

**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

пределов его колебаний в рудопотоке является по важности, сложности и масштабам актуальной проблемой. Необходимость строгого и устойчивого соответствия качества сформированного рудопотока заданным качественным показателям обусловлена тем, что оптимальные режимы обогащения могут быть обеспечены только при жестко ограниченных отклонениях содержания полезного компонента именно в этом потоке, а не по каждому в отдельности, составляющим его, что является характерным для современных ГОКов.

**Анализ исследований.** На сегодняшний день разработаны и внедрены в производство различные системы, которые имеют элементы управления качеством рудопотоков карьеров: автоматизированная система управления горно-транспортным комплексом (АСУ ГТК) «КАРЬЕР» компании «ВИСТ Групп» [1], система диспетчеризации автотранспорта и контроля рудопотока "ИНТЕГРА"-«НЕВОД» [2], автоматизированная корпоративная система управления геотехнологическим комплексом на открытых разработках «ДЖЕТЫГАРА», система горно-транспортной диспетчеризации «АВТО» (Казахстан) [3]; система «КАРАТ» и «КАРАТ-М» (ЦНИИКА, РФ), система «КВАРЦИТ» (ЧАО «ИнГОК»), «Комплекс-АТ» и «ГЕРМЕС» (ЧАО «СевГОК») и др. [4]. Система компании «Quebec Cartier Mining» (Канада) имеет центральный выццентр, управляющий, как самосвалами, так и 90 группами оборудования фабрики, а, кроме того, дробильным отделением и процессами обогащения железной руды. Данная система обладает всеми признаками глобальной системы управления. Одной из современных разработок в области горно-транспортной диспетчеризации является компьютерная система RAN фирмы «Pincot, Allen and Holt Inc.» (США). Также в США разработаны система автоматического управления автосамосвалом (САУА) компании «Unit Rig Equipment», и система DISPATCH компании «Modular Mining Systems», используемая на 105 карьерах и 25 шахтах. Эта компания является ведущей, ее доля на рынке систем диспетчеризации составляет порядка 90 %. Начиная с 1983 года, выпускает свою АСУ ГТК канадская компания «Wenco International Mining Systems» [5]. ПО серверов приложений с помощью специально разработанных технологий UMP.NET обрабатывают входную информацию, а на серверах баз данных ORACLE хранится вся информация о работе оборудования. ПО рабочих мест на базе ПП XRTL Explorer, взаимодействует с базой данных через сервер приложений и системы связи транспорта с диспетчерским центром (транкинговая система радиосвязи TETRA) [5]. Высокая точность планирования ГТР достигается также благодаря применению программного комплекса имитационного моделирования работы ГТС карьеров «СЕВАДАН» (ИПМК «СЕВАДАН») для карьеров с автомобильным, железнодорожным и комбинированным транспортом.

Однако рассмотренные системы преимущественно адаптированы либо к функциям собственно диспетчеризации, либо к управлению качеством продукции в отдельно выделяемом грузопотоке из множества, существующих в глубоких карьерах крупных ГОКов, не обеспечивая управления общекарьерного.

**Постановка задачі.** Необхідність застосування генералізованої системи управління якістю загальнокар'єрних рудопотоків обумовлена об'єктивними факторами. В кар'єрах вимагається певний вміст корисного компонента в руді забезпечується, як правило, лише в середньому значенні в певному значущому часовому інтервалі (сутки, місяць). Всередині ж цього інтервалу вміст корисного компонента коливається, нерідко виходячи за межі допустимого діапазону. Тому основною задачею створення генералізованої системи управління якістю рудопотоків кар'єра є забезпечення стійкості планової якості руди, надходимої з кар'єра в цілому і мінімізації амплітудних і часових коливань вмісту корисного компонента в потоці в гарантованих межах заданого інтервалу шляхом інтеграції всіх елементів системи.

Застосування такої системи управління якістю рудопотоків дасть можливість максимально оперативно реагувати на будь-які зміни стану виробничих заходів, комплексно коригуючи роботу виемочно-погрузочного обладнання в них і транспортного — в усіх ланках загальнокар'єрного рудопотоку для забезпечення виконання планової задачі.

**Виклад матеріалу і результатів.** В реальних умовах гірського виробництва діапазон коливань якісних показників руди в рудопотоці — значущий, що, як приклад, зображено на рис. 1. В даному випадку руда, надходимої на збагачення з кар'єра №3 ГД ПАО «АрселорМіттал Кривий Ріг», має показник середньоквадратичного відхилення  $\sigma = 0,59$  при дисперсії  $D=0,35$  (середньодобові коливання). Якщо ж розглянути фактичну величину коливань якості впродовж одного години, то вона більше ніж в два рази перевищить наведені вище значення СКВ і дисперсії.

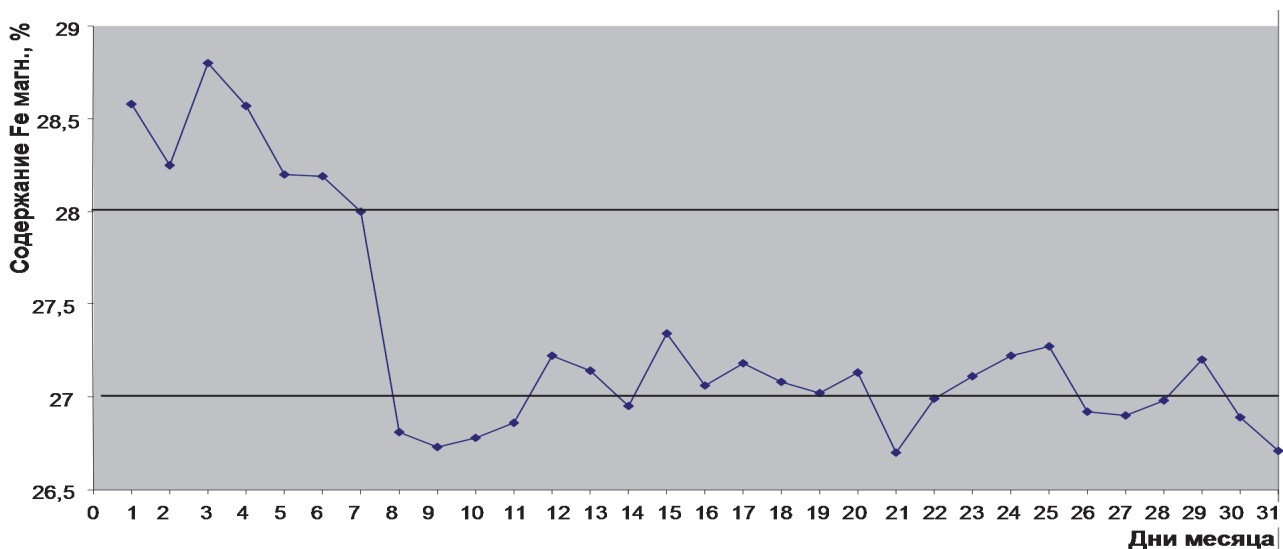


Рис. 1. Коливання вмісту заліза магнетитного в рудопотоці кар'єра №3 ГД ПАО «АрселорМіттал Кривий Ріг» за лютий місяць 2012 г

Одним из традиционных способов снижения колебаний качества является учет содержания полезного компонента в автосамосвалах. Однако, предлагаемые станции бесконтактного метода контроля качества руды в кузовах карьерных самосвалов СКРТ не могут эффективно использоваться в условиях карьера, так как толщина информационного слоя (контролируемая глубина слоя руды) – почти на два порядка меньше высоты кузова самосвала, а с учетом площади опробования датчика составляет всего 3–5% от общего объема горной массы в кузове. Исходя из этого, данные о содержании железа в относительно небольшом объеме горной массы от общего объема кузова, не могут считаться достоверными применительно ко всему объему кузова и использоваться для «помашинной» сортировки «руда-порода».

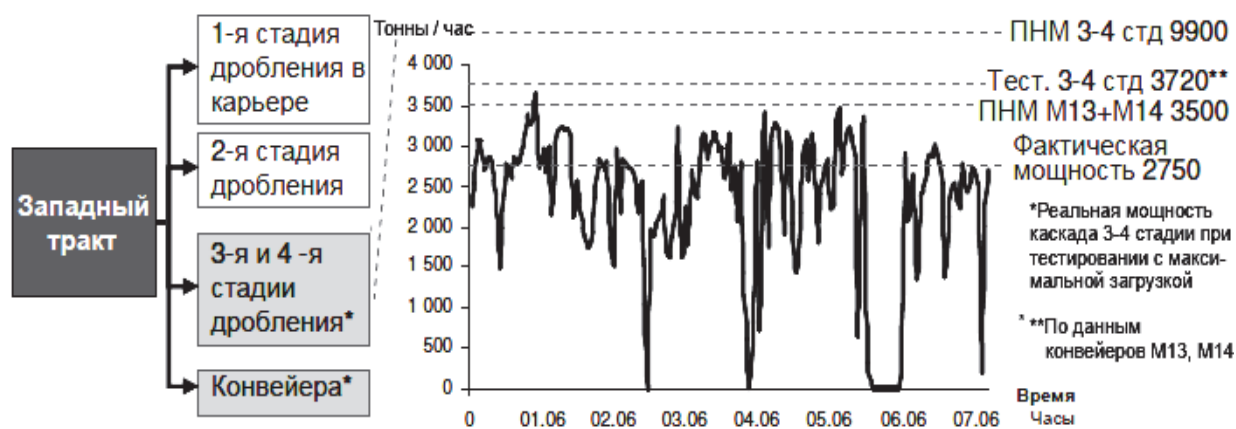


Рис. 2. Недельная почасовая производительность западного тракта – тракт работает в среднем на 67% от максимальной мощности в силу неравномерной загрузки (источник – отчетность ЧАО «ИнГОК»)

Не менее значительны колебания качества руды и в потоке ЦПТ – на конвейерных трактах, где, кроме того, существенным дополнительным фактором выступает еще и пульсация производительности трактов во времени (рис. 2, 3).

Как видно, по западному тракту:

- 3-4 стадии дробления и последующие конвейера работают в одном неравномерном режиме;
- 3-4 стадия дробления загружена в среднем на 63% ПНМ, но есть пики, при которых загрузка доходит до 97%;
- конвейера M13 и M14 загружены в среднем на 67% своей мощности, но есть пики, при которых они перегружены сверх мощности, до 104%.



Рис. 3. Недельная почасовая производительность восточного тракта – тракт работает в среднем на 83% от максимальной мощности в силу неравномерной загрузки (источник – отчетность ЧАО «ИнГОК»)

Соответственно по восточному тракту:

- оборудование восточного тракта последовательно и работает в одном режиме, который отслеживается по дробилке ККД №5 -180м;
- средняя производительность 1-й стадии дробления составляет 2 155 т/час, или 45 % ПНМ;
- конвейер 7П1 загружен в среднем на 83 % своей мощности, но есть пики, при которых он перегружены сверх мощности, до 136 %.

Для полноценного функционирования системы контроля качества необходимо наличие средств контроля его на всех этапах и процессах горного производства. При этом показатели контроля должны быть достоверными, пробы – представительными, а период опробования – обоснованным.

Необходимо также, чтобы информация о содержании полезного компонента из всех точек контроля поступала оперативно на центральный сервер для обработки и без искажения данных.

Охватывая все этапы горного производства – от забоя до склада готовой продукции, генерализованная система контроля качества рудопотоков позволит иметь достоверную картину изменения качественных характеристик в массиве, в развале взорванной горной массы, а также в сформированном общекарьерном рудопотоке и тем самым управлять последним.

Средства и системы контроля качества, разработанные коллективом научно-исследовательской проблемно-отраслевой лаборатории контроля и управления качеством минерального сырья ГВУЗ «Криворожский национальный университет», на сегодняшний день наиболее полно охватывают основные этапы ведения горных работ.

На рис. 4 приведена общая схема системы контроля качества железорудного карьера. Данная система позволяет производить контроль, как дискретно, так и в потоке на конвейере. Информация о содержании полезного компонента, собранная на различных этапах, позволяет осуществлять анализ и принимать оперативные технологические решения по управлению качеством рудопотока.

Средства по контролю качества, входящие в систему, можно классифицировать следующим образом:

- контроль качества железорудного сырья в естественном залегании (каротаж) по железу общему и железу, связанному с магнетитом;
- контроль качества во взорванной горной массе – железо общее и магнитное;
- контроль качества в рудопотоке ЦПТ – железо общее;
- контроль качества на рудном складе – железо общее и магнитное;
- контроль качества на входе ОФ в потоке на конвейере.

Каротаж скважин осуществляется каротажной станцией «Карьер-Кривбасс» путем опробования массива горных пород в шарошечных скважинах. Данная станция позволяет осуществлять одновременный каротаж на железо общее и магнитное с фиксацией данных о содержании полезного компонента в бортовом компьютере.



Рис. 4. Система контроля качества железорудного карьера

Также каротаж на железо магнитное можно производить при помощи переносного устройства ПАКС-5КК, состоящего из измерительного пульта и каротажного зонда. Данные, полученные в результате каротажа, позволяют построить модель распределения содержания полезного компонента в блоке, подготовленном для взрывания, и тем самым спрогнозировать динамику изменения качества при последующей отработке добычного забоя.

После взрывания происходит перемешивание рудной массы, что обуславливает необходимость технологического контроля содержания общего железа (ПАКС-ТК) и железа, связанного с магнетитом (ПАКС-5МК) в процессе отработки забоя. Эти данные используются для текущего контроля соответствия фактических показателей качества расчетным данным, используемым при решении шихтовочной задачи при определении сменного задания.



Система, позволяющая осуществлять максимально эффективное управление качеством рудопотоков карьера, может быть создана на основе синергии двух систем: системы оперативного контроля качества и системы управления качеством. При этом контроль качества должен производиться геофизическими и магнитными методами, как дискретно, так и непрерывно, на всех этапах производства, а управление качеством осуществляется не только ставшим уже традиционным методом усреднения, но также с помощью специально разработанных в ГВУЗ «КНУ» технических средств, среди которых следует особо выделить мобильный дробильно-сортировочный радиометрический комплекс (МДСРК).[6] Данный комплекс позволяет существенно снизить колебания качества в общекарьерном рудопотоке за счет отсека некондиционной горной массы в забоях приконтактной зоны «руда-порода».

Кроме того, в настоящее время авторы исследуют относительно управления качеством рудопотоков операционные возможности перегрузочных узлов конвейерных трактов на примере ЦПТ ЧАО «ИнГОК» (рис. 5), с учетом Комплексного проекта поэтапного развития горных работ и переработки минерального сырья до конца отработки Ингулецкого месторождения (ГП «ГПИ «Кривбаспроект», 04237-1211/1110-1-ПЗ).

Решение проблемы стабилизации качества в общекарьерном рудопотоке возможно с применением предлагаемой системы контроля и управления качеством, которая выполняет максимально адекватно функцию воздействия на выемочно-погрузочное и транспортное оборудование с учетом неодновременного начала работы забоев, плановых и внеплановых простоев техники, изменений расстояний транспортировки до ЦПТ, изменения содержания полезного компонента в забоях, а также позволяет отслеживать истинные показатели качества в рудопотоке и сопоставлять их с плановыми показателями. При отклонении показателей за пределы заданного диапазона центральный сервер системы будет производить не только перерасчет распределения нагрузки на забои, но и интенсивность отдельных рудопотоков, формируя структуру рудопотока общего, обеспечивая тем самым стабильность качества общекарьерного потока сырья, следующего на обогащение.

Теоретические работы по управлению качеством продукции в карьерах, проведенные в Криворожском техническом университете под руководством проф. Бызова В.Ф., и практические разработки научного коллектива научно-исследовательской проблемно-отраслевой лаборатории контроля и управления качеством минерального сырья при Криворожском национальном университете создали объективные предпосылки для создания генерализованной системы контроля и управления качеством рудопотоков карьера как основы технологии управления качеством рудопотоков карьеров.

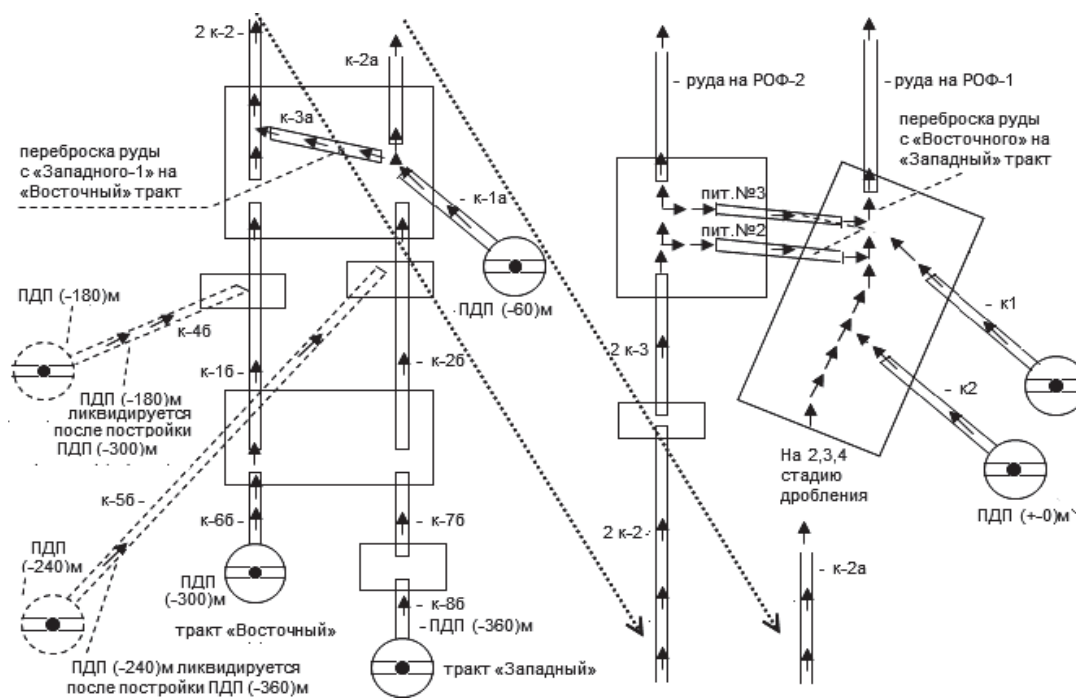


Рис. 5. Схема транспортировки руды на РОФ-1 и РОФ-2 ЧАО «ИнГОК» с учетом переброски с тракта на тракт

**Выводы.** В настоящее время имеются все предпосылки, необходимые для создания на ГОКах генерализованных систем управления качеством рудопотоков карьера, что обеспечит устойчиво плановое качество руды, поступающей из карьера в целом, и минимизацию амплитудных и частотных колебаний содержания полезного компонента в ее потоке в границах заданного интервала путем интеграции всех элементов системы. Проблема объединяет в себе решение ряда локальных задач:

1. Обеспечение дискретного оперативного контроля качества в забоях методами геофизического опробования и непрерывного контроля качества в рудопотоке с целью получения достоверных данных о содержании железа.
2. Создание новых технических средств контроля и сортировки сырья.
3. Создание каналов надежной связи для передачи информации о результатах оперативного контроля качества на центральный сервер.
4. Привязка всех выемочно-погрузочных и транспортных единиц оборудования к системе глобального позиционирования GPS с целью контроля их положения и последующего управления ими.
5. Создание объединенных каналов обратной связи диспетчерского пункта системы с экскаваторами и автосамосвалами с целью управления процессом формирования рудопотоков.
6. Программная корректировка нагрузки при отклонении качества в забоях от расчетного значения или в рудопотоке от планового.
7. Оптимизация процесса обогащения за счет стабилизации качественных показателей общекарьерного рудопотока, что положительно повлияет на режим



энергосбережения, позволит снизить себестоимость конечной продукции и повысить прибыль горно-обогатительного комбината.

#### **Перечень ссылок**

1. «Автоматизированные системы управления автотранспортом и процессом рудопотока» [Электронный ресурс] // Сайт «ИНТЕГРА» ООО «Интегра Групп», 2006 – Режим доступа <http://www.integra-gr.ru/page/avtomatizirovannii-sistemi-upravleniya.html>
2. Владимиров Д.Я. Система диспетчеризации «КАРЬЕР»: от мониторинга большегрузных автосамосвалов к управлению горно-транспортным комплексом и оптимизации горных работ в карьере / Владимиров Д.Я., Клебанов А.Ф., Перепелицын А.И // Горная промышленность, 2004. – №4. – С. 132-135.
3. Галиев С.Ж., Методика оперативного мониторинга и управления рудопотоком. / С.Ж. Галиев, А.А. Бояндинова, Ж.А. Адилханова, К.К. Жусупов, С.Е. Пуненков. // Научный журнал КазНТУ "Вестник". Наука о земле, – Алматы, 2009. С. 64–70.
4. <http://www.yellowpages.com/lakewood-co/mip/pincock-allen-and-holt-463411136>
5. <http://www.wencomine.com/>
6. Пат. №85053 Украина, В07В 1/00. Мобильный дробильно-сортировочный радиометрический комплекс / А.А. Азарян, В.А. Азарян, Ю.Е. Цыбулевский – 2013. Бюл. № 21, опубл. 11.11.2013 г.

#### **ABSTRACT**

The results of analysis of the condition and determinatives fluctuation of iron ore quality in open pits of mining and processing plants of Kryvbass in relation to the regularity of the pace of pit equipment and transportation are given, as well as the problem of creating a generalized quality control system of ore stream of the open pit and its solutions are formulated.

**Objectives.** The main objective of the research is to determine the main factors influencing the fluctuations of the ore quality in open pit raw material, allowance for which is required for the creation of generalized quality control system of ore stream in the open pit and formulation of the problematic level assessing the feasibility of creating that kind of system, and its implementation techniques as a technology of the open pit.

**The methods** of research are to analyze of geological data on the iron-ore deposits of Kryvbass, project documentation, production data of the mining and processing enterprises of Ukraine and foreign open pits, scientific publications and their subsequent synthesis and formulation of the developed provisions.

**Conclusions.** The key point and peculiarities of the modern problem of raw materials quality control in the iron ore of open pits, the organizational and technological tasks in creation of generalized quality control system of ore stream in the processing plant have been defined, which will provide the sustainable quality of ore coming from the pit in general, and minimize the amplitude and frequency fluctuations of the grade of mined ore in the flow within the limits of specified interval by integrating all elements of the system.

**The originality** is to determine the systematic approach in solution to the stated problem, and a number of the proprietary technical solutions.

**Implementation.** To develop recommendations for using the generalized quality control system of ore stream in the open pit. Further development and manufacturing application of the research results will provide a significant reduction in the cost price of iron ore products by increasing the efficiency of ore enrichment and quality of manufactured articles of the mining and processing plants.

**Keywords:** *ore, capping, open pit, loadings, transport, ore stream, quality control.*

УДК 622.271

© О.А. Анисимов

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ШИРИНУ КРУТОНАКЛОННОГО СЛОЯ ПРИ ОТРАБОТКЕ КРУТОПАДАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

© O. Anisimov

**RESEARCH OF THE FORMATION OF MECHANIZED COMPLEXES AND THEIR INFLUENCE ON THE WIDTH OF STEEPLY INCLINED LAYERS IN MINING STEEP DEPOSITS**

Проанализированы основные параметры выпускаемого горнотранспортного оборудования. Выделены классы оборудования, что позволяет определять основные параметры технологических схем при отработке крутопадающих месторождений крутонаклонными слоями.

Проаналізовано основні параметри гірничотранспортного обладнання. Виділені класи обладнання, що дозволяє визначати основні параметри технологічних схем при відпрацюванні крутоспадаючих родовищ крутонахиленими шарами.

**Введение.** Планирование вскрышных и добычных работ взаимосвязано и должно обеспечить равномерную добычу полезного ископаемого, полное использование производственных мощностей основного горнотранспортного оборудования и выполнение объемов вскрышных работ в соответствии с принятым режимом горных работ. Обязательным условием является опережение вскрышных работ, которые должны обеспечивать выемку заданных объемов добычи, подготовку нижележащих горизонтов, с учетом объемов вскрытых и готовых к выемке запасов. В настоящее время существует множество технологических схем разработки скальной породы. Они предусматривают выполнение основных технологических процессов: подготовку скальной породы к выемке (буровзрывные работы), выемочно-погрузочные работы, транспортирование и складирование полезного ископаемого и отвалообразование пород вскрыши. В процессе отработки скальных пород может изменяться направление отработки, параметры рабочего оборудования и, соответственно, параметры горных работ [1].