

УДК 622.012:658.5:622.68

В.А. АЗАРЯН, канд. техн. наук, доц., Криворожский национальный университет

КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РУДОПОТОКОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

Цель. Целью данной работы является обоснование технологии управления качеством рудопотоков железорудных горно-обогатительных комбинатов (ГОКов). Качество продукции комбината напрямую зависит от характеристик исходной руды, поступающей на рудообогатительную фабрику (РОФ) в виде интегрированного финального рудопотока, т.к. оптимальные режимы обогащения возможны лишь при строго определенных показателях содержания полезного компонента.

Методы исследований. Исследование синергетического эффекта от объединения систем контроля и управления качеством для создания технологии, основной целью которой является выполнение требований к однородности и допустимому диапазону колебаний качества железорудного сырья финального рудопотока комбината.

Научная новизна заключается в обосновании новой технологии управления качеством рудопотоков железорудных ГОКов, концепция создания которой основана на синергетическом эффекте от объединения автоматизированной системы диспетчерского управления с единой интегрированной системой контроля качества комбината.

Практическое значение заключается в том, что достоверная и своевременная информация о содержании полезного компонента позволяет принимать оперативные технологические решения по управлению качеством рудного грузопотока и формировать его в границах заданного диапазона. Средства и системы по контролю качества, разработанные в проблемно-отраслевой лаборатории ГВУЗ «Криворожский национальный университет», охватывают основные этапы производства открытых горных работ, обеспечивают оперативную информацию о состоянии массива во взрывном блоке, во взорванной горной массе, в рудном потоке на конвейере, на рудсладе и могут обеспечить функционирование технологии управления качеством.

Выводы. Технология управления качеством позволяет формировать финальный рудопоток комбината с заданными значениями содержания полезного компонента, и построена на принципе применения усреднения в качестве способа воздействия на основании достоверной и своевременной информации.

Ключевые слова: Рудопоток, стабильность качественных характеристик, система контроля качества, система управления качеством, диапазон колебаний содержания полезного компонента.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-46-159-164

Проблема и ее связь с основными научными и практическими заданиями. Рудопоток – это сформированный путем смешивания объем руды, который характеризуется входными (формирующими) показателями: значением объема отгруженной руды и содержанием полезного компонента (с.п.к.) из каждого забоя, а также выходными показателями: значением общего объема, динамикой изменения качественных характеристик по верхней и нижней границе допустимого диапазона и средним показателем содержания полезного компонента.

Показатели качества продукции горно-обогатительного комбината определяют величину отпускной цены на нее и влияют на технико-экономические показатели работы всего предприятия. В свою очередь, качество конечной продукции ГОКа напрямую зависит от характеристик исходной руды, поступающей на обогащение, т. е. от с.п.к. финального рудопотока [1]. Поэтому возможность формирования рудопотока с заданными качественными характеристиками была и остается одной из наиболее актуальных производственных задач при открытой разработки железорудных месторождений.

Анализ исследований и публикаций. Технологическая эффективность стабилизации качественных показателей рудного сырья доказана исследованиями таких известных ученых, как Ю.И. Анистратов, С.Я. Арсеньев, П.П. Бастан, В.Ф. Бызов, Ф.Г. Грачев, Ю.Е. Капутин, Г.Г. Ломоносов, А.К. Порцевский, А.Д. Прудовский, В.В. Ржевский, М.С. Четверик, Б.П. Юматов, а также повседневной практикой работы горно-обогатительных комбинатов.

Постановка задачи. Эффективное управление качеством рудопотоков обеспечивается технологией, одной из основных задач которой является выполнение требований к однородности и допустимому диапазону колебаний качественного состава железорудного сырья. При этом рудопоток всегда будет иметь определенную динамику изменения качества, которая обусловлена неравномерностью распределения с.п.к. по забоям, динамикой изменения содержания по мере отработки месторождения и неритмичностью работы выемочного и транспортного оборудования. При отклонении показателей содержания полезного компонента за границы заданного диапазона, система должна производить корректировку, которая выражается в перераспреде-

нии нагрузки на забои, использования демпферных усреднительных рудскладов и внешних источников сырья.

Изложение материала и результаты. На сегодняшний день разработаны и внедрены в производство различные системы, которые имеют признаки управления качеством рудопотоков: АСУ горно-транспортного комплекса (ГТК) «Карьер» компании «ВИСТ Групп» [2], диспетчеризации автотранспорта и контроля рудопотока "Интегра-Невод" [3], корпоративная АСУ ГТК «Джетыгара», система горно-транспортной диспетчеризации «АВТО» (Казахстан) [4]; система «Карат» и «Карат-М» (ЦНИИКА, РФ), система «Кварцит» (ЧАО «ИнГОК»), «Комплекс-АТ» и «Гермес» (ЧАО «СевГОК») и др. [5].

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 общекорпоративного, финального рудопотока. При этом данные системы, как правило, имеют общий недостаток, выражающийся в отсутствии контроля качества на основных этапах производства.

Необходимость строгого и устойчивого соответствия качества сформированного финального рудопотока заданным качественным показателям обусловлена тем, что оптимальные режимы обогащения могут быть обеспечены только при жестко ограниченных отклонениях содержания полезного компонента. При рассмотрении финального рудного грузопотока как генерализованной системы совокупность отдельных технологических задач перерастает в обобщенную проблему, решение которой позволит максимально эффективно стабилизировать качество поступающей на обогащение руды.

Управление качеством невозможно без оперативного контроля, так как информация о реальных показателях с.п.к. позволяет сопоставлять расчетные параметры качества руды в рудопотоке с фактическими, что необходимо для принятия решений.

Для формирования рудопотока карьера с заданными качественными характеристиками первоначально необходимо проведение доразведки взрывного блока путем каротажа, а для управления качеством рудопотока – контроль качественных характеристик в процессе добычи на основании методики оптимального периода опробования забоев [6].

Средства и системы по контролю качества, разработанные коллективом проблемно-отраслевой лаборатории ГВУЗ «Криворожский национальный университет», на сегодняшний день наиболее полно охватывают основные технологические процессы открытых горных работ. На рис. 1 приведена общая схема системы контроля качества железорудного карьера. Данная система позволяет производить контроль как дискретно, так и в потоке, на конвейере. Информация о с.п.к., собранная на различных этапах горного производства, позволяет осуществлять анализ и принимать оперативные решения по управлению качеством.

Средства по контролю качества можно классифицировать следующим образом: контроль качества железорудного сырья в естественном залегании (каротаж) на $Fe_{\text{общ}}$ и $Fe_{\text{магн}}$; во взорванной горной массе, в рудопотоке на конвейере на $Fe_{\text{общ}}$; на рудскладе $Fe_{\text{общ}}$ и $Fe_{\text{магн}}$; на входе РОФ на конвейере.

Каротаж скважин осуществляется каротажной станцией «Карьер-Кривбасс» путем опробования массива горных пород в шарошечных скважинах. Станция позволяет осуществлять одновременный каротаж на $Fe_{\text{общ}}$ и $Fe_{\text{магн}}$ с фиксацией данных о содержании полезного компонента в бортовом компьютере. Также каротаж на $Fe_{\text{магн}}$ можно производить при помощи переносного устройства ПАКС-5КК, состоящего из измерительного пульта и каротажного зонда. Данные, полученные в результате каротажа, позволяют построить модель распределения с.п.к. в блоке, подготовленном для взрывания.

После взрывания блока происходит перемешивание рудной массы, что обуславливает необходимость технологического контроля содержания $Fe_{\text{общ}}$ (ПАКС-ТК) и $Fe_{\text{магн}}$ (ПАКС-5МК) в процессе отработки забоя. Эти данные используются для текущего контроля соответствия фактических показателей качества расчетным данным, используемым при решении шихтовочной задачи.

Для контроля содержания $Fe_{\text{общ}}$ на конвейере можно использовать микропроцессорную си-

стему контролю качества и веса горной массы (НАКС-ПК), которая позволяет получать информацию о фактических значениях с.п.к. в сформированном рудопотоке.

Контроль качества на рудскладе позволяет дискретно, с более высокой точностью, определить $Fe_{\text{общ}}$ (ПАП-1) и $Fe_{\text{магн}}$ (ДЖМ-3).

На входе обогатительной фабрики, перед измельчением, контроль содержания железа магнитного потока на конвейерных линиях осуществляется при помощи системы непрерывного контроля ДЖМ-К.

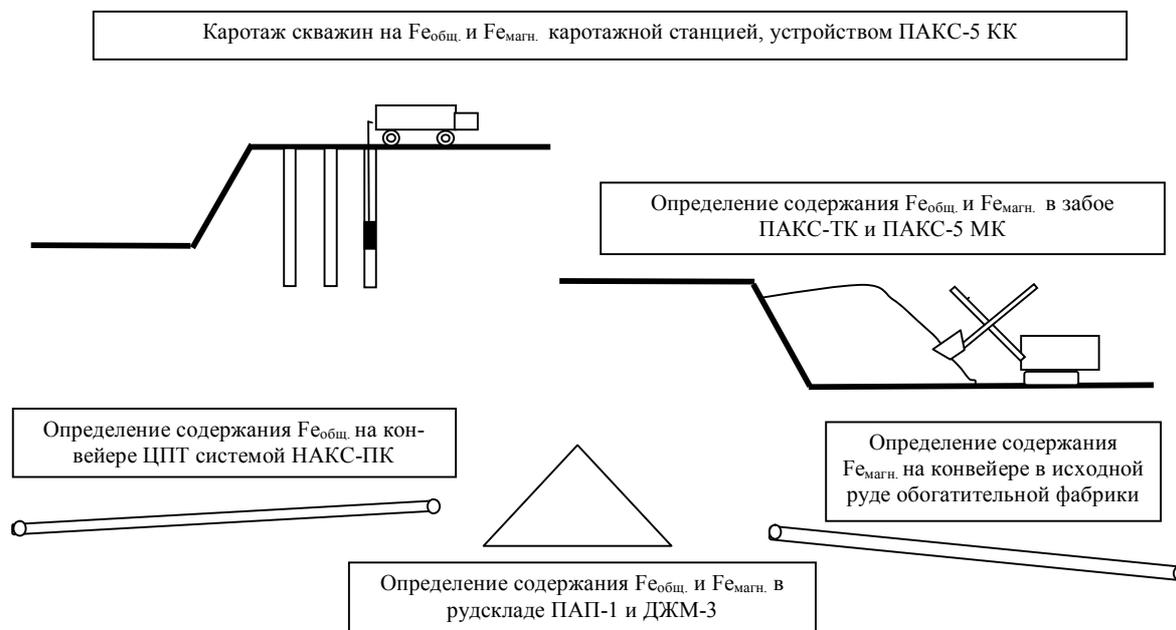


Рис.1. Система контроля качества железорудного карьера

Для обеспечения эффективного процесса передачи и обработки информации о содержании полезного компонента на различных этапах горного производства все устройства и системы контроля качества объединены в единую сеть.

Информация передается на центральный сервер, который производит ее фиксацию, обработку, анализ и визуализацию. Результаты анализа используются как для оценки показателей соответствия сформированного рудопотока расчетным значениям сменного задания, так и для перерасчета этого задания при выходе значений содержания полезного компонента за границы заданного диапазона.

Объединение разных точек контроля качества в единую систему может быть реализовано только при наличии надежных каналов передачи информации и центрального сервера со специальным программным обеспечением. Скорость передачи информации является при этом весьма важным фактором, так как задержка во времени между опробованием и внесением данных в сервер искажает реальную картину качественных показателей в карьере. На рис. 2 показана схема сети передачи информации о содержании полезного компонента в железорудных карьерах.

Одной из задач, решаемых системами горно-транспортной диспетчеризации, заявлено формирование рудопотока с заданными качественными характеристиками. Однако, на практике, решение данной задачи сводится либо к прогнозно-имитационному управлению, либо к принятию решений на основании данных химанализа, запаздывающих как минимум на два-три часа, т. к. средства оперативного контроля качества на основных этапах производства либо отсутствуют, либо не используются в системе управления качеством. В связи с этим корректировка сменного задания производится только при выходе из строя какого-либо оборудования, при этом колебания качества в забоях и фактическая величина содержания полезного компонента сформированного рудопотока не учитывается.

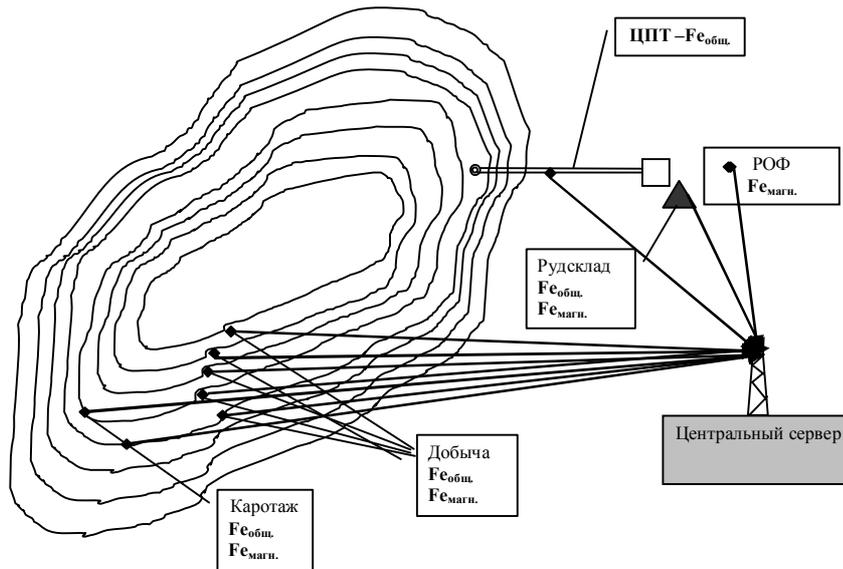


Рис.2. Схема сети сбора и передачи информации о содержании полезного компонента

Поэтому важной задачей является создание единой интегрированной системы контроля качества, которая позволит контролировать изменения содержания в забоях, а также анализировать величину отклонения от расчетного значения в финальном, рудопотоке, поступающем на РОФ (рис. 3).

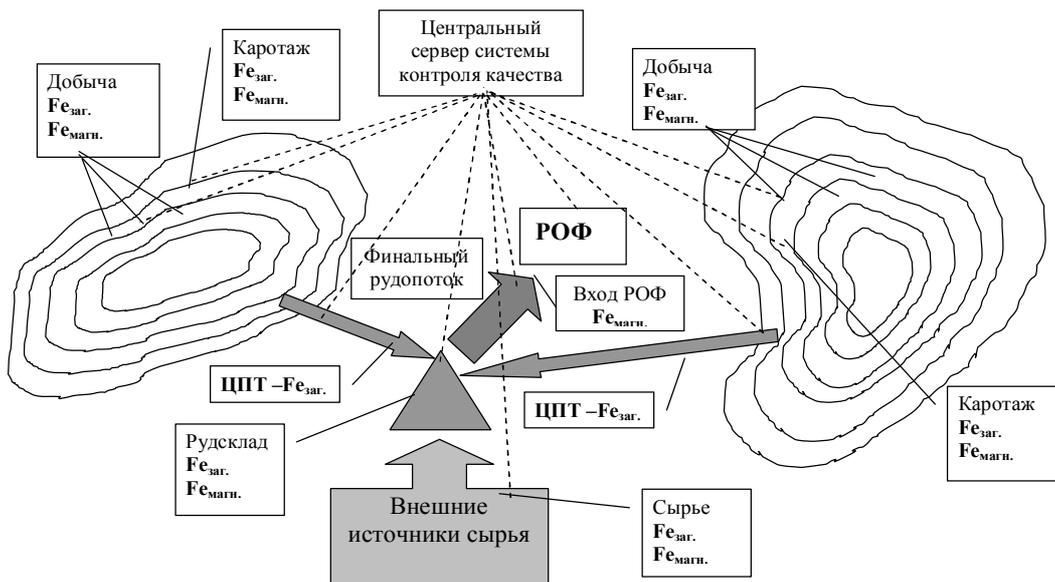


Рис. 3. Единая интегрированная система контроля качества железорудного ГОКа

Синергия АСУ ГТО с единой интегрированной системой контроля качества дает возможность получить принципиально новую технологию управления качеством рудопотоков. При этом опробование в забоях осуществляется переносными устройствами контроля качества, массив фактических данных о качестве передается радионавигационным комплексом (РНК), обрабатывается информационно-вычислительным комплексом (ИВК) и как управляющее воздействие передается в виде команды на выемочное и транспортное оборудование.

Структурная схема технологии показана на рис. 4 и построена на принципе применения усреднения в качестве способа управления качеством минерального сырья на основании достоверной и своевременной информации о состоянии качества в забоях и сформированном рудопотоке.

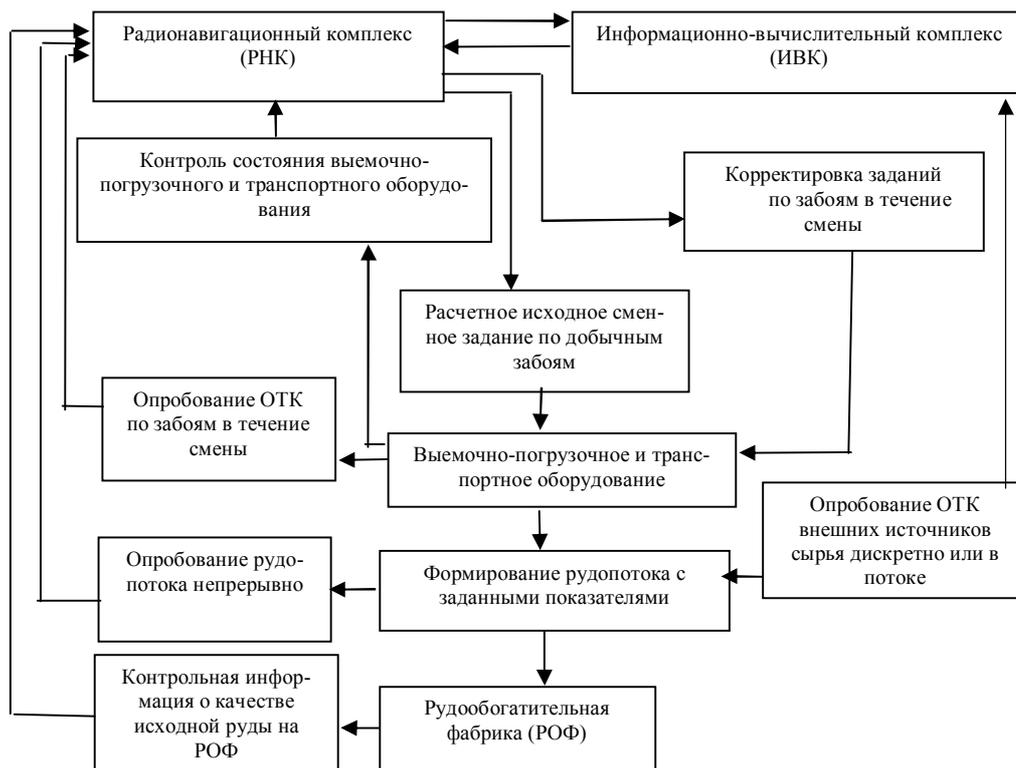


Рис. 4. Структурная схема технологии управления качеством рудопотоков железорудного комбината

Выводы. 1. Эффективное управление качеством рудопотоков горно-обогатительного комбината обеспечивается технологией на основе синергии систем контроля и управления. Система контроля обеспечивает достоверную и оперативную информацию о состоянии массива во взрывном блоке (каротаж), во взорванной горной массе, а также в рудном потоке на конвейере, а система управления позволяет сформировать рудопоток с заданными значениями содержания полезного компонента.

2. Технология управления качеством рудопотоков выполняет функцию воздействия на выемочно-погрузочное и транспортное оборудование с учетом неоднородности качества руды на отдельных участках месторождения, одновременного начала работы забоев, плановых и внеплановых простоев техники, изменений расстояний транспортировки до ЦПТ, изменения содержания полезного компонента в забоях, а также позволяет отслеживать фактические показатели содержания полезного компонента рудопотока и сопоставлять их с расчетными значениями. При выходе показателей рудного грузопотока за границы заданного диапазона технология производит корректирующий перерасчет, обеспечивая тем самым стабильность качества.

Список літератури

1. Бызов В.Ф. Управление качеством продукции карьеров : учеб. для вузов по спец. "Открытые горные работы" / В. Ф. Бызов. – М. : Недра, 1991. – 239 с.
2. Владимиров Д.Я. Система диспетчеризации «КАРЬЕР»: от мониторинга большегрузных автосамосвалов к управлению горно-транспортным комплексом и оптимизации горных работ в карьере / Д.Я. Владимиров, А.Ф. Клебанов, А.И. Перепелицын // Горная промышленность, 2004. – №4. – С. 132-135
3. «Автоматизированные системы управления автотранспортом и процессом рудопотока» [Электронный ресурс] // Сайт «ИНТЕГРА» ООО «Интегра Групп», 2006 – Режим доступа <http://www.integragr.ru/page/avtomatizirovannye-sistemi-upravleniya.html>
4. 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.
5. Капустин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика / Ю.Е. Капустин. – С-Пб. : Недра, 2002. – 334 с.
6. Азарян В.А. Обоснование периода опробования забоев карьера / В.А. Азарян, С.А. Жуков // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – Дніпро. – 2017. – №51. – С. 8–18.

Рукопись поступила в редакцию 25.04.2018