

КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ НЕРАБОЧИХ БОРТОВ КАРЬЕРА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ШТОКООБРАЗНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАТОКА

Для условий штокообразного месторождения Катока выбран и обоснован метод расчета устойчивости нерабочих бортов. По одному из типичных разрезов карьерного поля выполнены исследования по обоснованию рационального конструктивного оформления нерабочего борта выпуклого (многогранного профиля) и его устойчивости.

Для умов штокоподібного родовища Катока вибраний і обґрунтований метод розрахунку стійкості неробочих бортів. По одному з типових розрізів кар'єрного поля виконані дослідження по обґрунтуванню раціонального конструктивного оформлення неробочого борту опуклого (багатогранного профілю) і його стійкості.

For the terms of штокообразного deposit Катока is chosen and reasonable method of calculation of stability of non-working sides. On one of typical cuts of the quarry field executed research on the ground of rational structural registration of non-working side of protuberant (many-sided profile) and his stability.

Из теории управления состоянием горных массивов известно, что многообразии геологических и гидрогеологических особенностей разрабатываемых месторождений исключает существование какого-то универсального метода решения задачи по определению предельных параметров нерабочего борта карьера пригодного для всех конкретных условий. В связи с этим выбор метода расчета рекомендуется производить на основе двух групп критериев - общих и частных. Общие критерии определяют обоснованность метода в теоретическом отношении, частные - возможность использования данного метода в конкретных практических условиях.

Общие условия следующие:

- метод должен обеспечивать установление в массиве формы и положения определенной зоны, в каждой точке которой соблюдается условие предельного равновесия, величины и направления напряжений действующих в этой зоне.

- метод должен позволять находить форму и положение в массиве наиболее сложной поверхности, отвечающей условию $\sum F_{y\delta} / \sum F_{c\delta v} \rightarrow \min$ и управлениям равновесия статики, а также величину и направление напряжений, действующих по этой поверхности ($\sum F_{y\delta}$ и $\sum F_{c\delta v}$ соответственно сумма удерживающих и сдвигающих сил).

Частные критерии следующие:

Выбранный метод расчета должен основываться на таком типе механико-математической модели массива горных пород, который наиболее полно отражает свойства реального массива в данных конкретных условиях; в выбранном методе расчета должна учитываться схема деформации реального откоса, а также величина и направление внешних сил, действующих на реальный откос. Метод может быть рекомендован для практического использования лишь при условии, что он удовлетворяет одному из общих критериев и всем частным. Кроме того, при вы-

боре метода расчета устойчивости откоса (помимо двух перечисленных групп критериев) следует учитывать еще два немаловажных момента:

1) контур откоса, определенный данным методом, должен обеспечивать экономичность вскрышных работ.

2) метод должен быть удобен на практике (минимальное число расчетов и графических построений, возможность использования графиков, таблиц, номограмм и пр.).

Необходимо указать, что ни один из известных методов расчета не отвечает в полном объеме упомянутым критериям. Поэтому в каждом конкретном случае требуется оценить, хотя бы приближенно, знак и величину погрешности коэффициента запаса устойчивости, обусловленных несоответствием применяемого метода общим или частным условиям.

Анализ геологических и гидрогеологических условий месторождения трубки «Катока» показали, что данное месторождение является сложноструктурным. С целью более точного и полного учета факторов, влияющих на устойчивость бортов карьера, месторождение (карьерное поле) разделено на четыре участка: северный (1-1), восточный (2-2), южный (3-3), и западный (4-4). На каждом из этих участков горные породы, слагающие нерабочие борта имеют, в среднем, примерно одинаковые прочностные характеристики (сцепление, угол внутреннего трения и плотность). Как показал выполненный анализ, а также установленные зависимости их изменения с увеличением глубины карьера значения этих характеристик возрастают более резко до глубины 100-150 м. После 150 м возрастание их происходит медленнее.

С учетом геологического строения месторождения и установленных закономерностей изменения прочностных характеристик (сцепление - C , угол внутреннего трения - φ , плотность - ρ , коэффициент структурного ослабления - λ) с глубиной, толщину пород нерабочего борта карьера следует рассматривать как двухслойную. Прочность пород в верхнем слое значительно отличается от нижнего и увеличивается с глубиной. В таких условиях целесообразно придать борту 2-х гранную форму его профиля, хотя по технологическим условиям (наличие перегрузочных пунктов) профиль борта может быть многогранным.

Экономическая целесообразность конструирования бортов выпуклого профиля в однородной среде достаточно обоснована в работах С.И. Попова, Г.Л. Фисенко, В.Т. Сапожникова [1,2]. Теоретический криволинейный профиль выпуклого борта представляет собой геометрическое место точек, в каждой из которых соблюдается условие предельного напряженного состояния. Методика построения борта с реальным профилем заключается в том, чтобы вписаться в этот криволинейный профиль [3]. Значения параметров борта приближаются к оптимальным, но не достигают их. Для оптимизации параметров борта необходимо прежде всего разграничить призмы активного давления и упора, составляющие общую призму возможного обрушения.

Для условий месторождения «Катока» по одному из типичных разрезов карьерного поля (рис.1) выполнены исследования по обоснованию рационального конструктивного оформления нерабочего борта выпуклого (многогранного профиля) и его устойчивости.

В качестве базового варианта конструктивного оформления нерабочего борта карьера $H_k=450$ м принята конструкция борта ВНИМИ (на рис 1 правый борт). Схема этого борта показана на рис. 2, из которой видно, что его конструкция многогранная (выпуклая форма). Отстройка борта производилась с учетом установленных, в соответствии с нормами технологического проектирования и правилами ТБ, параметров нерабочих уступов (высоты и углов откосов) и параметров нерабочих площадок (берм). Угол откоса нерабочего борта при плоском его профиле составляет $\alpha = 39^0-40^0$. Выпуклая форма борта не изменяет величину угла α и позволяет существенно уменьшить объем вскрышных пород, извлекаемых в конечных контурах карьера, что является преимуществом такой формы борта.

Следует отметить, что при конструировании борта по рассматриваемому базовому варианту не учтена важная технологическая особенность разработки месторождения «Катока» – применение циклично-поточной технологии (автомобильно-конвейерного транспорта), предусматривающей сооружение на нерабочем борту перегрузочных пунктов (ПП). Наличие ПП требует оставления на борту соответствующих площадок увеличенной ширины (40-60 м) Их число при конечной глубине карьера $H_k=450$ м будет равно 3 [4]. Последний ПП будет располагаться на расстоянии равном $\approx 1/3 H_k$ от дна карьера (по вертикали). Откорректированный, с учетом вышеизложенного, профиль борта выпуклой формы показан на рис. 3.. На этом рисунке прямая 1 характеризует плоский профиль борта, а кривая 2 – выпуклый профиль. Предельный угол откоса плоского борта ($\alpha_{пр}$) определяется по методике [6,7], т.е.

$$\alpha_{пр} = \arctg \frac{tg \varphi_{расч}}{1 - \frac{H_c}{H_k}}, \quad \text{град},$$

где $\varphi_{расч}$ – расчетный угол внутреннего трения пород в массиве борта, градусы.

$$\varphi_{расч} = \varphi_{ср} / K_{з.у.расч.}, \quad \text{град},$$

где $\varphi_{ср}$ – среднее значение угла внутреннего трения, $\varphi_{ср}=35,8^0$, $K_{з.у.расч.}$ – расчетный коэффициент запаса устойчивости.

Тогда

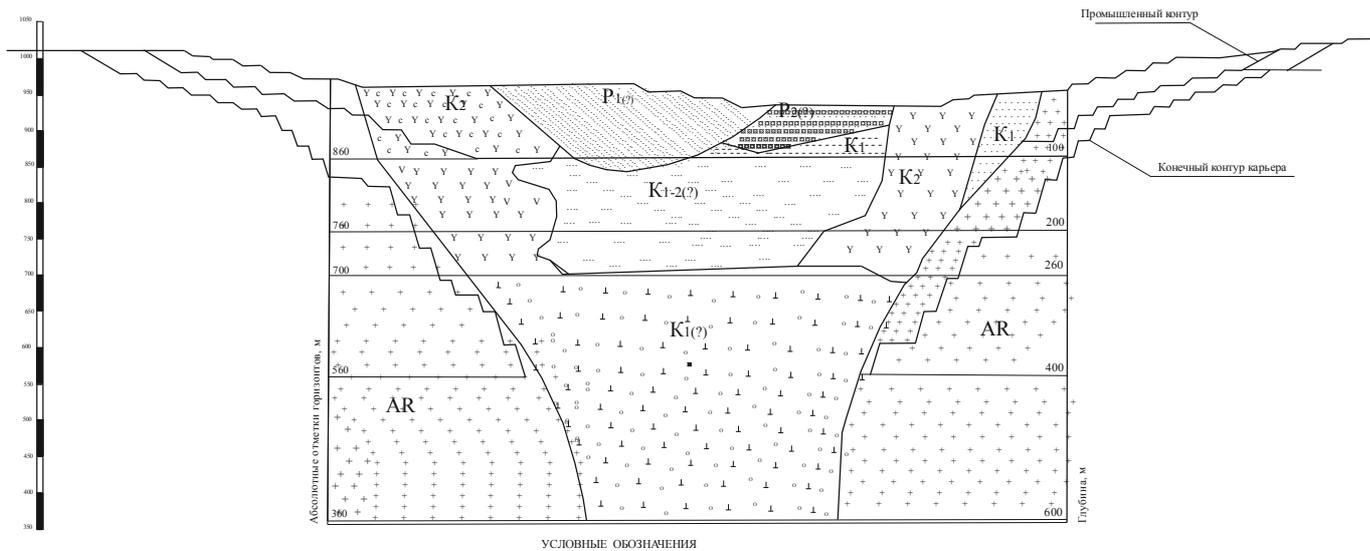
$$\alpha_{пр} = \arctg \frac{tg 18^0}{1 - \frac{271}{450}} = 39^0$$

где $271 \text{ м} = H_c$ – параметр связности пород массива борта,

$$H_c = \frac{6,14 \cdot C_{расч}}{\rho} ctg(45 - \frac{\varphi_{hfcx}}{2}), \text{ м}$$

$$C_{расч} = \frac{C \cdot \lambda_{ср}}{K_{з.у.расч}} = \frac{379 \cdot 0,4}{2} = 75,8 \text{ м} / \text{м}^2$$

$$H_c = \frac{6,14 \cdot 75,8}{2,35} ctg(45 - \frac{18}{2}) = 271 \text{ м}$$



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Перекрывающие породы		Рудное тело	
P 2 (?)	Мезоформационные пески (мфи)	K 2 (?)	Кимберлитовые брекчи с массивной текстурой цемента (КБМ)
P 1 (?)	Мезоформационные слабосементированные песчаники (мфи I)	K 2 (?)	Слюзистые КБМ
K 1 (?)	Вулканогеи-осадочные породы (воп)	K 1 (?)	Автолитовые кимберлитовые брекчи (АКБ)
AR	Вмещающие породы	K 1-2 (?)	Кимберлитовые туфобрекчи, туфосеянники, туфогравели второй фазы формирования с высоким содержанием алмазов (КТБ)
	Гнейсы, кристаллические сланцы, гранитоиды	K 1 (?)	Кимберлитовые туфобрекчи, туфосеянники, первой фазы формирования с низким содержанием алмазов (К1Б)

Рис. 1. Типичный профильный разрез карьера

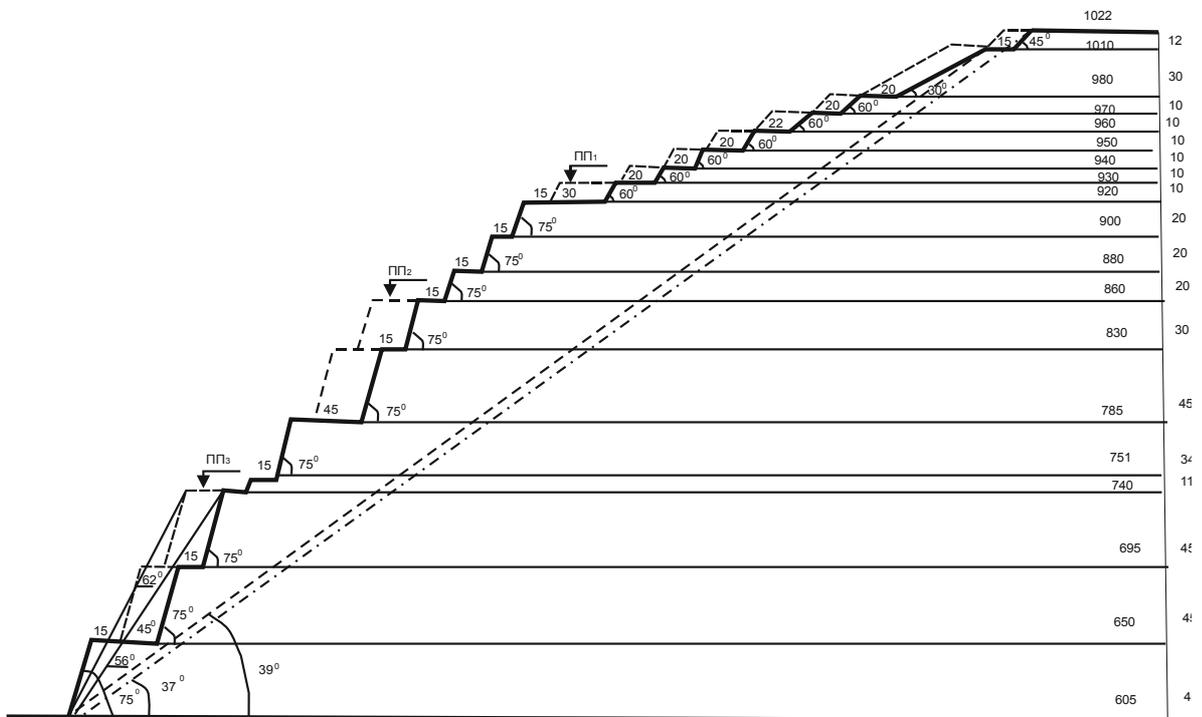


Рис.2. Конструктивное оформление нерабочего борта трехгранной (выпуклой) формы

В начале координат $H_1 L$ (см. рис. 3.) откладывается высота H_{90} и строится положение точки 1 (H_1, L_1), соответствующее верхней бровке откоса борта. Берутся промежуточные значения глубины карьера $H_i \leq H_1$ и для этих глубин (i – точки откоса) находятся аналогичным образом значения L_i и строятся точки, определяющие контур борта карьера с выпуклым профилем (рис 3, кривая 2).

Поскольку наличие вертикальных откосов недопустимо, нижняя часть откоса (на высоту $1/3H_k$) принимается плоской с максимально возможным углом α_1 , который принимается равным максимальному технологически допустимому углу с учетом берм и съездов.

Таким образом, при конструктивном оформлении нерабочего борта многогранного (выпуклого) профиля корректировка выполнена по методике, изложенной в работах [5,6], в которых отмечается, что откос любого плавного профиля в зоне выпуклого и вогнутого расчетных откосов имеет одинаковый коэффициент запаса устойчивости. Т.е если базовый (ВНИМИ) и рекомендуемый профили борта находятся в зоне между прямой 1 и кривой 2, то они оба являются устойчивыми. Однако рекомендуемый вариант имеет преимущество в сокращении объема вскрышных пород, извлекаемых из карьера в конечных его границах.

Величина сокращения объема вскрыши (ΔV_B) определяется по формуле:

$$\Delta V_B = 0,5H_k^2 (\text{ctg}\alpha_2 - \text{ctg}\alpha_1) \cdot 1000 = 0,5 \cdot 450^2 (\text{ctg}37^\circ - \text{ctg}39^\circ) \cdot 1000 = 9112500 \text{ м}^3,$$

где 37° и 39° соответственно средние предельные углы откоса борта по базовому и рекомендуемому вариантам.

Таким образом, сокращение объема вскрышных пород составляет $9,1$ млн.м³ на 1000 м длины нерабочего борта. Экономия затрат только на извлечение и транспортировку пород комплексами «экскаватор-автосамосвалы» состави:

$$\Xi = \Delta V_B \cdot \text{Стр} = 9,1 \cdot 3,0 = 27,3 \cdot 10^6 \text{ грн},$$

где Стр – удельные затраты на извлечение и транспортирование пород вскрыши грн/м³ (при среднем расстоянии транспортирования 2-3 км), Стр = 3 грн/м³ (по данным карьеров Кривбасса, ПГОКа).

Выводы. С учетом особенностей геологического строения месторождения трубки «Катока», а также закономерностей изменения с глубиной прочностных характеристик массивов горных пород, слагающих откосы уступов и бортов карьера установлена целесообразность конструктивного оформления нерабочих бортов многогранной (выпуклой) формы. Построение такого борта (на примере типичного профильного разреза карьера) выполнено по известным в теории управления состоянием горного массива методам Фисенко Г.Л., Арсентьева А.И., Галустьяна Э.Л. С учетом технологических особенностей разработки месторождения (применение ЦПТ – наличие перегрузочных пунктов) рекомендован трехгранный (выпуклый) профиль нерабочего борта, что позволяет уменьшить объемы вскрышных пород, извлекаемых в конечных контурах карьера на $9,1 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ на 1 км длины борта.

Список литературы

1. Фисенко Г.Л. Укрепление откосов в карьерах / Г.Л. Фисенко, М.А. Ревазов, Э.Л. Галустьян. – М.: Недра, 1974. – 206 с.
2. Попов С.И., Совместное определение угла погашения и глубины открытых работ. Сб. "Горное дело". Тр. Горно-метал. Инст., Metallurgizdat, Свердловск, 1951. С 67-75.
3. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. / Л.: ВНИМИ. –1972. –164 с.
4. Новожилов М.Г. Высокопроизводительные глубокие карьеры / М.Г. Новожилов, А.Ю. Дриженко, А.М. Маевский и др.. – М.: Недра, 1984. – 188 с.
5. Арсентьев А.И., Букин И.Ю., Мироненко В.А. Устойчивость бортов и осушение карьеров. Учебник для вузов. М.: Недра, 1982. – 165 с.
6. Галустьян Э.Л. Конструирование бортов глубоких карьеров с оптимальными параметрами. Проектирование открытой разработки месторождений. Сб. науч. трудов. Л.: изд ЛГИ. 1984. С –20-26.
7. Галустьян Э.Л. Управление геомеханическими процессами в карьерах – М.: Недра, – 1980. – 182 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Симоненком В.І.
Надійшла до редакції 21.12.13*

УДК 622.271

© Б.Е. Собко, А.М. Маевский, Н.В. Несвитаило, М.А. Чебанов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ШИРИНЫ ЗАХОДКИ ЭКСКАВАТОРА-ДРАГЛАЙНА ПРИ РАБОТЕ ЕГО В КОМПЛЕКСЕ С АВТОСАМОСВАЛАМИ

Приведены результаты исследований по установлению оптимальной ширины заходки экскаватора, работающего совместно с большегрузными автосамосвалами. Разработан методологический подход к определению производительности экскаватора, позволяющий в одном аналитическом выражении учесть основные факторы, влияющие на достижение ее максимальной величины.

Наведені результати досліджень по встановленню оптимальної ширини заходки экскаватора, працюючого сумісно з великовантажними автосамоскидами. Розвинутий методологічний підхід до визначення продуктивності экскаватора, дозволяє в одному аналітичному виразі врахувати основні фактори, які впливають на досягнення її максимальної величини.

The results of investigations to establish the optimum width stope excavator working together with heavy dump. Developed a methodological approach to the determination of the performance of the excavator, which allows one to take into account the analytical expression of the main factors affecting the achievement of its maximum value.

Горнотранспортные комплексы циклического действия, включающие экскаваторы-драглайны и большегрузные автосамосвалы применяют при разработке мягких вскрышных пород и, в особенности, при сложных гидрогеологических условиях, когда несущая способность пород существенно снижается. Такие комплексы оборудования в настоящее время работают на Еристовском (ПГОК) и Матроновском (ВГМК) карьерах. Основной задачей обеспечения эффективности их