

8. Технично-економическіе показателі горнодобываючих підприємств України в 2005-2006 гг. – Кривой Рог: ГП «НИГРИ». 2007. – 156 с.

Рукопис постуила 14.10.2013 г.

УДК 622.271.333

*А.Н.Костянский, канд. техн. наук, научный сотрудник,  
В.И. Чепурной, заведующий лабораторией,  
Б.Е. Яценко, заведующий лабораторией,  
Научно-исследовательский горнорудный институт ГВУЗ «КНУ»*

### **К РАСЧЕТУ БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ БУРОВЫХ РАБОТ ПРИ ПОСТАНОВКЕ НА КОНТУР БОРТОВ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ, ПРИМЕНЯЮЩИХ КОМПЛЕКСЫ ЦПТ**

*При постановці бортів на постійний контур для безпеки бурових робіт у ряді випадків потрібно спорудження запобіжного вала захищаючого від сколювання кусків породи. Наводиться залежність для визначення відстані розміщення вала від нижньої бровки укосу уступу і розрахунок для умовного кар'єру.*

*Ключові слова: постановка борта на контур, безпека бурових робіт, захисний вал.*

*При постановке бортов на постоянный контур для безопасности буровых работ в ряде случаев требуется сооружение предохранительного вала защищающего от скатывающихся кусков породы. Приводятся зависимости для определения расстояния размещения вала от нижней бровки откоса уступа и расчет для условного карьера.*

*Ключевые слова: постановка борта на контур, безопасность буровых работ, защитный вал.*

*When the boards on a permanent circuit for safety drilling in some cases required the construction of a safety berm protecting from falling chunks of rock. Dependencies to determine the distance from the lower edge of the shaft placement slope ledge and calculation for a career.*

*Key words: organization Board on the contour, the safety of drilling operations, protective shaft.*

**Актуальность проблемы.** В настоящее время на большинстве крупных железорудных карьеров требуется массовая постановка бортов на промежуточный или постоянный контур и расконсервация временно нерабочих бортов карьера.

При этом для безопасной работы технологического оборудования, особенно вблизи ЦПТ, при конструировании профиля борта карьера наряду с устойчивостью необходимо решать вопросы, в числе которых защита нижележащих берм от возможного камнепада. Однако этот фактор остается

недостаточно исследованным для обоснования мероприятий, обеспечивающих безопасную работу и затрудняет формирование устойчивых скальных уступов в карьере. При производстве горных работ на рабочих уступах данный вопрос не возникает, однако следует учесть, что в то же время в карьере происходит постановка значительной части бортов на проектный контур или во временную консервацию.

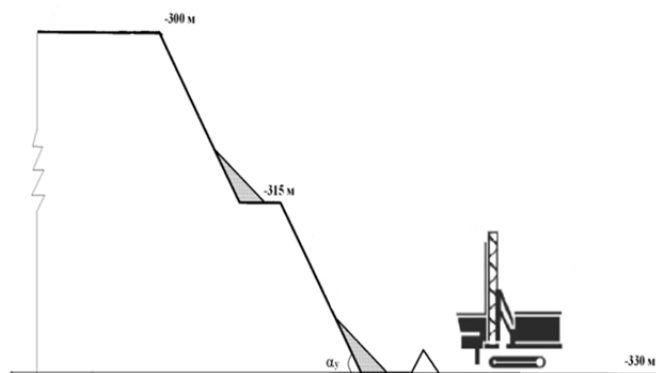
Постановка уступов на конечный контур или во временную консервацию предусматривает необходимость бурения скважин и их взрывания с применением специальной технологии заоткоски уступов на расстоянии не ближе  $2/3$  высоты вышележащего заоткошенного уступа от его нижней бровки. Производство взрывов на разных горизонтах нарушает поверхность массива (наличие перебура скважин разрушает верхнюю часть массива), и приводит к появлению неуправляемого обрушения породных отделиностей. Учитывая длительность стояния уступа на предельном контуре, при котором происходит накопление осыпей на предохранительных бортах на участках тектонических нарушений с трещиноватостью массива горных пород, требуется обеспечивать безопасность ведения горных работ на нижележащем горизонте, применяя меры защиты от скатывания обломков скальных горных пород в рабочую зону на границе с предельными контурами бортов карьера.

Горные работы по постановке борта карьера в конечное положение производят в непосредственной близости от нижней бровки уступов. Как показывает практика при обрушении более мелкая фракция скальной массы скатывается по откосу уступа на нижнюю площадку и остается там, а более крупная – частично погасив скорость при ударе, катится дальше и вновь приобретает скорость, падая вниз, пока не окажется на площадке достаточной ширины, погасив свою скорость за счет трения качения. Как пример, можно рассматривать временную консервацию северо-восточного борта карьера ИнГОКа. В этой части рабочей зоны карьера при расконсервации временно нерабочего участка от действия взрывных работ, а также экскавации горной массы имеет место засыпание борта и нижележащих площадок на высоту 4-6 уступов, что позволяет рассматривать этот процесс равноценным отсыпке внутреннего отвала. Отличие состоит в необходимости в отдельных частях рабочей зоны очищать борты при постановке борта во временную консервацию, что позволяет использовать расчеты некоторых параметров отвалов для разработки мероприятий по безопасности горных работ на расконсервируемых участках [1].

В связи с этим необходимо учитывать движения отдельных кусков горной массы по откосу уступа и их выкатывание на его нижнюю площадку. Основным фактором, определяющим опасность этого процесса, особенно вблизи объектов ЦПТ где сконцентрировано большое количество горного

оборудования, является масса камней и высота, с которой скатываются отдельные куски по откосу уступа. Наиболее крупные обломки за счет качения выделяются из общей массы, набирают наибольшую скорость, выкатываются на нижнюю площадку уступа до зоны производства горных работ карьера и в результате создают угрозу работе буровых станков и другого горного оборудования. Для обеспечения безопасности работы буровых станков рабочая площадка должна иметь предохранительное ограждение (например, насыпной вал из кусковых скальных пород), (рис.1).

При этом требуется выполнить расчет параметров защитного породного вала. Для расчетов принимаем, что взорванная скальная горная масса состоит из кусков, диаметр которых составляет 250-1000 мм.



**Рис. 1. Осыпание скальных пород на нижнюю рабочую площадку уступа при производстве буровых работ**

Максимально возможная величина расстояния раскатывания кусков скальной породы по нижней площадке уступа определяется из выражения [2]:

$$L_0 = \frac{v_1^2 \cdot R}{1,35 \cdot g \cdot K_{0l}} \text{, м} \quad (1)$$

где  $v_1$  – скорость движения обломка скальной породы в конце участка разгона, при его выкатывании на нижнюю горизонтальную площадку уступа, м/с;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $R$ – радиус рассматриваемого куска породы, м;  $K_{0l}^1$  – коэффициент трения качения обломков по нижней площадке уступа.

Скорость обломка на участке разгона определяется из выражения [2]:

$$v_l = 0,82 \sqrt{2g \cdot H_y \cdot \left[ l - \frac{k^l l}{R} \cdot ctg \alpha_y \right]} = 0,82 \sqrt{2g \cdot H_y \cdot [l - 0,25 \cdot ctg \alpha_y]} \text{ м/с}; \quad (2)$$

где  $\alpha_y$  – угол откоса уступа, град.;  $H_y$  – высота уступа, м;  $k^l$  – коэффициент трения качения обломков на участке разгона ( $k^l = 0,25R$ ), доли ед.

Высота участка разгона:

$$h_l = \frac{0,5c \cdot R \cdot (0,9 \cdot H_y \cdot d_{90} \cdot d_{10} + l \cdot d_{60}) - H_y \cdot d_{50} \cdot d_{10} (d_{90} - 0,5 \cdot R)}{0,5c \cdot R \cdot d_{90} \cdot d_{10}}, \quad (3)$$

где  $c$  – коэффициент, (для данных условий принимаем  $c = 1$ );  $d_{90}$ ,  $d_{60}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{10}$  – диаметры фракций, ограничивающих в исходной скальной массе соответственно содержание 90, 60, 50 и 10 % обломков, м;  $l$  – коэффициент, зависящий от окатанности и формы обломков скальной породы;  $l = 1 \text{ м}^2$  для неокатанных скальных обломков с отношением большей стороны к меньшей  $\leq 2$ , а для окатанных изометрических обломков  $l = 0,25 \text{ м}^2$ .

В работе [3] на основе уравнения Розина-Раммлера установлена зависимость содержания обломков, размер которых превышает  $d$  мм:

$$\gamma = 100 e^{-\left(\frac{d}{d_c}\right)^n},$$

где  $\gamma$  – содержание в навале обломков, длина которых превышает величину  $d$ , мм;  $e = 2,72$  – основа натуральных логарифмов;  $d_c$  – размер среднего куска, мм;  $n$  – показатель неравномерности измельчения пород, значение которого для условий карьера ИнГОКа приведено в табл. 1.

Таблица 1

Показатель неравномерности дробления пород

Коэффициент крепости пород, $f$	4-6	7-10	до 12	до 15	до 18	20
Коэффициент $n$	1,22	1,18	1,15	1,12	1,08	1,04

Решая уравнение относительно  $d$ , получим :

$$d = \frac{-\ln \frac{\gamma}{100} \cdot d_c}{n}, \text{ мм.}$$

Размер среднего обломка руды по данным ИнГОКа  $d_c = 450$  мм. Размер обломка скальной вскрыши принимаем равным  $d_c$ . Исходя из этих показателей рассчитаем величины  $d_{90}$ ,  $d_{60}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{10}$  (табл. 2).

Таблица 2

## Кусковатость взорванной горной массы

Диаметры кусков фракций, м			
$d_{90}$	$d_{60}$	$d_{50}$	$d_{10}$
0,044	0,213	0,289	0,959

Подставив данные в уравнение (1.3) определим, что величина  $h_l$  превышает высоту уступа  $H_y$ . Тогда скорость скатывающегося куска с учетом откоса уступа, как участка разгона при  $H_y=15$  м по формуле (2) равна:

$$v_l = 0,82 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 15 \cdot (1 - 0,25 \cdot 0,5774)} = 13 \text{ м/сек.}$$

Расстояние отката отдельных камней размером 0,45 м по нижней горизонтальной площадке уступа определим по формуле (1):

$$L_0 = \frac{13^2 \cdot 0,225}{1,35 \cdot 9,8 \cdot 0,3} = 10 \text{ м.}$$

Таким образом, расстояние раскатывания обломков скальной горной массы по нижней площадке уступа составит не менее 10 м. При производстве буровых работ на более близком расстоянии предусмотрено устройство ограждающего вала 1 вдоль нижней бровки уступа 3 на твердом основании 2 для предотвращения раскатывание кусков скальной горной массы по площадке или по дну карьера (рис. 2).

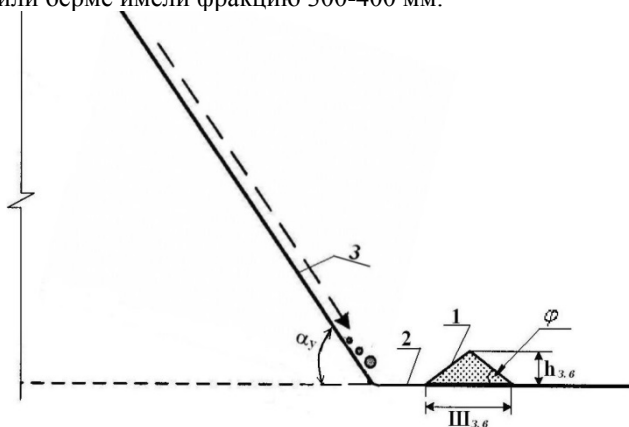
Расстояние от нижней бровки уступа до защитного вала высотой 1,5 м рассчитываем по установленной зависимости по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta L_0 &= \frac{[H_y \cdot (1 - 0,25 \cdot \operatorname{ctg} \alpha_1) \cdot \sin \varphi - 1,5 \cdot h \cdot (k_2^I \cdot \cos \varphi + \sin \varphi)] \cdot R}{k_2^I \cdot \sin \varphi} = \\ &= \frac{[15 \cdot (1 - 0,25 \cdot \operatorname{ctg} 60^\circ) \cdot \sin 40^\circ - 1,5 \cdot 1,5 \cdot (0,3 \cdot \cos 40^\circ + \sin 40^\circ)] \cdot 0,225}{0,3 \cdot \sin 40^\circ} = 7 \text{ м} \end{aligned}$$

где:  $\varphi$  – угол наклона откоса защитного вала, град.;  $k_2^I$  – коэффициент трения качения по материалу из которого сооружен защитный вал.

Отсыпка вала из скальных вскрышных пород предотвратит повреждение буровых станков скатывающимися обломками скальной породы. При этом заградительный вал может отсыпаться с опережением фронта работ. Предпочтительно, чтобы скальные и полускальные породы,

которые будут составлять защитное ограждение при их отсыпке на рабочей площадке или берме имели фракцию 300-400 мм.



**Рис. 2. Размещение защитного вала 1 для предотвращения раскатывания обломков породы по нижней площадке 2 уступа**

Формирование защитного вала можно выполнять с помощью имеющегося в настоящее время на карьере горнотранспортного оборудования: бульдозеров и автосамосвалов.

Правила безопасного производства работ и эксплуатации оборудования на открытых разработках требуют, чтобы во всех случаях ширина бермы должна быть такой, чтобы обеспечивалась механизированная очистка ее [4].

Осыпи уменьшают ширину бермы. Величина уменьшения ширины бермы во время существования уступа определяется из выражения [5]:

$$w_y = \frac{2 \cdot b^2 \cdot \sin(\alpha_y - \beta) \cdot \sin\beta}{k_p \cdot H_y \cdot \sin\alpha_y}, \text{ м}$$

где  $b$  – ширина осыпи (наклонная), м;  $k_p$  – коэффициент разрыхления пород;  $\beta$  – угол осыпи, град.

Из вышеизложенного можно заключить следующее: на площадке, на которой будут выполняться горные работы в непосредственной близости от нижней бровки уступа необходимо сооружение защитного вала (рис.2), с возможной высотой до  $h_{3.б.} = 1,5$  м и шириной  $w_{3.б.} = 3-4$  м для предотвращения раскатывания обломков скальной породы и повреждения ими горного оборудования.

**Выводы.** Уступы карьера, подвергаются динамическому воздействию: взрывов, погрузки горной массы экскаваторами, движения большегрузных автосамосвалов. Кроме того, в результате естественного выветривания, а чаще всего – в результате совместного действия этих факторов происходит разрушение отдельных блоков. В этой связи, одной из проблем обеспечения безопасности производства горных работ в карьере является защита от падения отдельных кусков скальной породы с уступа в рабочую зону. Требования ЕПБ размеры опасной зоны по камнепаду строго не регламентируют. «1.1 Під час відпрацювання уступів шарами необхідно вживати заходів безпеки, які унеможливають відшарування та обвалення шматків породи з укосу уступу (похиле буріння, контурне підривання, заоткоска укосів)» [4]. Однако у основания уступов около нижней бровки на площадках карьера можно выделить опасную зону, на которую возможно выкатывание отделившихся от поверхности откоса уступа кусков скальной породы, обосновать ее размеры и определить параметры размещения защитного вала для обеспечения безопасного ведения горных работ. Со временем откосы уступов стабилизируются, их разрушение замедлится, безопасность труда повысится.

Совершенствование технологических процессов обработки карьеров и внедрение инноваций в области охраны труда могут уменьшить риск, сокращая тем самым потенциальные будущие расходы. Рациональные решения способствуют снижению производственных потерь, увеличению периода бесперебойной работы оборудования.

*Список использованных источников*

1. Отчет о НИР «Исследование возможностей и экономической целесообразности комбинированного отвалообразования на Ингулецком горно-обогатительном комбинате» (заключительный). – Кривой Рог: ГП «НИГРИ». – ГР №0104V003571. – 2006. – 76 с.

2. Зотеев В.Г., Новиков В.П. Выбор рациональных параметров и режимов отсыпки высоких бульдозерных отвалов. Сб. научн. трудов. – ИГД МЧМ СССР, 1974. – Вып. 44. – С. 85-91.

3. Шапурін О.В., Зайцев І.М., Оприш О.М. Спосіб оперативного визначення кускуватості подрібнених порід. Вісник криворізького технічного університету, , 2006. – Вип. 12 – С. 15-18.

4. Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом 2010 р. Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, 2010 – 69 с.

5. Комаров В.В., Можаяев Л.В., Скачков М.П. Оценка состояния массива скальных пород на Оленегорском карьере. ИГД МЧМ СССР, труды вып. 44. 1974. – С. 69-75.

Рукопись поступила 09.09.2013 г.