

© В.А. Азарян¹

¹ ДВНЗ «Криворізький національний університет», Кривий Ріг, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ГЕНЕРАЛІЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ РУДОПОТОКІВ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ

© V. Azarian¹

¹ Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

THE FOUNDATION OF THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL SCHEME OF QUALITY MANAGEMENT TECHNOLOGY OF THE GENERALIZED IRON ORE COMPLEX FLOWS AT MINING AND CONCENTRATING PLANTS

Метою роботи є розробка й обґрунтування структурної та функціональної схеми для створення технології управління якістю генералізованого комплексу рудних вантажопотоків ГЗК, що надасть можливість максимально оперативно реагувати на будь-які зміни вмісту корисного компоненту, комплексно коригуючи роботу виймально-навантажувального і транспортного обладнання для забезпечення виконання планового завдання.

Методи дослідження. Для розробки й обґрунтування структурної та функціональної схеми технології управління якістю були використані методи аналізу існуючих систем та приладів контролю та управління якістю в умовах відкритих гірничих робіт.

Результати. На основі проведених досліджень було обґрунтовано структурну та функціональну схему технології управління якістю залізовмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків ГЗК та встановлено, що ефективно управління якістю забезпечується технологією, що створюється на основі синергії двох систем: контролю та управління якістю. Технологія управління якістю залізовмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків виконує функцію впливу на виймально-навантажувальне і транспортне обладнання з урахуванням неоднорідності сировинної якості руди на окремих ділянках родовища, неодночасного початку роботи забоїв, планових та позапланових простоїв техніки, зміни відстаней транспортування до ЦПТ, зміни в.к.к. в забоях, а також дозволяє відстежувати справжні показники якості в рудопотоці та співставляти їх з розрахунковими значеннями.

Наукова новизна. Набула подальшого розвитку методологія формування рудопотоку з заданим показником вмісту корисного компоненту на основі об'єднання систем контролю й управління якістю, що дозволяє здійснювати постійний моніторинг фактичного в.к.к. в потоці з коригуванням навантаження на забої видобутку в разі виходу амплітуди коливань якості за межі заданого діапазону.

Практичне значення. Використання структурної та функціональної схеми для створення технології управління якістю генералізованого комплексу рудних вантажопотоків ГЗК надасть можливість максимально оперативно реагувати на будь-які зміни в.к.к., комплексно коригуючи роботу виймально-навантажувального і транспортного обладнання в усіх ланках інтегрованого рудопотоку для забезпечення виконання планового завдання.

Ключові слова: генералізована технологія управління якістю рудопотоків, вміст корисного компонента, амплітуда коливань якості.

Вступ Основною метою технології управління якістю генералізованого комплексу рудопотоків є забезпечення сталої планової якості руди, що надходить на збагачення в цілому по гірничо-збагачувальному комбінату (ГЗК), і мінімізація амплітудних та часових коливань вмісту корисного компонента (в.к.к.) в рудному вантажопотоці в гарантованих межах заданого інтервалу шляхом інтеграції всіх елементів технології видобутку, систем контролю й управління [1-3]. Таким чином, основною проблемою, яка вирішується цією технологією, є формування фінальних інтегрованих рудопотоків гірничо-збагачувального комбінату із заданими показниками в.к.к. у гарантованому діапазоні, що продиктовано вимогами збагачувального комплексу. Відомо, що значення в.к.к. у вхідній руді збагачувального процесу, як правило, непостійне і є об'єктом контролю та впливу при управлінні якістю рудопотоків ГЗК. Необхідність застосування технології управління якістю залізовмісної сировини рудопотоків зумовлена об'єктивними факторами: в рудопотоках ГЗК (як локальних, так і фінальних) необхідний в.к.к. забезпечується, як правило, лише в середньому значенні в деякому часовому інтервалі (доба, місяць). У середині ж цього інтервалу в.к.к. коливається, часто виходячи за межі допустимого діапазону, що призводить до зниження обсягів концентрату, зниження його якості та збільшення собівартості переробки.

Постановка проблеми Технологія управління якістю залізовмісної сировини рудопотоків базується на синергетичному ефекті від поєднання систем контролю і систем управління, та складається із засобів контролю якості в забоях, в локальних та фінальних потоках, а також з каналів передачі оперативної інформації на центральний сервер, який аналізує за допомогою спеціального програмного забезпечення загальну ситуацію та, за необхідності, формує керуючий вплив у вигляді команд екскаваторам і транспортним засобам [4].

Мета роботи – розробка й обґрунтування структурної та функціональної схеми для створення технології управління якістю генералізованого комплексу рудних вантажопотоків ГЗК, що надасть можливість максимально оперативно реагувати на будь-які зміни в.к.к., комплексно коригуючи роботу виймально-навантажувального і транспортного обладнання при видобутку та в усіх ланках інтегрованого рудопотоку для забезпечення виконання планового завдання за якісними показниками.

Викладення основного матеріалу. Відомо, що процесом управління є спеціально організований вплив на об'єкт управління з метою отримання бажаного результату. Пристрій або засіб, що виробляє керуючий сигнал на об'єкт управління, є керуючим пристроєм, або засобом управління [5].

В системі управління якістю залізовмісної сировини рудопотоків таким пристроєм є центральний сервер, а об'єктом управління – процес формування рудопотоку із заданими в певних межах значеннями в.к.к. Керуючий сигнал (команда), вироблений керуючим пристроєм (сервером), передається каналами зв'язку та впливає на об'єкт управління.

Сукупність об'єкта управління, керуючого пристрою (засобу управління), засобів інформації та органів управління утворює систему управління [5].

Функціонування технології управління якістю залізовмісної сировини рудопотоків побудовано на принципі застосування усереднення як способу управління якістю мінеральної сировини на підставі достовірної і своєчасної інформації про в.к.к. в забоях і в сформованому потоці. Для вирішення цієї проблеми можуть бути використані існуючі автоматизовані системи диспетчерського управління гірничо-транспортним устаткуванням (АСДУ ГТУ), призначені для управління комплексом обладнання відкритих гірничих робіт [6].

Структурну схему технології управління якістю залізовмісної сировини рудопотоків зображено на рис. 1. Вона частково використовує структурну схему автоматизованої системи гірничо-транспортної диспетчеризації: центр управління, що об'єднує радіонавігаційний та інформаційно-обчислювальний комплекс та охоплює всі основні технологічні етапи відкритих гірничих робіт [7]. Радіонавігаційний комплекс (1) використовується для прийому-передачі інформації з різних точок опробування – в забоях та в рудопотоці, а також для контролю стану всього комплексу технологічного обладнання – виймального і транспортного. Основною вимогою до радіонавігаційного комплексу (РНК) є висока швидкість передачі інформації та її перешкодозахищеність з метою забезпечення центрального сервера своєчасною та достовірною інформацією, а технологічний комплекс обладнання – чіткими командами управління. В якості практичної реалізації РНК найкраще використовувати транкінгову цифрову багатозонну систему радіозв'язку типу «TETRA».

Інформаційно-обчислювальний комплекс (2) обробляє інформацію відділу технічного контролю (ВТК) про стан якості в забоях (6), про стан працездатності виймального та транспортного обладнання (3), і, після обробки, формує первинний керуючий сигнал у вигляді змінного завдання на видобувні забої (5).

У разі, якщо значення в.к.к. в рудопотоці виходить за межі заданого діапазону за певний часовий період, або при виході з ладу будь-якого технологічного обладнання, центральний сервер здійснює коригування навантаження (перерахунок змінного завдання) для видобувних забоїв кар'єру (4) і, як керуючий вплив, передає у вигляді команди на екскаватори й автосамоскиди (7).

При формуванні рудопотоку (9) відбувається безперервний контроль якості, що полягає у визначенні відповідності фактичного значення вмісту корисного компонента заданому значенню в амплітудному діапазоні коливань (8). Ці дані через РНК (1) або лінії кабельного зв'язку передаються на центральний сервер ІОЦ (2), де також підлягають обробці.

Додатковою точкою контролю є вхідна та вихідна руда на вході рудозбагачувальної фабрики (11), яка може бути задіяна як елемент для управління розміром розвантажувальної щілини конусної дробарки [8].

Технічними засобами відділу технічного контролю є як стаціонарні системи, так і переносні пристрої. Опробування в потоці може здійснюватися в безперервному режимі системою НАКС-ПК, але крупність руди не завжди дозволяє отримати поточне значення в.к.к. з необхідною точністю [9].



Рис. 1. Структурна схема технології управління якістю залізозмісної сировини рудопотоків

Тому найбільш ефективним способом контролю є комбінований контроль, як в потоці, так і використання вже підготовлених до хіманалізу проб (подрібнених і висушених) для експрес-контролю за допомогою пристрою «Датчик заліза магнітного ДЖМ-4» (магнітне залізо) або «Порошковий аналізатор проб ПАП-1» [10] (загальне залізо) з подальшою схемою передачі даних на центральний сервер, аналогічно при випробуванні в забоях. При цьому час отримання результатів після підготовки проб становить всього 30–60 с, точність вимірювання вмісту корисного компонента ДЖМ-4 і ПАП-1 перебуває на рівні хімічного аналізу, а собівартість на два порядки нижча.

Дані, що отримують з різних етапів виробництва ГЗК, обробляються на центральному сервері системи та використовуються в подальшому для автоматизованого робочого місця (АРМ) «Якість», яке є частиною функціональної

схеми технології управління якістю генералізованого комплексу рудопотоків ГЗК. Основною при цьому є інформація про амплітуду коливань вмісту корисного компонента α у фінальному рудопотоці від заданого значення, яка враховується для обчислення і коригування змінного завдання у забоях та функціонування генералізованої технології управління якістю рудопотоків ГЗК.

Вирішення технологічних задач з формування рудопотоків кар'єрів із заданими якісними показниками дозволяє в подальшому обґрунтувати систему контролю якості залізвмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків, функціональну схему якої зображено на рис. 2.

Дана система дозволяє контролювати якість в усіх технологічних процесах на основних етапах виробництва: від забою до відвантаження готової продукції споживачам, що, в свою чергу, дозволить вирішити ряд головних проблем, що зараз стоять перед гірничою промисловістю: забезпечення концепції побудови раціональної еколого-економічної моделі залізорудних ГЗК, заощадження сировинної бази України і забезпечення концепції енерго- та ресурсозберігання.

Забезпечення концепції заощадження сировинної бази України стає можливим за рахунок зменшення втрат корисної копалини та залучення в процес формування рудопотоків всього обсягу кондиційних руд, для чого стає можливим відпрацювання не тільки забоїв з максимальним вмістом корисного компонента, внаслідок чого оптимізується порядок відпрацювання кар'єрного поля. Зниження втрат та разубоження рудної маси також відповідає завданням раціонального надровикористання.

Забезпечення концепції побудови раціональної еколого-економічної моделі залізорудних ГЗК України також є найважливішою виробничою проблемою, вирішити яку дозволить застосування технології управління якістю генералізованого комплексу рудопотоків шляхом забезпечення оптимальних режимів роботи гірничо-збагачувального комплексу. У цьому випадку втрати корисного компонента в хвостах і відвалах будуть в межах нормативних значень, що позначиться на загальній екологічній ситуації в регіоні розробки родовищ.

Проблема забезпечення концепції ресурсо- та енергозберігання гірничо-збагачувального виробництва також може вирішуватися за допомогою застосування запропонованої технології, оскільки процес переробки корисних копалин має тенденцію до збільшення витрат перш за все за рахунок зростання цін на енергоносії, а забезпечення планової сталої якості рудної сировини гарантує роботу збагачувального комплексу в оптимальних режимах та споживання енергоносіїв у межах розрахункових значень.

Оцінка рівня виконання поставленого завдання управління якістю інтегрованих рудопотоків виконується за критерієм ефективності: чим ефективніше працює технологія управління якістю, тим меншою буде амплітуда коливань вмісту корисного компонента α у вхідній руді РЗФ і, відповідно, меншою різниця між розрахунковим і фактичним значенням виходу концентрату γ_p та $\gamma_{факт}$.

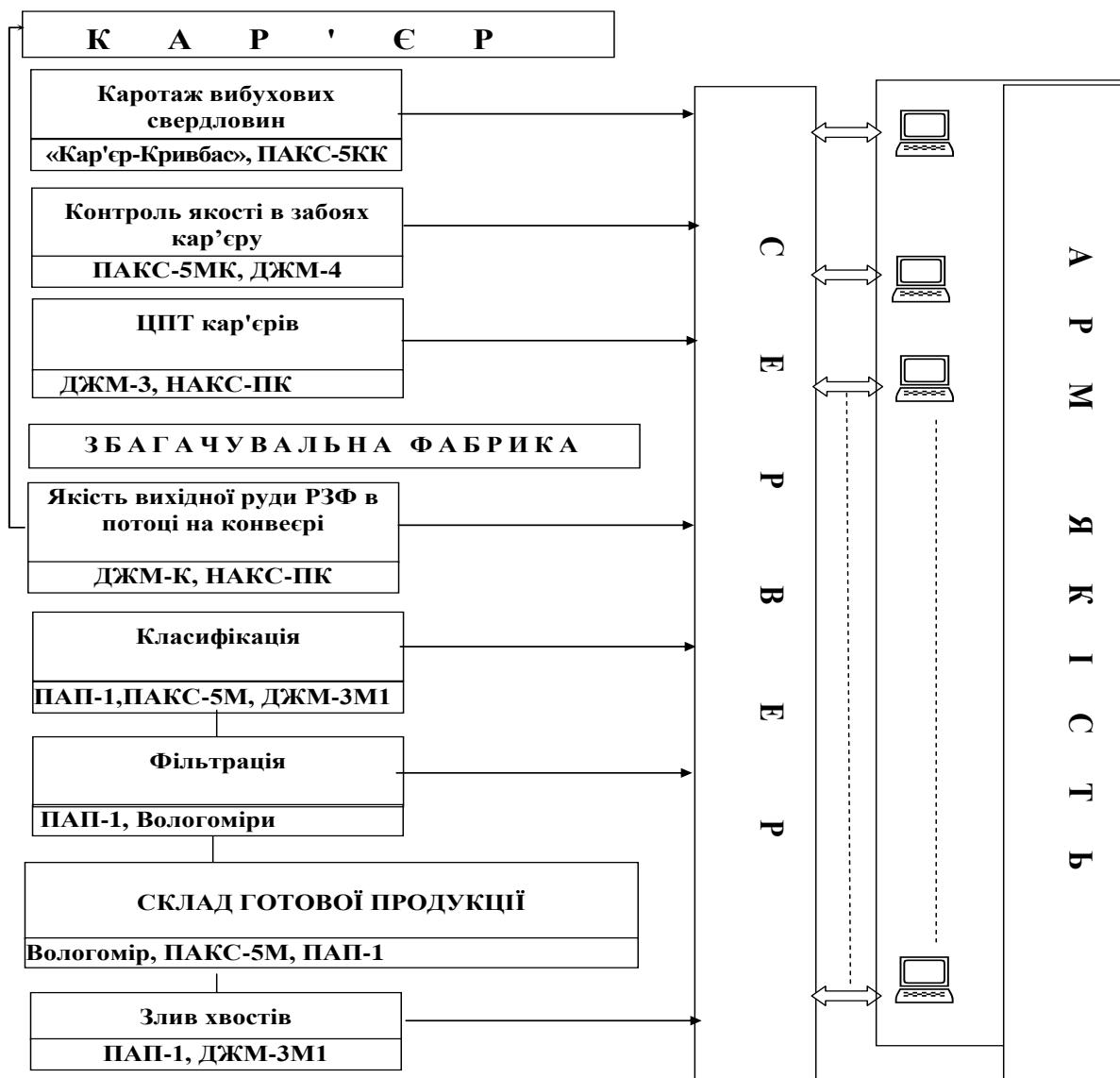


Рис. 2. Функціональна схема системи контролю якості залізозмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків ГЗК

Чим достовірніша інформація про коливання α – тим ефективніше управління технологією. При цьому одним з основних напрямків оцінки ефективності роботи системи може бути мінімізація показників амплітуди коливань вмісту корисного компонента в рудопотоці [11].

Це ґрунтується на доведеному твердженні: чим менше коливання якості в фінальному рудопотоці залізорудного ГЗК – тим ближче до оптимальних режимів робота збагачувального виробництва, які забезпечують максимальний вихід концентрату при мінімальній собівартості.

Висновки. На основі проведених досліджень було обґрунтовано структурну та функціональну схему технології управління якістю залізозмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків ГЗК та встановлено, що:

1. Ефективне управління якістю рудопотоків може бути забезпечено технологією, що створюється на основі синергії двох систем: контролю та управління

якістю. Система контролю якості забезпечує достовірну та оперативну інформацію про вміст корисного компонента в забоях і в рудопотоці, а система управління якістю дозволяє сформуванню рудопотоку із заданими значеннями вмісту корисного компонента.

2. Технологія управління якістю залізовмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків виконує функцію впливу на виймально-навантажувальне і транспортне обладнання з урахуванням неоднорідності сировинної якості руди на окремих ділянках родовища, неодночасного початку роботи забоїв, планових та позапланових простоїв техніки, зміни відстаней транспортування до ЦПТ, зміни в.к.к. в забоях, а також дозволяє відстежувати справжні показники якості в рудопотоці та співставляти їх з розрахунковими значеннями. При відхиленні показників в.к.к. в потоці за межі заданого діапазону проводиться коригувальний перерахунок розподілу навантаження на забої.

3. Застосування технології управління якістю залізовмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків ГЗК дозволить вирішити ряд проблем, що зараз стоять перед гірничою промисловістю: забезпечення концепції побудови раціональної еколого-економічної моделі залізородних ГЗК, заощадження сировинної бази України і забезпечення концепції енерго- та ресурсозберігання.

Перелік посилань

1. Бызов, В.Ф. (1982). Об усреднении качества руд при объединении грузопотоков. *Металлургическая и горная промышленность*, (2), 64-65.
2. Азарян, В.А. (2018). Дослідження процесів стабілізації амплітудних коливань якості рудопотоків залізородних кар'єрів. *Зб. наук. праць «Вісник ЖДТУ»*, (81), 240-245.
3. Азарян, В.А. (2017). Системные принципы и оценочный критерий генерализации управления качеством рудопотоков. *Зб. наук. праць НГУ* (52), 41-46
4. Азарян, В.А. (2016). Проблема генерализованной системы управления качеством рудопотоков карьера и ее алгоритмизация. *Зб. наук. праць «Вісник НУВГП»*, (76), 261-270.
5. Мескон, М. (1998). *Основы менеджмента*. Москва, Дело, 800 с.
6. Владимиров, Д.Я., Клебанов, А.Ф., & Перепелицын, А.И. (2004). Система диспетчеризации «КАРЬЕР»: от мониторинга большегрузных автосамосвалов к управлению горно-транспортным комплексом и оптимизации горных работ в карьере. *Горная промышленность*, (4), 132-135.
7. Азарян, В.А. (2017). Разработка функциональной и структурной схемы управления качеством рудопотоков карьера. *Сборник трудов Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "The goals of the World Science 2017" (January 31, 2017, Dubai, UAE)*. (18), 20-24.
8. Пат. №48892 Україна, G05G 7/00. Пристрій для управління розміром розвантажувальної щілини конусної дробарки. Заявл. 09.10.2009; опубл. 12.04.2010, Бюл. №7.
9. Пат. №78996 Україна, G01N23/203. Пристрій оперативного контролю керування технологічними параметрами при переробці мінеральної сировини. Заявл. 17.09.12; опубл. 10.04.2013, Бюл. №7.
10. Пат. №119777 Україна, G01V 5/00. Пристрій оперативного контролю вмісту корисного компонента у мінеральній сировині. Заявл. 05.04.2017; опубл. 10.10.2017; Бюл. №19.
11. Пат. №78997 Україна, E21C 41/22. Спосіб усереднення двох типів руд із різним вмістом заліза магнітного. Заявл. 17.09.12; опубл. 10.04.2013, Бюл. №7.

АННОТАЦИЯ

Целью работы является разработка и обоснование структурной и функциональной схемы для создания технологии управления качеством генерализованного комплекса рудных грузопотоков ГОКов, что даст возможность максимально оперативно реагировать на любые изменения содержания полезного компонента, комплексно корректируя работу выемочно-погрузочного и транспортного оборудования для обеспечения выполнения планового задания.

Методы исследования. Для разработки и обоснования структурной и функциональной схемы технологии управления качеством были использованы методы анализа существующих систем и приборов контроля и управления качеством в условиях открытых горных работ.

Результаты. На основе проведенных исследований была обоснована структурная и функциональная схема технологии управления качеством железосодержащего сырья генерализованного комплекса рудопотоков ГОКов и установлено, что эффективное управление качеством обеспечивается технологией, которая создается на основе синергии двух систем: контроля и управления качеством. Технология управления качеством железосодержащего сырья генерализованного комплекса рудопотоков выполняет функцию воздействия на выемочно-погрузочное и транспортное оборудование с учетом неоднородности сырьевого качества руды на отдельных участках месторождения, одновременного начала работы забоев, плановых и внеплановых простоев техники, изменения дальности транспортировки до ЦПТ, изменения с.п.к. в забоях, а также позволяет отслеживать действительные показатели качества в рудопотоке и сопоставлять их с расчетными значениями.

Научная новизна. Получила дальнейшее развитие методология формирования рудопотока с заданными показателями содержания полезного компонента на основе объединения систем контроля и управления качеством, что позволяет осуществлять постоянный мониторинг фактического с.п.к. в потоке с корректированием нагрузки на забои добычи в случае выхода амплитуды колебаний качества за границы заданного диапазона.

Практическое значение. Использование структурной и функциональной схем для создания технологии управления качеством железосодержащего сырья генерализованного комплекса рудопотоков ГОКов дает возможность максимально оперативно реагировать на какие-либо изменения с.п.к., комплексно корректируя работу выемочно-погрузочного и транспортного оборудования в всех звеньях интегрированного рудопотока для обеспечения выполнения планового задания.

Ключевые слова: *генерализованная технология управления качеством рудопотоков, содержания полезного компонента, амплитуда колебаний качества.*

ABSTRACT

The purpose of the work is to develop and justify the structural and functional scheme for creation of quality management technology for a generalized ore mining and enrichment complex in cargo flows, which will ensure optimal response time to changes in the ore grade, comprehensively adjusting the work of the mining and loading transport equipment to ensure the achievement of the target production plan.

Research methods. In order to develop and substantiate the structural and functional scheme of the quality management technology, the methods of analysis of existing systems and devices of quality control and management in open-pit mining conditions were applied in this scientific work.

The results. On the basis of the conducted research, the structural and functional scheme of quality management technology of iron-containing raw materials has been substantiated for the generalized

complex of ore mining plants. It was established that effective quality management is ensured by the technology created as a result of synergy of two systems: quality control and management. Technology of quality management of iron-containing raw materials in ore flows at the generalized ore mining complexes is an influencing factor on the extraction, loading and transport equipment. This finding takes into account the heterogeneity of the raw material quality of the ore at certain sections of the deposit, chronological differences in commencement of mining works in different parts of the mine, planned and unplanned downtime, and differing distances to the central processing point. Next to that it also allows to track true quality indicators in the ore stream and compare them with the calculated values.

Scientific novelty. The methodology of formation of the ore stream with a given indicator of the ore grade has been further developed on the basis of the integration of quality control and management systems. That allows to control for the actual ore grade in the flow with the adjustment of the load on different mining faces in case if predefined quality amplitude fluctuates beyond the specified range.

The practical significance. The use of structural and functional scheme to create quality management technology for the generalized complex of cargo ore flows inside mining and processing plants will allow to respond as quickly as possible to any changes in the ore flow. This will allow to comprehensively adjust the operation of the lifting, loading, and transport equipment in all parts of the integrated ore flow to enable performance according to the production targets.

Keywords: generalized technology of quality control of ore flows, ore grade, amplitude of quality fluctuations .