно нерабочих бортах карьера. Подчеркивается невозможность своевременного и полномасштабного решения этой проблемы большинством предприятий в силу стихийного создания временно нерабочих бортов и сложной экономической ситуации. С целью недопущения сокращения границ открытой разработки и ухудшения показателей деятельности предприятий обоснована необходимость разработки экономичных способов расконсервации временных бортов, адаптированных к современной ситуации в экономике и горно-рудной промышленности страны.

Предложен новый эффективный способ расконсервации целиков с помощью искусственного создания нижней части борта – насыпной призмы из взорванной скальной массы, что позволяет существенно (до 60 %) сократить объем работ по приведению временно нерабочего борта карьера в рабочее положение и увеличить скорость его расконсервации. Отмечена высокая эффективность предлагаемого способа расконсервации временно нерабочих бортов за счет взрывного перемещения определенной части горной массы, необходимой для строительства насыпной призмы. Описан используемый порядок работ.

На основе горно-геометрического анализа и сравнения затрат на выемку горной массы различными способами определена экономическая эффективность расконсервации временно нерабочих бортов с образованием насыпной призмы. Приведены зависимости, позволяющие определять оптимальные параметры насыпной призмы, исходя из условия достижения максимального экономического эффекта.

The article is devoted to one of the burning issues of open mining – resumption of mining of temporally inoperative quarry edges and their further development. Timely and full-scale decision of this problem is practically impossible due to uncontrolled formation of such edges and complicated economic situation in the country. The necessity of working out certain economical ways of reactivation of temporally inoperative quarry edges adapted to the current situation both in the country and in the mining therefore, arises.

A new effective method of reactivation of pillars through artificial creation of the lower part of the edge- a prism- is offered. Once employed it can reduce sufficiently (up to 60 %) all scope of reactivation activities and speed it up. The recommended method proved effective when employed for reactivation of temporally inoperative quarry edges through explosive shift, required for creation of a prism. The description of operations employed is also given.

On the basis of mining and geometric analysis on the one hand, and comparison of expenses for extracting by employment of different methods on the other the economic effect of reactivation of temporally inoperative quarry edges with a formation of a prism is calculated: dependences a given for determining the optimal parameters of a prism in order to get maximum economic effect.

Своевременное приведение временно нерабочих участков борта в рабочее положение (расконсервация) на современных карьерах является одной из наиболее острых проблем. Большинство крупных предприятий, разрабатывающих крутопадающие месторождения, сейчас не в состоянии решать эту проблему в требуемые сроки и в полном объеме из-за внепланового создания временно нерабочих бортов (ВНБ) и сложной экономической ситуации. Размеры отдельных временно нерабочих зон на крупных современных карьерах достигают 200 м по высоте и 800 м в плане. Существующие в настоящее время способы и технологии разноса бортов не позволяют обеспечивать

Санкт-Петербург. 2002

требуемую интенсивность расконсервации вскрыши. Необходима разработка новых, более эффективных и экономичных способов расконсервации ВНБ, адаптированных к современной ситуации в экономике и горнорудной промышленности страны.

В большинстве случаев разноска борта осуществляется сверху вниз, от верхних уступов к нижним. В этом случае подвигание борта определяется моментом приведения в рабочее положение его нижнего уступа. Для этого нужно разнести все вышележащие уступы. Период расконсервации борта будет определяться скоростью подвигания уступов в соответствии с законом соразмерности горных работ на смежных уступах.

Достичь более высокой скорости расконсервации борта и стабилизировать вынимаемые при этом объемы можно с помощью способа расконсервации борта в две стадии с образованием насыпной призмы. В качестве примера рассмотрим нерабочий участок борта карьера *CG* (см. рисунок), не имеющий рабочих площадок. При его расконсервации обычным способом горные работы осуществляются сверху вниз, последовательно от верхних уступов к нижним. Для постановки всех уступов борта *CG* в рабочее положение необходимо произвести выемку объемов горной массы в контурах *ACG*. При этом на каждом уступе формируются рабочие площадки шириной *B*.

Ускорить приведение борта в рабочее положение и сократить объемы горной массы в начальный период можно за счет его расконсервации в два этапа. В нижней части законсервированного борта из взорванных пород формируется насыпная призма. Искусственно создается часть борта карьера с необходимыми дополнительными рабочими площадками. Это позволяет размещать горное оборудование на нижних горизонтах, интенсифицировать процесс расконсервации ВНБ, а также обеспечивать транспортный доступ к участку разноса борта. Порядок ведения работ при этом следующий.

На первом этапе отрабатывается объем *BCD* между фактическим положением борта *CDG* и контуром *BD*, отстраиваемом под углом рабочего борта $\beta_р$ из точки *D* – точки примыкания насыпной призмы *DEFG* к линии откоса ВНБ. Положение точки *D* на линии *CG* определяется высотой насыпной призмы. Одновременно с выемкой объемов *BCD* осуществляется строительство насыпной призмы преимущественно или полностью из этих же пород.

На втором этапе расконсервации горные работы ведутся в контурах *ABDG*. На этом этапе разрабатываются и рабочие, расконсервированные на первом этапе работ, и нерасконсервированные уступы, присыпанные призмой. При этом горное оборудование располагается на рабочих площадках,

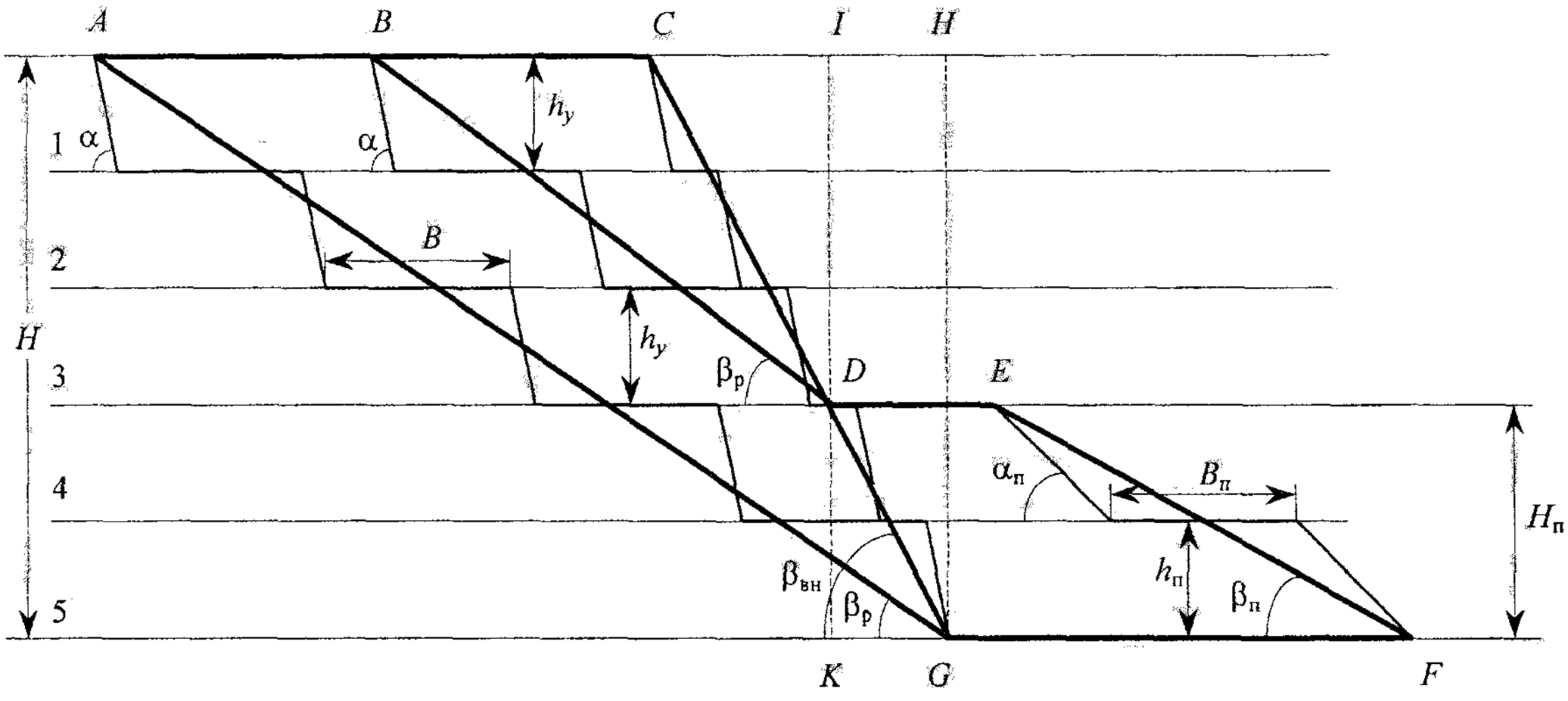


Схема расконсервации ВНБ с образованием насыпной призмы

одна часть которых состоит из пород массива, а другая выполнена из насыпных пород. Насыпные породы призмы в ходе разноса нижней части борта экскавируются и транспортируются вместе с породами из массива.

Способ расконсервации ВНБ в два этапа позволяет существенно сократить объемы горных работ (до 60 %), необходимые для приведения борта в рабочее положение, и более рационально распределять их во времени. При этом достигается более высокая, по сравнению с обычным способом, скорость разноса породного борта, что является весьма важным для сохранения уровня производительности по руде в условиях ее дефицита.

Эффективность способа расконсервации борта карьера с образованием насыпной призмы определяется из выражения:

$$Э = Э_с - З_п, \qquad (1)$$

где $Э_с$ – экономический эффект от сокращения вскрышных работ на первом этапе; $З_п$ – затраты на создание и отработку насыпной призмы;

$$Э_с = (V_о - V_{пр})C_в = \Delta V C_в, \qquad (2)$$

$V_о$ – объем работ при обычном способе разноса (в нашем случае – ACG), м^3; $V_{пр}$ – объем работ при разносе борта с образованием насыпной призмы (BCD), м^3; ΔV – объемы, съекономленные на первом этапе работ ($ABDG$), м^3; $C_в$ – себестоимость вскрышных работ, руб/ м^3;

$$З_п = V_п C_п, \qquad (3)$$

$V_п$ – объем насыпной призмы, м^3; $C_п$ – удельные затраты на создание и отработку насыпной призмы, руб/ м^3.

Объемы $V_о$, $V_{пр}$, ΔV и $V_п$ определим с помощью рисунка и тригонометрических преобразований. При рассмотрении треугольников AHG и CHG можно определить объем работ, необходимый для разноса борта обычным способом:

$$V_о = \frac{H^2}{2}(\mathrm{ctg}\beta_р - \mathrm{ctg}\beta_{вн}), \qquad (4)$$

где H – высота временно нерабочего борта, м; $\beta_р$ – угол откоса рабочего борта, град.; $\beta_{вн}$ – угол откоса временно нерабочего борта, град.

Объем работ в контурах BCD определяется из треугольников BID и CID:

$$V_{пр} = \frac{(H - H_п)^2}{2}(\mathrm{ctg}\beta_р - \mathrm{ctg}\beta_{вн}). \qquad (5)$$

Зная $V_о$ и $V_{пр}$, можно определить

$$\Delta V = V_о - V_{пр} =$$

$$= \frac{H_п}{2}(2H - H_п)(\mathrm{ctg}\beta_р - \mathrm{ctg}\beta_{вн}). \qquad (6)$$

Объем насыпной призмы ($DEFG$) определим следующим образом:

$$V_п = \frac{H_п}{2}(H_п(\mathrm{ctg}\beta_п - \mathrm{ctg}\beta_{вн}) + 2B_п), \qquad (7)$$

где $H_п$ – высота насыпной призмы; $\beta_п$ – угол откоса насыпной призмы, град.; $B_п$ – ширина площадки насыпной призмы, м.

Экономическая эффективность применения способа двухэтапной расконсервации ВНБ в зависимости от высоты насыпной призмы определяется из выражения (1) с учетом формул (2), (3), (6) и (7):

$$Э = \frac{1}{2}\Big[H_п C_в (2H - H_п)(\mathrm{ctg}\beta_р - \mathrm{ctg}\beta_{вн}) -$$

$$- H_п C_п (2B_п + H_п(\mathrm{ctg}\beta_п - \mathrm{ctg}\beta_{вн}))\Big]. \qquad (8)$$

Приравняя формулу (8) к нулю, найдем максимальную высоту насыпной призмы, при которой оба способа расконсервации борта являются равносильными, т.е. экономическая эффективность двухэтапной расконсервации борта равна нулю. Для этого преобразуем формулу (8):

$$H_{п\,max} = [2HC_в(\mathrm{ctg}\beta_р - \mathrm{ctg}\beta_{вн}) - 2B_п C_п]/$$

$$/[C_п(\mathrm{ctg}\beta_п - \mathrm{ctg}\beta_{вн}) + C_в(\mathrm{ctg}\beta_р - \mathrm{ctg}\beta_{вн})]. \qquad (9)$$

Дальнейшая задача сводится к определению экстремума функции (9), нахождению оптимальной высоты насыпной призмы, обеспечивающей наибольшую эффек-

тивность. Для этого продифференцируем выражение (9):

$$H_{\text{п}_{\text{опт}}} = [HC_{\text{в}}(\text{ctg}\beta_{\text{р}} - \text{ctg}\beta_{\text{вн}}) - B_{\text{п}}C_{\text{п}}]/$$

$$/[C_{\text{п}}(\text{ctg}\beta_{\text{п}} - \text{ctg}\beta_{\text{вн}}) + C_{\text{в}}(\text{ctg}\beta_{\text{р}} - \text{ctg}\beta_{\text{вн}})]. \quad (10)$$

Полученная зависимость дает возможность рассчитать высоту насыпной призмы из условия достижения максимальной экономической эффективности.

Как показало исследование функции (9), она имеет один гладкий экстремум (максимум). Расчетами установлено, что высота насыпной призмы, определяющая равноценность обычного и двухэтапного способов разноса борта (9) равна удвоенной высоте призмы, обеспечивающей максимальный экономический эффект (10).

Выполненные исследования позволяют определить размеры насыпной призмы в разрезе. Для определения ее параметров по простиранию необходимо рассматривать несколько (при большой длине ВНБ) характерных разрезов по ВНБ, число которых определяется степенью изменчивости временно нерабочих участков; определять размеры насыпной призмы для каждого их них (полученные при этом различные размеры могут нивелироваться до достижения оптимального варианта); затем в зависимости от условий конкретного карьера отстраивать насыпную призму в плане.

Научный руководитель профессор, д.т.н. *Г.А.Холодняков*