

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДОРАБОТКИ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

© A. Adamchuk

RESEARCH OF FINILAZING PARAMETERS OF DEEP OPENCAST MINES

Рассмотрена технология вскрытия полезных ископаемых в глубинной зоне карьеров. Установлена зависимость снижения объема выемки пород вскрыши при вскрытии залежи в приконтурной зоне карьера от его глубины с изменением угла откоса борта карьера. Рассчитан экономический эффект предохранения пород вскрыши от нарушения в условиях карьера № 1 ЦГОКа на глубину до 1000 м.

Розглянуто питання розкриття корисних копалин в приконтурній та глибинній зоні кар'єрів. Встановлено залежність зменшення об'єму виймання порід розкриву при розкритті родовища в приконтурній зоні кар'єра від його глибини зі зміною кута укосу борта кар'єра. Розраховано економічний ефект збереження порід розкриву від порушення в умовах кар'єру № 1 ЦГЗК на глибину до 1000 м.

Введение. Начиная с 1955 года разработка железистых кварцитов в Кривбассе играет ключевую роль в поставке сырья для металлургических предприятий Украины [1]. При этом спрос на сталь и, соответственно, на сырье для ее изготовления, будет возрастать [2]. В этой связи горно-металлургический комплекс может стать весомым подспорьем для дальнейшего роста украинской экономики.

Однако, при этом исчерпываются балансовые запасы железной руды действующих карьеров. Так, согласно данным НИГРИ [2] балансовые запасы руд месторождений Кривбасса позволяют обеспечить работу карьера ЮГОКа на 30 лет, карьеров АМКР № 2-бис – 25 лет, № 3 – 22 года, Первомайского карьера СевГОКа – 33 года, карьера ИнГОКа – 29 лет, карьеров ЦГОКа № 1 – 35 лет и № 3 – 30 лет, а карьера ПГОКа – 40 лет.

Состояние вопроса. Дальнейшее развитие горных работ будет связано с вовлечением в эксплуатацию дополнительно 600-1000 млн. т глубинных и приконтурных запасов месторождений Кривбасса на глубину до 1000 м, что приведет к необходимости нарушения горного массива объемом 300-400 млн. м³, а также приведет к потере для сельского хозяйства 200-300 гектар земли и будет наносить ему ущерб на сумму в размере 2-3 млн. грн. ежегодно.

Кроме того, значительные запасы железных руд Криворожского бассейна залегают в пределах охранных целиков железнодорожных путей, р. Ингулец и р. Саксагань. Нарушение этих целиков приведет к необходимости перенесения железнодорожных коммуникаций из зоны возможного обрушения и отвода рек в другое русло во избежание нарушения нормальной деятельности карье-

ров и соответствующих транспортных коммуникаций. В таких условиях решением, позволяющим вовлечь в эксплуатацию дополнительных объемов полезного ископаемого следует считать увеличение значения углов откоса бортов карьера, что позволит значительно сократить объем выемки пород вскрыши.

Исследования параметров открытой доработки представлены в работе [3]. В ней разработана методика расчета сокращения объема выемки пород вскрыши в приконтурной зоне на 1 м подвигания фронта горных работ, за счет перехода на подземный способ разработки, рассмотрены технологические схемы добычи руды на глубоких горизонтах карьеров, изложены теоритические основы и решены практические задачи по формированию рабочей зоны, уделено внимание технологии извлечения приконтурных запасов руды при минимальных объемах вскрышных работ.

Однако, в методе расчета сокращения объемов выемки пород вскрыши не учтены геометрические параметры бортов карьера, в контурах которого будет вестись доработка месторождения, а также не указано, за счет чего формируются борта карьеров под более крутым углом, а также не представлена методика расчета объемов предохраняемых от нарушения пород вскрыши.

В этой связи актуальной научно-практической задачей является разработка способа вовлечения в эксплуатацию приконтурных и глубинных запасов полезных ископаемых в карьере на глубину до 1000 м с минимальным объемом выемки пород вскрыши. **Цель работы** заключается в обосновании перспектив технологии открытой разработки приконтурной и глубинной частей запасов крутопадающих месторождений с минимальной выемкой пород вскрыши. **Идея работы** заключается в обосновании целесообразности применения удерживающей наращиваемой крепи для удержания и сохранения пород вскрыши в целике, а также определении перспектив развития горных работ на глубину до 1000 м ниже земной поверхности.

Изложение основного материала. Увеличение угла откоса борта карьера ведет к сохранению в целике значительных объемов пород вскрыши. Для того, чтобы установить зависимость снижения объема их выемки от глубины карьера с изменением углов откоса бортов карьера с использованием программы AutoCAD построен ряд компьютерных моделей. Исходные данные для построения моделей были выбраны с учетом условий карьера № 1 ЦГОК (табл. 1).

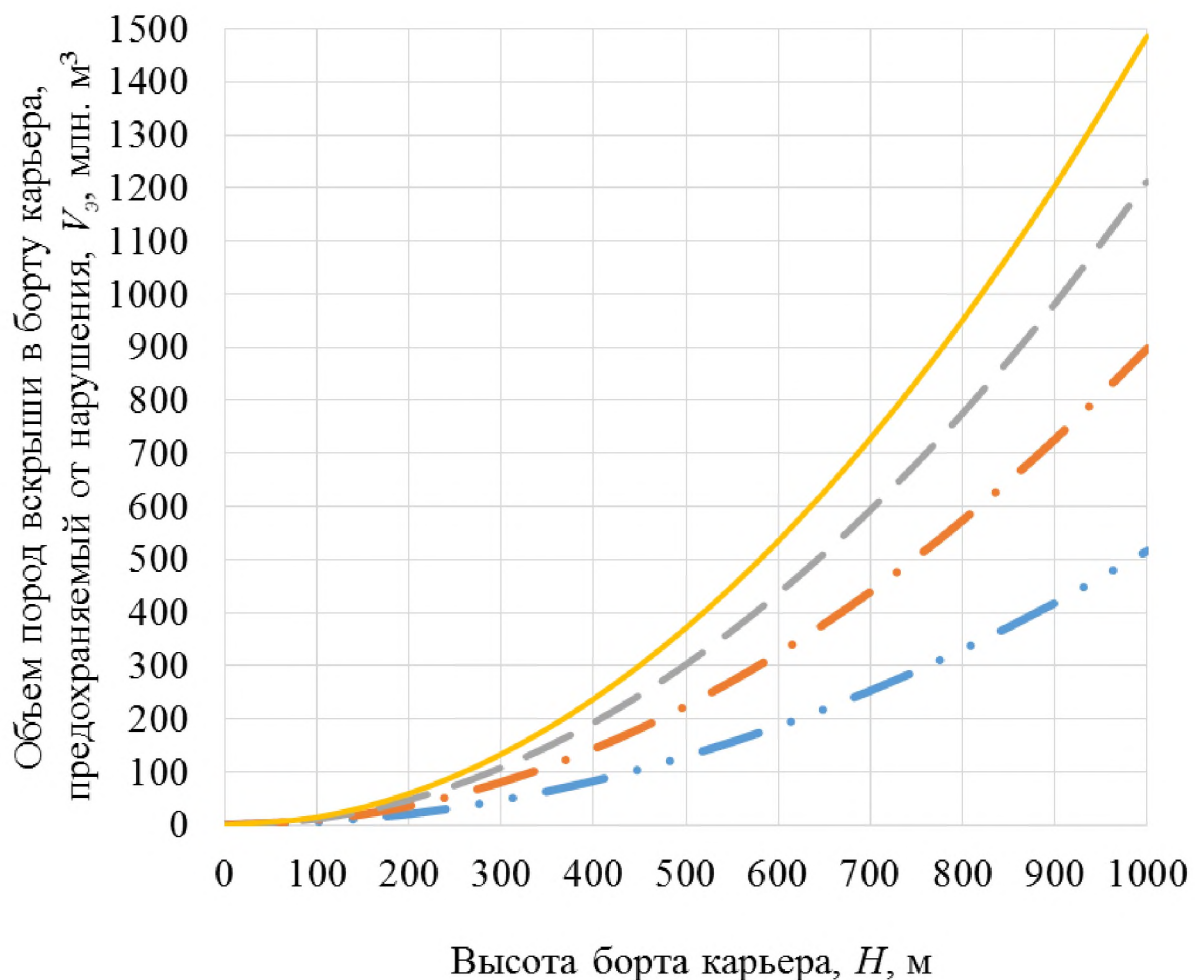
Анализ полученных данных показал, что в условиях карьера № 1 ЦГОКа с возрастанием угла откоса борта с существующего $\alpha_{сущ}$, град на предлагаемый $\alpha_{пр}$, град при увеличении его высоты H , м объем сохраняемого от нарушения массива горных пород $V_э$, млн. м³ изменяется от 5 до 1500 млн. м³ и выражается следующей зависимостью:

$$V_э = \frac{1}{6} H^2 (l + 2L) (ctg\alpha_{сущ} - ctg\alpha_{пр}), \quad (1)$$

где: H – высота борта карьера, м; l, L – ширина борта карьера понизу и поверху, м; $\alpha_{сущ}, \alpha_{пр}$ – существующий и предлагаемый углы откоса борта карьера, град.

Исходные данные для построения модели в AutoCAD

$H, \text{ м}$	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	$\alpha_{np}, \text{ град}$
$V_3, \text{ млн. м}^3$	5,1	20,6	46,4	82,5	129	185	252	330	418	516	50
	8,9	35,9	80,9	143	224	323	440	575	728	899	60
	12	48,4	109	193	302	436	593	775	981	1211	70
	14	59	133	237	371	534	728	951	1203	1485	80
$l, \text{ м}$	200										
$L, \text{ м}$	4290										
$\alpha_{суц}, \text{ град}$	40										

Рис. 1. График зависимости объема пород вскрыши, сохраняемого от нарушения при увеличении угла откоса борта карьера α_{np} , град с ростом его высоты H , м:

— · — · — · — · — 50°, — · — · — · — 60°, — — — — — 70°, — — — — — 80

Подпорные стенки. Следует отметить, что увеличение угла откоса борта карьера чревато возникновением оползней и обрушений. В качестве способов их предотвращения целесообразно применять подпорные стенки [4]. Подпорные стенки – это искусственное сооружение, предназначенное для удержания находящегося за ними горного массива от обрушения. Подпорные стенки разделяют по назначению, высоте, составляющему материалу, углу наклона задней грани, принципу работы, а также по способу возведения.

Подпорная стенка подвергается различным нагрузкам, среди которых собственный вес стенки (q), давление горного массива (P_M), давление веса сооружений, расположенных на поддерживаемом массиве (P_K), давление горно-транспортного оборудования (P_O), а также давление воды (P_B) (рис. 2).

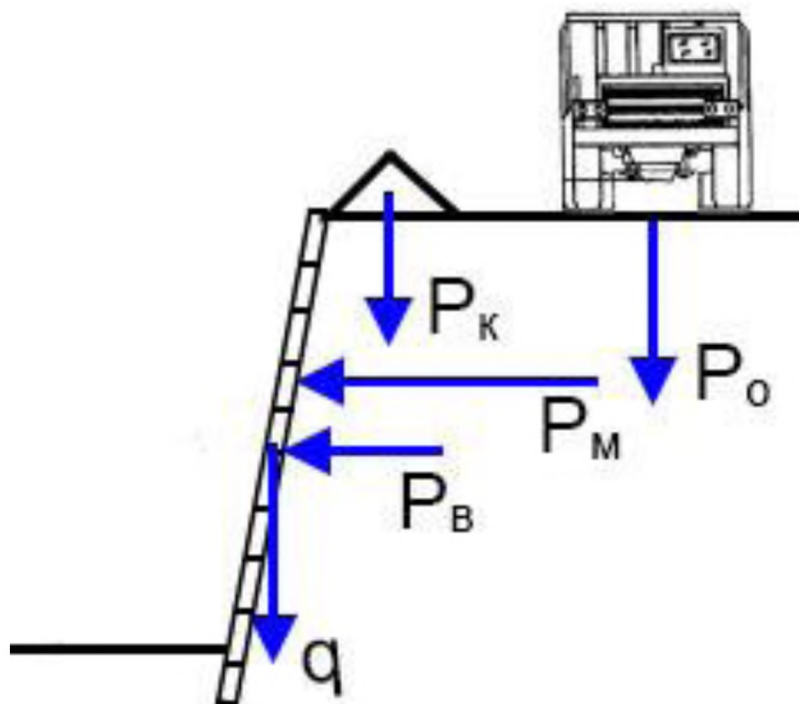


Рис. 2. Нагрузки, которым подвергается подпорная стенка на уступе нерабочего борта карьера

Стоит отметить, что работа глубоких карьеров происходит в условиях значительного притока карьерных вод. Так, в условиях карьера ЮГОКа приток подземных вод составляет $871 \text{ м}^3/\text{ч}$, а карьера ИнГОКа – $1096 \text{ м}^3/\text{ч}$. Для предотвращения отрицательного их воздействия на стенку в ее основании со стороны горного массива обычно сооружают дренажную систему. Однако это сопряжено с дополнительными расходами.

В то же время существуют стенки такой конструкции, для которых не требуется проведение дренажных систем. Они состоят из габионных сетчатых изделий. Габионы представляют собой металлические контейнеры различной формы, состоящие из металлической сетки двойного кручения, которые заполняются каменным материалом. Они предназначены для создания прочных, гибких и проницаемых массивных подпорных сооружений. Основные разновидности

сти габионов: матрацно-тюфячные и коробчатые. При возведении подпорных стен на сыпучих грунтах используются габионы с армирующей панелью. На протяжении последних лет габионы постепенно вытесняют монолитные подпорные конструкции, выигрывая в стоимости и качестве [4].

Процесс монтажа подпорной стенки происходит следующим образом. Габион раскладывают на твердой плоской поверхности, затем к его днищу крепят стенки и диафрагму, которые упрочняют конструкцию. Затем стенки и диафрагму соединяют таким образом, чтобы получить емкость в форме параллелепипеда. После этого смежные габионы соединяют специальными мембранами жесткости и устанавливают армирующие крючки. Затем по длине конструкции устанавливают опалубку для предотвращения деформации габионов и заполняют ее каменным материалом, после чего все операции повторяют.

Подпорные стенки из сетчатых габионных изделий применяют для удержания мягких пород, ограждения автодорог и железнодорожных путей, при возведении мостов и для создания террас на приусадебных участках, а также в качестве береговых укреплений русел рек. Опыт применения габионных сетчатых конструкций в условиях открытых горных работ иллюстрируется на примере Михеевского ГОКа, который находится в Челябинской области Российской Федерации. В ходе его строительства возникла необходимость сооружения дробильно-перегрузочного пункта с применением подпорных стенок высотой 30 м. Сооружение железобетонных конструкций требовало больших затрат и имело высокую стоимость.

В этой связи была предложена альтернативная конструкция подпорной стенки (рис. 3), представляющая собой армогрунтовую насыпь, удерживаемую тремя габионными блоками высотой по 10 м, разделенных двумя промежуточными площадками шириной по 2 метра, закрепленными матрацно-тюфячными габионами. В основании нижнего блока, а также по всей высоте в торцах стенки устроены железобетонные блоки. Сооружение стенки такой конструкции позволило максимально использовать местные строительные материалы из скальных пород.

Экономический эффект. Для установления эффективности предложенных решений рассчитан экономический эффект для условий карьера № 1 ЦГОКа с перспективой его разработки на глубину до 1000 м (рис. 4). Установлено, что при сохранении текущего положения верхней бровки карьера, предохраняемый от нарушения объем пород вскрыши, составляет 250 млн. м³, а экономия денежных средств за счет этого составит 3,5 млрд. грн. При увеличении глубины карьера до 1000 м появляется возможность дополнительно вовлечь в эксплуатацию около 600 млн. т полезного ископаемого, при сохранении в целике 980 млн. м³ пород вскрыши и экономии 24 млрд. грн.

Объем пород вскрыши, предохраняемый от нарушения V_9 , млн. м³ для условий карьера № 1 ЦГОКа рассчитывается по формуле:

$$V_9 = 983,4H^2 \cdot 10^{-6}. \quad (2)$$

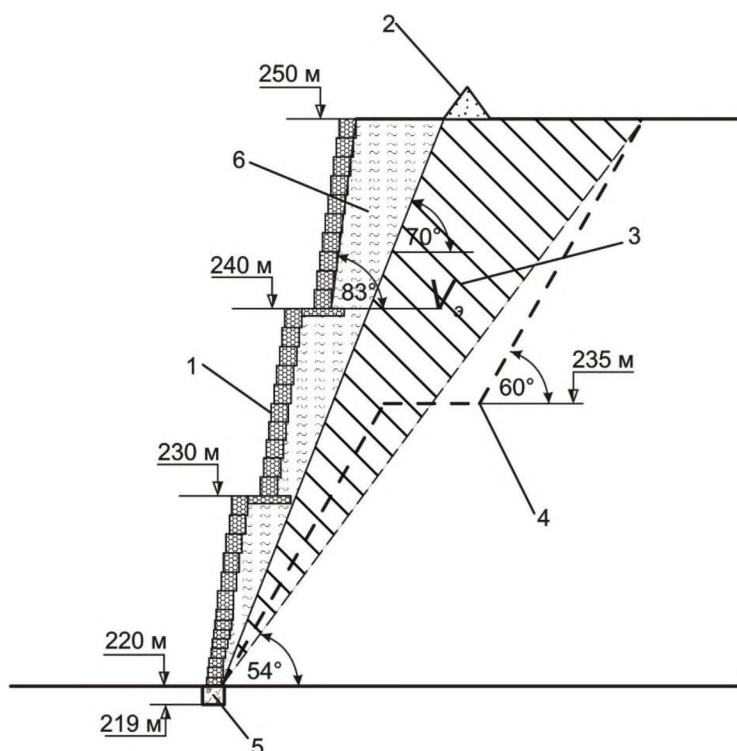


Рис. 3. Схема формирования уступов нерабочего борта карьера с возведением подпорной стенки из габионов: 1 – подпорная стенка из габионов, 2 – ограждающая насыпь, 3 – объем пород вскрыши, предохраняемый от нарушения, 4 – контур нерабочего борта традиционной конструкции, 5 – железобетонный фундамент, 6 – область уступов, частично нарушенных взрывными работами

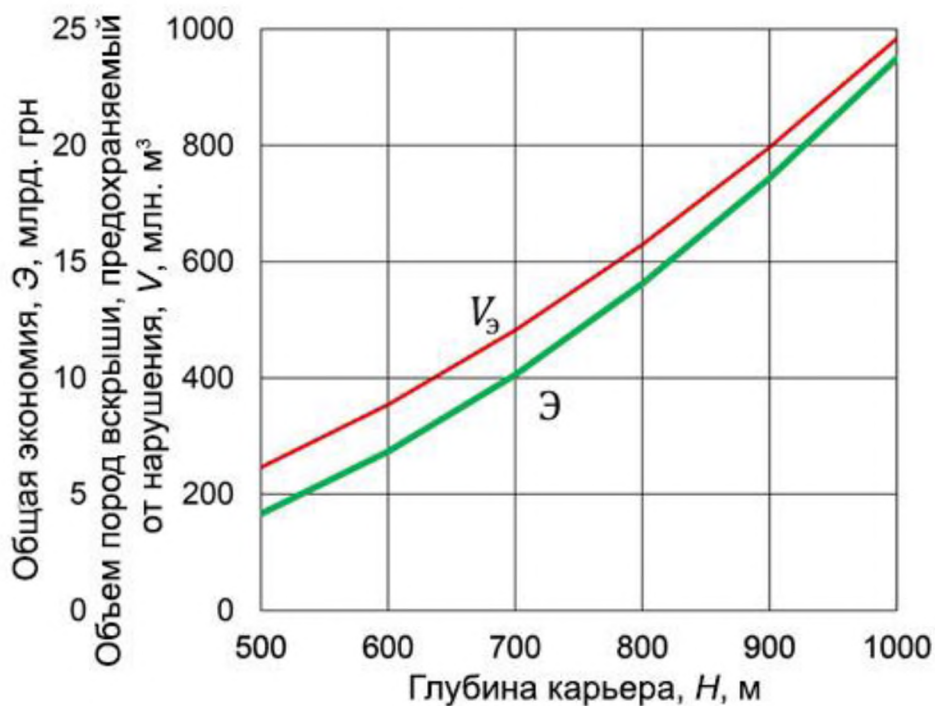


Рис. 4. – График изменения прогнозируемого экономического эффекта Э, млрд. грн с увеличением глубины карьера H, м

Прогнозируемый экономический эффект применения подпорных стенок \mathcal{E} , млрд. грн рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = (V_3 \cdot C_6 - Z_2) \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

где: V_3 – объем пород вскрыши, сохраняемый от нарушения, м³, C_6 – себестоимость 1 м³ пород вскрыши, грн; Z_2 – общие затраты на возведение подпорных стенок, грн.

Заключения и рекомендации. Основываясь на данном опыте применения подпорных стенок габионной конструкции в условиях открытых горных работ, предлагается при увеличении угла откоса бортов карьера применять габионные конструкции для удерживания горных пород от обрушения по всей протяженности бортов карьера, либо на их отдельных участках.

Установлено, что применение габионных сетчатых изделий экономически целесообразно в условиях открытых горных работ на глубину до 1000 м за счет снижения объема нарушаемого массива горных пород. При доработке карьера № 1 ЦГОКа на глубину до 500 м с сохранением текущего положения верхней бровки, экономический эффект применения габионных подпорных стенок составит 3,5 млрд. грн, а при разработке на глубину 1000 м – 24 млрд. грн.

Полученные данные рекомендуется применять в комплексе с разработанными на кафедре открытых горных работ способами открытой разработки крутопадающих месторождений [4, 5].

Перечень ссылок

1. Дриженко А.Ю. Карьерные технологические горнотранспортные системы: моногр. / А.Ю. Дриженко. – Д.: НГУ, 2011. – 542 с.
2. Дослідження техніко-економічних показників гірничодобувних підприємств України та ефективності їх роботи в умовах змінної кон'юнктури світового ринку залізорудної сировини: монографія / Є.К. Бабець, І.Є. Мельникова, С.Я. Гребенюк, С.П. Лобов ; за ред. Є.К. Бабця ; НДГРІ ДВНЗ «КНУ». – Кривий Ріг : вид. Р. А. Козлов, 2015. – 391 с.
3. Мельник Ю.И. Доработка глубоких карьеров / Ю.И. Мельник. – Д.: Наука и образование, 2000. – 184 с.
4. Повышение эффективности работы перегрузочных устройств при эксплуатации комбинированных видов транспорта с автомобильным звеном на открытой разработке месторождений Казахстана: отч. НИР 1699/ГФ4 (промежуточный) / ГВУЗ «НГУ»; науч. руков. А.Ю. Дриженко – Д., 2016. – 93 с.
5. Drizhenko A.Yu. Prospects for future mining of steep iron-ore deposits in the context of Krivbas / A.Yu. Drizhenko, A.A. Shustov, A.A. Adamchuk // Metallurgical and Mining Industry. – 2016. – № 10. – P. 46 – 52.

ABSTRACT

Purpose. To justify the prospect of opencast mining method in deep-earth part of steep iron-ore deposit with minimal overburden rock removal.

The methods of research are scientific abstracting (to data acquisition), graphic analysis (to determine decrease mining of overburden rock volume), proximate economic analysis (to calculate economic feasibility of gabion application)

Findings. Economic feasibility of gabion application is justified in case of 1000 m opencast mine depth. Finalizing of TsGOK opencast mine on 500 m depth with upper brow position conservation leads to 3,5 billion grivna economies. Economic feasibility of gabion application to 1000 m depth is 24 billion grivnas. It is stressed that gabion application is advisable to use with methods previously designed at the opencast mining department of National Mining University.

The originality is to determine the correlation between overburden rock volume lowering and pit wall altitude, slope angle, length along the top and bottom.

Practical implications. To develop recommendations for using gabion application in opencast mine finalizing to 1000 m depth.

Keywords: *opencast mine, overburden rock volume, finalizing parameters, retaining wall, gabion application.*

УДК 622.012:658.5:622.68

© В.А. Азарян, С.А. Жуков

**ОТ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РУДЫ — К
ПРОБЛЕМЕ ГЕНЕРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ РУДОПОТОКОВ КАРЬЕРА**

© V. Azarian, S. Zhukov

**FROM THE PROCESSES OF TRANSPORT AND ORE QUALITY
CONTROL TO THE PROBLEM OF GENERALIZED QUALITY CONTROL
SYSTEM OF ORE STREAM IN THE OPEN PIT**

Приведены результаты анализа состояния и детерминативов колебания качества железорудного сырья в карьерах горно-обогатительных комбинатов Кривбасса в привязке к ритмичности работы карьерного оборудования и транспорта, а также сформулирована проблема создания генерализованной общекарьерной системы управления качеством рудопотоков и пути ее решения.

Наведено результати аналізу стану та детермінативів коливання якості залізорудної сировини в кар'єрах гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу в прив'язці до ритмічності роботи кар'єрного устаткування та транспорту, а також сформульовано проблему створення генералізованої загальнокар'єрної системи управління якістю рудопотоків та шляхи її вирішення.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Известно, что качественные показатели добываемого сырья определяют цену на конечную продукцию горно-обогатительных комбинатов и их конкурентоспособность. В связи с этим обеспечение необходимого уровня качества руды и стабилизации