



РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.012:658.5:622.68

Азарян В. А., к.т.н., доцент, Жуков С. А., д.т.н., профессор
(ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог)

ПРОБЛЕМА ГЕНЕРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ РУДОПОТОКОВ КАРЬЕРА И ЕЕ АЛГОРИТМИЗАЦИЯ

Определены факторы и особенности колебания качества железорудного сырья в карьерах горно-обогатительных комбинатов Кривбасса во взаимосвязи с составом и ритмичностью работы карьерного оборудования и транспорта. Описан принцип формирования рудопотоков в карьерах. Представлена характеристика процесса обогащения руды. Сформулирована проблема создания генерализованной общекарьерной системы управления качеством рудопотоков и пути ее решения. Изложена последовательность алгоритмизации решения проблемы.

Ключевые слова: руда, вскрыша, карьер, погрузка, транспорт, рудопоток, управление качеством, алгоритм.

Проблема и ее связь с практическими задачами. 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» (ИнГОК), «Комплекс-АТ» и «ГЕРМЕС» (СевГОК) (Украина) и др. [4]. Система компании «Quebec Cartier Mining» (Канада) имеет центральный вычислительный центр, 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», используемой 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 ГТК карьеров «СЕВАДАН» (ИПМК «СЕВАДАН») для карьеров с авто-, ж-д 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 ГОКов, не обеспечивая управления общекарьерного.

Постановка задания. Необходимость применения генерализованной системы управления качеством общекарьерных рудопотоков обусловлена объективными факторами. В карьерах требуемое содержание полезного компонента в руде обеспечивается, как правило, лишь в среднем значении в некотором значительном временном интервале (сутки, месяц). Внутри же этого интервала содержание полезного компонента колеблется, нередко выходя за пределы допустимого диапазона. Поэтому основной задачей создания генерализованной системы управления качеством рудопотоков карьера является



ся обеспечение устойчиво планового качества руды, поступающей из карьера в целом и минимизация амплитудных и временных колебаний содержания полезного компонента в потоке в гарантированных границах заданного интервала путем интеграции всех элементов системы.

Применение такой системы управления качеством рудопотоков даст возможность максимально оперативно реагировать на любое изменение состояния добычных забоев, комплексно корректируя работу выемочно-погрузочного оборудования в них и транспортного – во всех звеньях общекарьерного рудопотока для обеспечения выполнения планового задания.

Изложение материала и результатов. Анализ отчетности ГОКов Кривбасса показал, насколько весомым является процесс обогащения руды в структуре общих затрат на производство минеральной продукции. На рис. 1 приведено распределение затрат по основным технологическим процессам (вскрышные работы, добычные работы и обогащение) для СевГОКа, «ЦГОКа, ЮГОКа и Полтавского ГОКа. Из диаграмм видно, что большую часть в затратах каждого их этих комбинатов занимают расходы на обогащение. Стабилизация качественных показателей рудопотока выводит расход энергоресурсов в оптимальный режим.

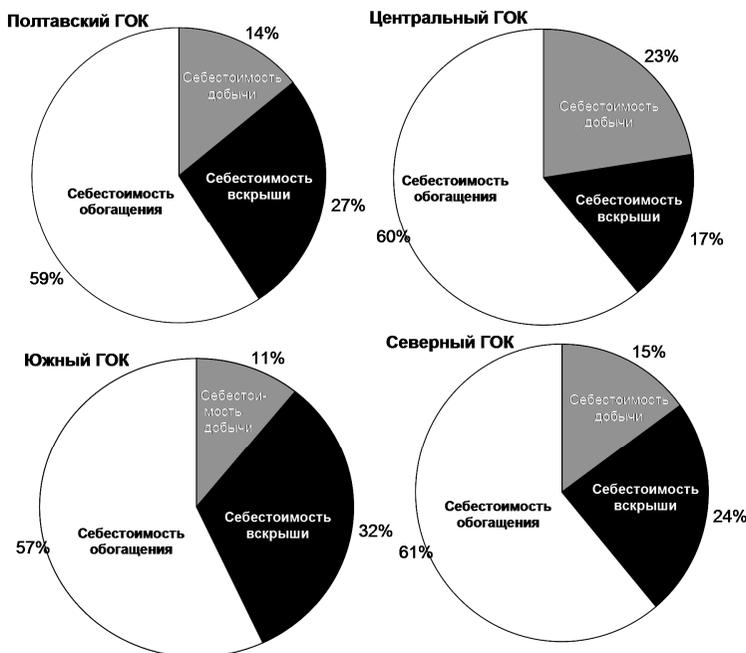


Рис. 1. Диаграммы себестоимости производственных процессов ГОКов Украины

В то же время стабилизация качества продукции в ее потоке зависит от множества факторов, главными из которых являются геологические и технологические. Геологические существенно сказываются на циклически организованных первичных грузопотоках карьера (рис. 2). В конечных же магистральных конвейерных потоках наиболее существенно проявляются вторые (рис. 3).

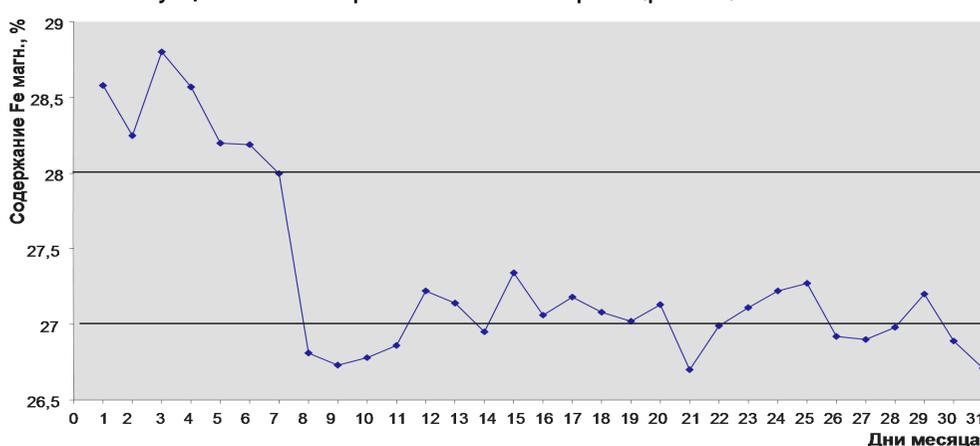


Рис. 2. Колебания содержания железа магнитного в рудопотоке карьера №3 ГД ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» за январь месяц 2012 г.

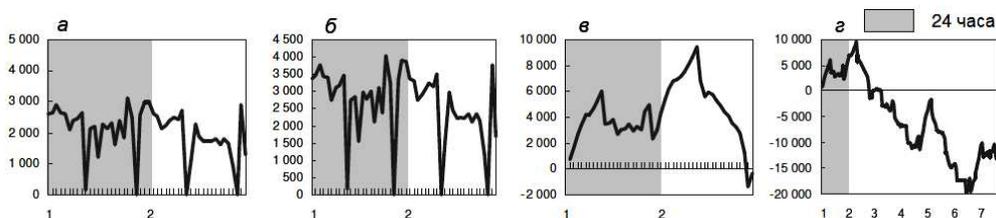


Рис. 3. Характер пульсаций реальной загрузки тракта ЦПТ ИнГОКа

При этом операционно-регулируемый резерв ЦПТ, как видно из рис. 4 на примере западного тракта ИнГОКа, является весьма ограниченным вследствие наличия множества «узких мест».

Наряду с этим и вследствие влияния отмеченных факторов системы горно-транспортной диспетчеризации не могут должным образом обеспечить эффективное управление качеством рудопотоков карьера, но главным образом – в связи с тем, что в их структуре не предусмотрен генерализованный в масштабах рудника оперативный контроль содержания полезного компонента в забоях и в сформированном рудопотоке.

Данные же моделирования или геометризаци не всегда позволяют получать достоверную и своевременную информацию о динамике изменения качества в забоях и в рудопотоке. А отсутствие



достоверных сведений о содержании полезного компонента в забоях и в рудопотоке в режиме реального времени значительно снижает эффективность систем горно-транспортной диспетчеризации при управлении качеством.

Наличие ручного ввода данных в серверы систем горно-транспортной диспетчеризации снижает их надежность и ставит под сомнение автоматизированность процесса управления.

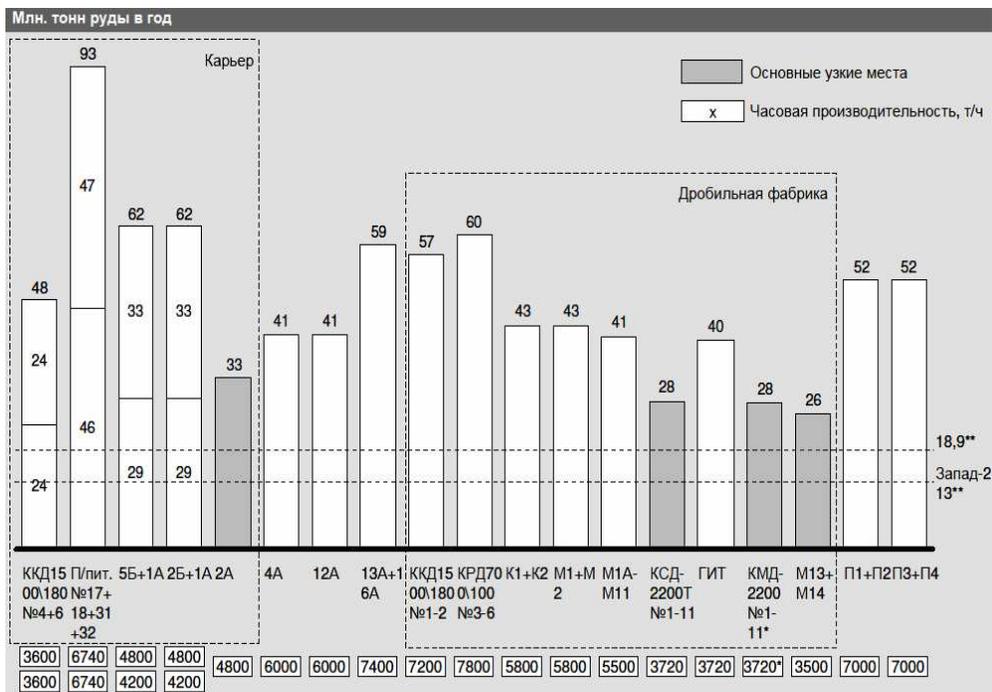


Рис. 4. Технический лимит оборудования западного тракта ИнГОКа

Анализ физико-химических свойств сырья железорудных карьеров Кривбасса свидетельствует о сложном и неоднородном строении рудных тел, что вызывает значительные колебания качества в рудопотоках при отработке данных месторождений. Поэтому существующие системы контроля качества в железорудных карьерах не обеспечивают необходимой точности контроля содержания полезного компонента, не обладают достаточными средствами контроля и не охватывают основные этапы горного производства.

Отсутствие каналов связи для передачи данных на центральный сервер снижают эффективность существующих систем контроля качества в железорудных карьерах.

Поэтому только применение генерализованной общекарьерной технологии управления качеством рудопотоков карьеров обеспечит решение следующих важнейших задач:

- расширения сырьевой базы Украины и повышения конкурентоспособности горнодобывающей промышленности;
- построения рациональной эколого-экономической модели ГОКов;
- обеспечения режимов ресурсо- и энергосбережения горно-обогатительных производств.

Технология управления качеством должна гибко реагировать на изменения характеристик рудопотока в режиме реального времени, обеспечивая минимальное значение критерия эффективности F .

В связи с этим было разработано новое техническое решение. Предлагаемый вариант мобильного дробильно-сортировочного радиометрического комплекса (МДСРК) является синергией мобильного дробильного комплекса и радиометрического сепаратора.

Основным технологическим преимуществом МДСРК является его мобильность, которая позволяет ему перемещаться вслед за продвижением забоя, экскавируемая рудная масса загружается непосредственно в приемный бункер комплекса. При этом не требуется дополнительное транспортное звено, снижаются капитальные затраты за счет отсутствия необходимости в подготовленной площадке и капитальных сооружениях, в которых размещается стационарный комплекс сортировки.

Функциональная схема мобильного дробильно-сортировочного комплекса состоит из приемного бункера 1, вибропитателя 2, дробилки 3, виброгрохота 4, конвейера 5, источника ионизирующего излучения 6, датчика излучения 7, блока обработки сигнала 8, исполнительного устройства (шибера) 9, рудного отсека бункера 10, породного отсека бункера 11, рудного конвейера 12, породного конвейера 13, смонтированных на общем шасси в виде единого агрегата (рис. 5).

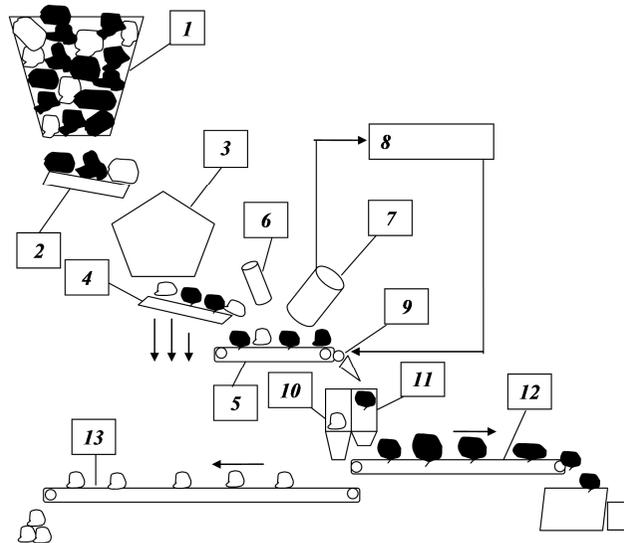


Рис. 5. Функциональная схема мобильного дробильно-сортировочного радиометрического комплекса

Взорванная горная масса экскаватором загружается в приемный бункер, вибропитателем подается в дробилку, затем мелкий класс удаляется с помощью грохота (4), по конвейеру (5) надрешетный материал подается в зону измерения, где рудная масса подвергается воздействию гамма-излучения. Рассеянное гамма-излучение регистрируется датчиком (7), сигнал с которого поступает в измерительный блок, где формируется командный импульс для управления разделительным устройством (шибер 9). Шиберное устройство разделяет исходную горную массу на продукты обогащения и направляет в соответствующие бункера.

Теоретические работы по управлению качеством продукции в карьерах, проведенные в Криворожском национальном университете под руководством проф. Бызова В.Ф., и практические разработки научного коллектива Проблемно-отраслевой лаборатории контроля и управления качеством минерального сырья при ГВУЗ «Криворожский национальный университет» создали объективные предпосылки для создания генерализованной системы контроля и управления качеством рудопотоков карьеров, которая будет являться основой общекарьерной технологии управления качеством рудопотоков карьеров.

Основная задача системы управления качеством рудопотоков карьеров – обеспечение заданной величины содержания полезного компонента и минимизация его колебаний в определенном гранич-

ном діапазоні. Вона об'єднує в собі рішення ряду локальних завдань:

1. Обеспечение дискретного оперативного контролю качества в забоях методами геофизического опробования и непрерывного контроля качества в рудопотоке с целью получения достоверных данных о содержании полезного компонента;

2. Создание каналов надежной связи для передачи информации о результатах оперативного контроля качества на центральный сервер;

3. Привязка всех выемочно-погрузочных и транспортных единиц оборудования к системе глобального позиционирования GPS с целью контроля их положения и последующего управления ими;

4. Создание объединенных каналов обратной связи диспетчерского пункта системы с экскаваторами и автосамосвалами с целью управления процессом формирования рудопотоков.

5. Программная корректировка нагрузки при отклонении качества в забоях от расчетного значения или в рудопотоке от планового.

Для алгоритмизации данных исследований была разработана следующая структурная схема, отражающая основные этапы их выполнения рис. 6.

Согласно приведенной схеме, на первом этапе производился критический обзор систем управления качеством в рудопотоках карьеров и систем контроля качества, рассматривались характеристики физико-химических свойств сырья железорудных ГОКов Украины, а также определялись основные цели и задачи управления качеством в рудопотоках карьеров. Производился анализ различных систем горной диспетчеризации с точки зрения возможности использования их в дальнейшем как элемента генерализованной технологии управления качеством рудопотоков карьеров.



Рис. 6. Структурная схема исследований и их алгоритмизации

Второй этап включает исследование и классификацию факторов, влияющих на точность оперативного контроля и эффективность управления качеством в рудопотоках карьеров. При этом исследуются факторы, влияющие на точность контроля качества минерального сырья в массиве, при каротаже скважин, в забое, после взрывания, в потоке, на конвейерной ленте.

Также на этом этапе были исследованы технологические факторы, влияющие на качественные показатели рудопотоков, рассмотрено влияние нестабильности качества минерального сырья на по-

казатели обогащения, а также исследовано влияние качественных характеристик рудопотоков на технико-экономические показатели горно-обогатительных комбинатов. Третий этап главным образом сосредоточен на разработке математических моделей процессов стабилизации качества рудопотоков карьера. В данном разделе разработана математическая модель системы управления качеством рудопотоков карьера с использованием теории управления, математическая модель стабилизации качественных характеристик рудопотока, выполнено исследование случайного процесса, описывающего содержание полезного компонента в рудопотоке с целью его прогнозирования и последующей стабилизации колебаний. Вторая часть третьего раздела разрабатывает обоснование периода опробования забоев карьера: на основе статистических данных и по критерию минимизации потери информации, а также в ней проведено исследование влияния периода опробования на показатель прибыли горно-обогатительного комбината.

Четвертый этап посвящен мобильному дробильно-сортировочному радиометрическому комплексу, который рассматривается как составная часть генерализованной технологии управления качеством рудопотоков железорудного карьера: описано влияние эффективного ядерного номера на процесс радиометрической сортировки железорудного сырья в забое карьера, разработана функциональная схема, алгоритм и методология применения мобильного дробильно-сортировочного радиометрического комплекса, а также произведено обоснование использования МДСРК в условиях железорудного карьера. Рассмотрен технологический, экономический и экологический эффект, получаемый от применения мобильного дробильно-сортировочного радиометрического комплекса.

Пятый этап посвящен разработке функциональной схемы и алгоритма генерализованной технологии управления качеством рудопотоков карьера. В этом же разделе определены критерии оценки точности оперативного контроля качества и эффективности управления качеством железорудного сырья в рудопотоках карьера.

Шестой этап содержит анализ целесообразности применения генерализованной технологии управления качеством рудопотоков карьера в условиях железорудных ГОКов Украины. В этом блоке выполнено технико-экономическое обоснование и разработан алгоритм технологической и экономической оценки применения генерализованной технологии управления качеством рудопотоков карье-



ров, дана екологічна оцінка її використання і приведені норми радіаційної безпеки.

Висновки. Виконаний аналіз доступної інформації і авторські розробки свідчать про те, що існують всі передумови, необхідні для створення на ГОКах генералізованих систем управління якістю рудопотоку кар'єра, що забезпечить стійке якість руди, поступаючої з кар'єра на обогачення, і мінімізацію амплітудних і частотних коливань вмісту корисного компонента в її потоці в межах заданого інтервалу шляхом інтеграції всіх елементів системи згідно розробленому алгоритму.

1. Автоматизовані системи управління автотранспортом і процесом рудопотоку [Електронний ресурс] // Сайт «ИНТЕГРА» ООО «Интегра Групп», 2006 – Режим доступу <http://www.integra-gr.ru/page /avtomatizirovannie-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. XRTL Explorer
7. <http://ncgt.kz/%D0%-B8%D0%BF%D0%BC%D0%BA3.html>

Рецензент: д.т.н., професор Маланчук В. З. (НУВГП)

Azarian V. A., Candidate of Engineering, Associate Professor (Kryvyi Rih National University) **Zhukov S. O., Doctor of Engineering, Professor** (Kryvyi Rih National University)

PROBLEM OF GENERALIZED QUALITY CONTROL SYSTEM OF ORE STREAM IN THE OPEN PIT AND ITS SOLUTION ALGORITHM

The factors and features of iron ore quality fluctuation in open pits of Kryvbass mining Plant 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.

The main objective of the research is 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 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 are 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. An algorithm for solving this problem is given.

Development recommendations for using the generalized quality control system of ore stream in the open pit are proposed. 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, algorithm.**

Азарян В. А., к.т.н., доцент, Жуков С. О., д.т.н, професор (ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг)

ПРОБЛЕМА ГЕНЕРАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ РУДОПОТОКІВ КАР'ЄРУ ТА ЇЇ АЛГОРИТМІЗАЦІЯ

Визначено фактори й особливості коливання якості залізорудної сировини в кар'єрах гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу у взаємозв'язку зі складом та ритмічністю роботи кар'єрного устаткування і транспорту. Описано принцип формування рудопотоків у кар'єрах. Подано характеристику процесу збагачення руди. Сформульовано проблему створення генералізованої загальнокар'єрної системи управління якістю рудопотоків та шляхи її вирішення. Викладено послідовність алгоритмізації вирішення проблеми.

***Ключові слова:* руда, розкриття, кар'єр, навантаження, транспорт, рудопотік, управління якістю, алгоритм.**
