

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ РУДЫ В МЕЛЬНИЦУ

Д.Ю. Волгин (АО «Покровский рудник»)

Приведен обзор существующих подходов к решению задачи контроля полноты загрузки мельницы. Представлена АСУ подачей руды в мельницу мокрого полусамоизмельчения на Маломирском золоторудном месторождении. Рассмотрены особенности алгоритма управления подачей руды, учитывающего показания мощности двигателя, давления гидropодпора на опорных подшипниках, и преимущества от его использования.

Ключевые слова: подача руды, мельница мокрого полусамоизмельчения, мощность двигателя, давление гидropодпора на опорных подшипниках.

## Введение

Маломирское месторождение было обнаружено в 1970 г. во время проведения плановых геологоразведочных работ на территории бассейна ручьев Маломир и Сухоныр. До 1993 г. на месторождении были завершены поисково-оценочные работы. Было выявлено, что Маломирское месторождение по своей минерально-сырьевой базе на 90% состоит из запасов упорных руд. Упорными считаются бедные на золото руды, цианирование которых дает неудовлетворительные технико-экономические показатели.

Из-за низкого содержания золота в руде Маломирское месторождение очень долгое время было не привлекательным для золотодобывающих предприятий. В 2005 г. лицензию на Маломирское золоторудное месторождение получило предприятие ОАО «Покровский рудник», входящее в группу компаний «Петропавловск». С 2010 по 2018 гг. предприятие произвело более 20 т золота. За последние годы добыча золота составляет 1,5...2 т. В 2018 г. было переработано около 2,375 млн. т. руды и добыто более 2,5 т золота. В 2019 г. добыто 5,8 т золота. Прогнозные запасы и ресурсы месторождения составляли более 91,9 т золота.

## Описание объекта автоматизации

На Маломирском руднике при переработке руды высокой твердости используются мельницы мокрого полусамоизмельчения (ММПС). Работа мельницы осуществляется при непрерывной подаче в полость вращающегося барабана руды и воды с периодическим добавлением мелющих стальных шаров. Руда захватывается ребрами футеровок (лифтерами) специальной конструкции и поднимается вверх на определенную высоту. Куски руды падают вниз и, ударяясь о футеровку, шары и друг друга, раскалываются. Происходит перемешивание руды и шаров, во время которого руда измельчается путем раздавливания и истирания (рис. 1).

Измельченный материал (пульпа), крупность которого становится меньше размера щели разгрузочной решетки, проходит через щели и выгружается через разгрузочный узел мельницы.

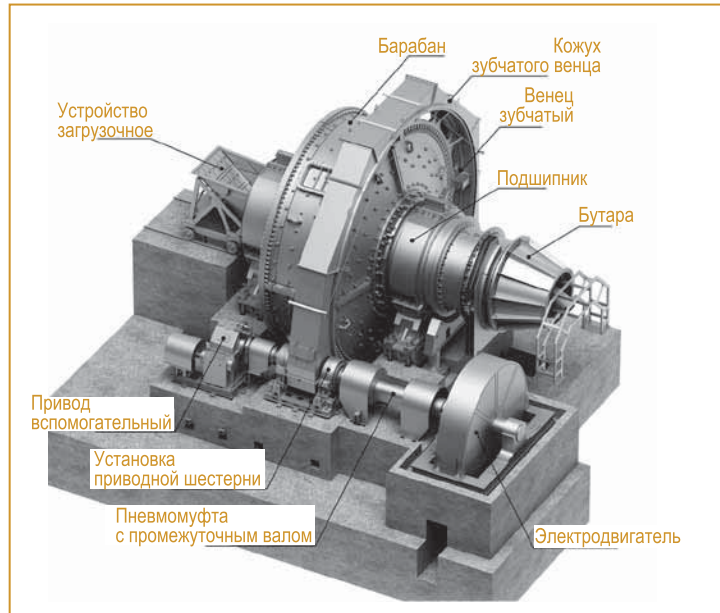


Рис. 1. Мельница мокрого полусамоизмельчения

На Маломирском руднике используется ММПСИ. Первоначально (до 2012 г.) подача руды управлялась вручную. График подачи руды показан на рис. 2. Из графика видно, что, управляя вручную подачей руды, невозможно поддерживать подачу руды на максимально возможных рабочих параме-

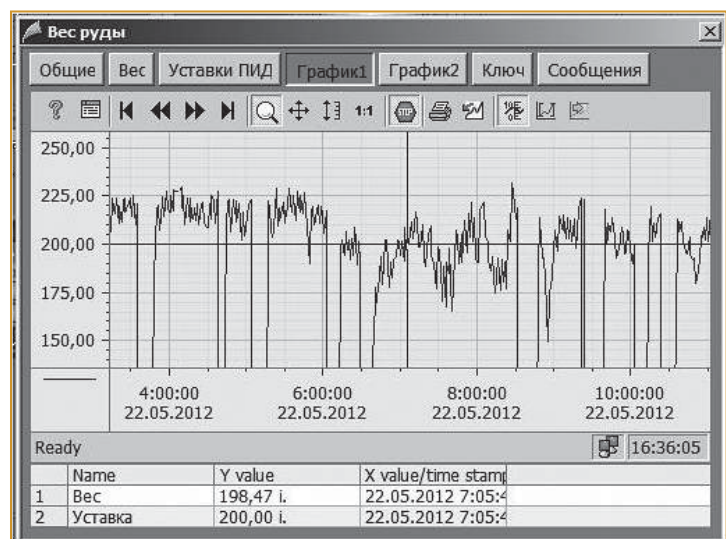


Рис. 2. График подачи руды до включения схемы автоматической подачи руды

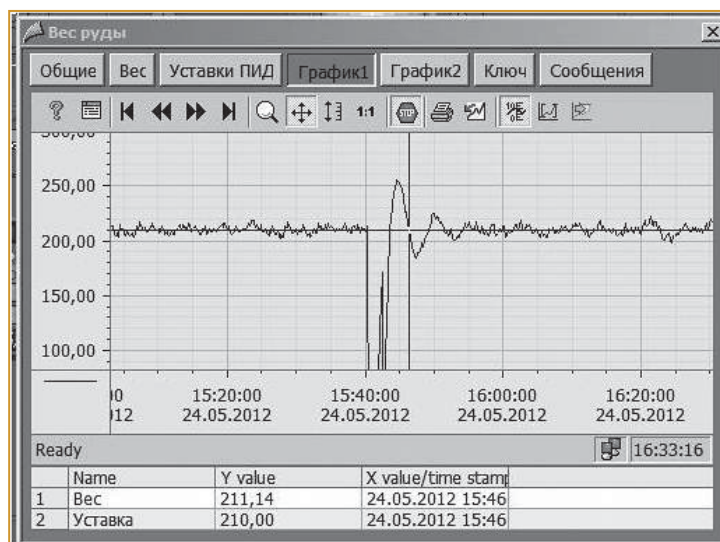


Рис. 3. График подачи руды с использованием схемы автоматической подачи руды

трах оборудования. Мощность двигателя превышает номинальные значения, отмечается превышение давления гидродоппора на опорных подшипниках. Учитывая нестабильность электроснабжения, при аварийной остановке это приводило к невозможности штатного запуска оборудования.

#### Обзор существующих подходов к решению задачи контроля полноты загрузки мельницы

Вопросы автоматизации процессов измельчения на различных предприятиях стояли перед разработчиками еще в середине XX века. Так, в 60-е годы XX века было показано, что при улучшении измельчаемости руды и условий измельчения при постоянной подаче руды объемное заполнение мельницы падает, и наоборот растет при ухудшении условий [1]. Таким образом, стабилизируя объемное заполнение на заданном уровне, можно в определенной степени подстраивать текущую производительность под изменяющиеся условия. Отметим наиболее типичные задачи автоматизации, решаемые посредством введения контуров стабилизации соответствующих технологических параметров: стабилизация расхода руды в мельницу; стабилизация соотношения «руда-вода» посредством подачи воды в мельницу; стабилизация плотности слива классифицирующего аппарата (классификатора или гидроциклона) подачей дополнительной воды в классификатор или зумпф. В работе [2] приведен обзор существующих подходов к решению задачи контроля полноты загрузки мельницы.

В [3] описан способ автоматического контроля заполнения мельниц с помощью магнитомодуляционных датчиков, обеспечивающих индикацию угла отрыва шаров в мельнице. В [3] приводится описание радиотелеизмерительного датчика шума мельницы, предназначенного для регистрации степени заполнения мельниц рудой. В [4] предлагается радиоизотопный индикатор заполнения мельниц мокрого само-

измельчения руд (РИЗМ). В [5] предлагается контролировать шаровую загрузку мельницы по активной мощности приводного двигателя мельницы. К достоинствам способа относится возможность применять стандартные приборы в качестве измерителя активной мощности. Процесс измельчения материала в шаровой мельнице сопровождается излучением звуковой энергии, возникающей из-за соударений шаров и материала друг с другом и о футеровку. В связи с этим был разработан ряд методов контроля акустического или вибрационного шума мельницы [6]. Наиболее известными являются разработки ОАО «Союзцветметавтоматика» «Звук-7» (акустический шум) и УРК-3 (вибрационный шум). Современным развитием этих разработок является виброакустический анализатор ВАЗМ-1, использующий три типа шумовых параметров: акустический шум, вибрационный шум, энергетический шум. В [2] предложено осуществлять контроль перегрузки барабанных мельниц рудой на основе показателя Херста звукометрического сигнала. Этот метод позволяет более достоверно определять начало перегрузки барабанной мельницы.

Все перечисленные разработки помимо указанных достоинств, характеризуются существенными недостатками, которые не позволяют широко применять предложенные методы на производстве [2].

На современном этапе решения в области контроля полноты загрузки мельницы имеются у зарубежных компаний, в частности, у Metso и Outotec (Финляндия). Суть применяемых методов не доступна для анализа, так как все решения закрытые и представляют собой область нау-хау компаний разработчиков. При этом отметим существенную стоимость лицензий на использование этих разработок.

#### Автоматизированное управление подачей руды

Таким образом, не имея возможности использовать проверенное в отрасли решение, специалисты Маломирского рудника приняли решение разработать собственную систему автоматизации для решения задач предприятия. Специалистами отдела автоматизации рудника был разработан алгоритм управления подачей руды, учитывающий показания мощности двигателя, давления гидродоппора на опорных подшипниках. График подачи руды в автоматизированном режиме показан на рис. 3. Как видно из графика, даже в случае возникновения нештатной ситуации (в данном конкретном случае неисправность ролика на конвейере) и полного прекращения подачи руды после возобновления подачи процесс автоматически стабилизируется от момента подачи руды до выхода на уставку менее чем за 20 мин.

Разработанный алгоритм не только реализует функцию подачи руды от заданной уставки, но и позволяет защитить мельницу от перегрузки, а также

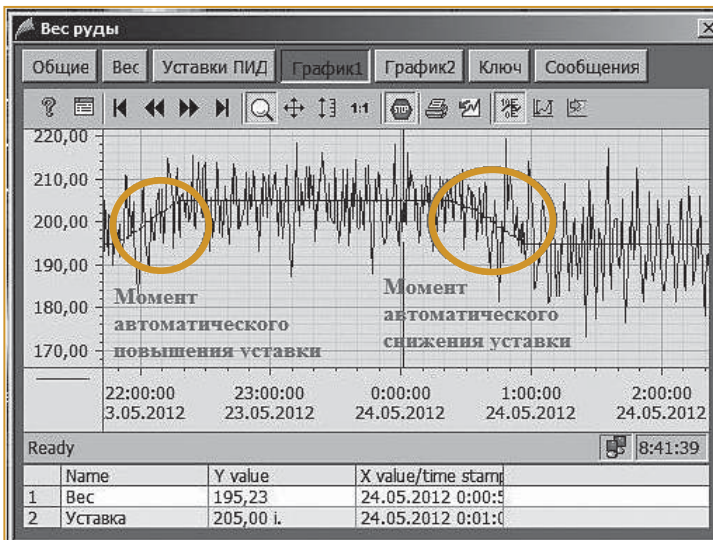


Рис. 4. Адаптивное автоматическое изменение уставки подачи руды в зависимости от параметров оборудования

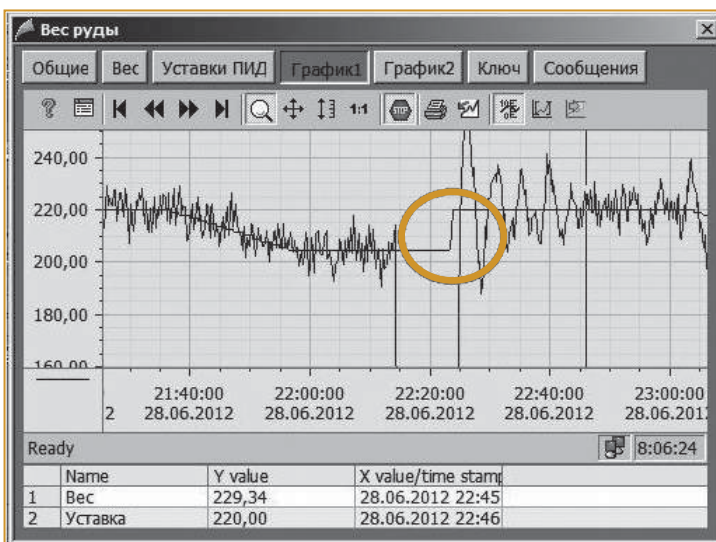


Рис. 5. Дискретный возврат к первоначальной уставке

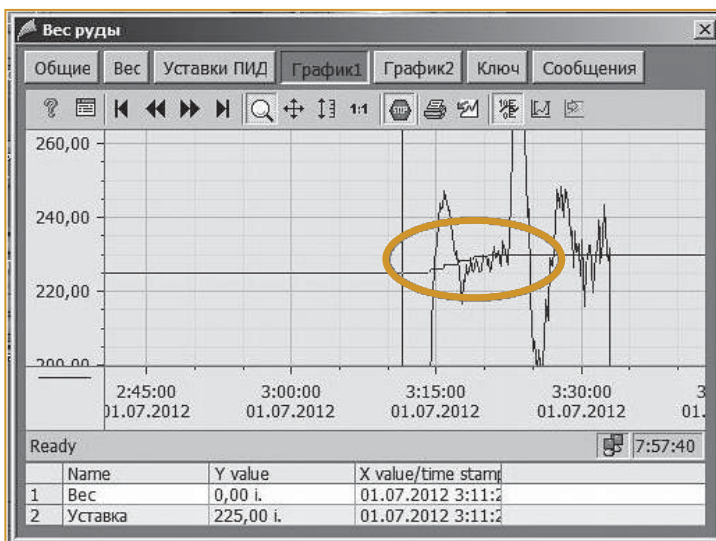


Рис. 6. Плавное повышение уставки после корректировки алгоритма

имеет адаптивный механизм для автоматического снижения/повышения уставки в зависимости от мощности двигателя и давления гидropодпора опорных подшипников,

Наглядно процесс снижения/повышения уставки отображен на рис. 4. Из графика видно, что при условиях нормальной работы оборудования, то есть когда мощность двигателя и давление гидropодпора опорных подшипников находятся в пределах заданных значений, уставка автоматически начинает повышаться до заданной технологическим персоналом. При превышении любого из параметров — мощность двигателя или давление гидropодпора опорных подшипников — уставка начинает снижаться. Таким образом, данный алгоритм позволяет для типа руды, находящейся на подаче, в сжатые сроки подобрать максимально возможную подачу и повысить производительность оборудования.

При этом наблюдается кратное уменьшение амплитуды подачи руды в мельницу, что приводит к стабилизации технологического процесса.

Программная реализация алгоритма была осуществлена, программистами АСУТП Демидовым И. В. и Ковалевым В. Г. Технологическая часть работ выполнялась под руководством начальника производства Мухиным Д. А.

#### Внедрение системы управления

Система автоматизации, реализующая данный алгоритм, была введена в эксплуатацию в мае 2012 г. Более чем месяц последующей работы показал устойчивость разработанного алгоритма, то есть были предотвращены все возможные аварийные ситуации, связанные с перегрузкой мельницы.

При этом в ходе практического использования системы управления был выявлен ряд недостатков, не учтенных в первоначальном алгоритме.

Был выявлен дискретный возврат к первоначальной уставке (рис. 5):

- в случае останова питателя;
- если введенное значение превышало предыдущее.

После корректировки алгоритма повышение уставки стало плавное (рис. 6).

Рассмотренные недостатки негативно влияли на работу оборудования, так как каскад особенно чувствителен к повышению нагрузки, и зависимость параметров (мощности двигателя и давления гидropодпора на опорных подшипниках) от подачи руды носит нелинейную зависимость. Таким образом, скачкообразное повышение уставки могло привести к аварийной ситуации. Все недоработки алгоритмы были оперативно устранены специалистами ЗАО «УК «Петропавловск».

**Практические результаты внедрения**

В настоящее время рассмотренная система автоматизации успешно используется на руднике.

Внедрение разработанного алгоритма позволило стабилизировать технологический процесс, так как обеспечило ровную подачу руды. Вручную добиться ведения технологического процесса в таком режиме очень сложно. Это может реализовать только очень опытный мельник, непрерывно следящий за процессом. До внедрения алгоритма на этом производственном участке работали два человека (один обслуживал ММПСи, другой - две шаровые мельницы МШР). После внедрения остался один мельник. Он выполняет в большинстве случаев только контроль за работой оборудования. Система в автоматическом режиме поддерживает ровную и стабильную подачу руды.

С течением времени в результате горнодобывающих мероприятий верхний слой окисленной руды был выработан. На руднике приступили к разработке более твердой не окисленной руды. В связи с этим сменилась технология обогащения. Стала применяться технология флотации, которая допускает более грубый помол, но при этом на вход поступает более твердая руда. При этой технологии равномерность подачи измельченной руды с участка измельчения на участок флотации еще более значима. Разработанный алгоритм и в этом случае помогает поддерживать в стабильном состоянии протекание технологического процесса.

Также на руднике решалась задача стабилизации соотношения «руда-вода» посредством подачи воды в мельницу. Система была реализована в полуавтома-

*Человек проверяет пробу золота, а золото - пробу человека.*

Томас Фуллер

тическом режиме. До внедрения алгоритма опытный мельник затрачивал 40...60 мин, чтобы после останова вывести мельницу на максимальную производительность. После внедрения системы на решение задачи уходило всего 15...20 мин. При этом не требовалось привлекать специалиста высокой квалификации.

Необходимо отметить бюджетность всех используемых на руднике решений.

**Список литературы**

1. Улитенко К.Я. Автоматизация процессов измельчения в обогащении и металлургии // Цветные металлы. Специальный выпуск. 2005. № 10. С. 54-60.
2. Алексеев М.А., Холод Е.Л. Контроль перегрузки барабанных мельниц рудой на основе показателя Херста звукометрического сигнала. <http://ir.nmu.org.ua/>
3. Гринман И.Г., Сакбаев Ж.М., Жотобаев Ж.Р. Измерения степени загрузки мельницы рудой с помощью телеизмерительного датчика // Обогащение руд. 1962. №1. С. 27-29.
4. Гейзенблазен Б.Е., Лорман Л.Т., Левченко М.Н. Разработка и исследования радиоизотопного измерителя заполнения мельниц мокрого самоизмельчения // Обогащения руд. 1978. №2. С.38-41.
5. Гончаров Ю.Г., Давидкович А.С., Гейзенблазен Б.Е. Автоматический контроль и регулирование технологических процессов на железорудных обогатительных фабриках. М.: Недра. 1968. 277 с.
6. Утеуш Э.В., Утеуш З.В. Управление измельчительными агрегатами. М.: Машиностроение. 1973. 280 с.

*Волгин Денис Юрьевич – начальник службы КИПиА ПАГК АО "Покровский рудник".  
E-mail: volgin-d@pokrmine.ru*

**Комплексная система защиты удаленного доступа**

Пандемия COVID-19 заставила многие компании пересмотреть подход к организации рабочего места своих сотрудников. В условиях самоизоляции перед руководством компаний встала задача экстренного перевода своих сотрудников на удаленный режим работы в целях обеспечения непрерывности работы бизнеса, не забывая при этом о вопросах безопасности, во избежание угроз информационной безопасности. Не все организации смогли обеспечить сотрудников корпоративными устройствами, а при использовании личных устройств (ПК, ноутбук, смартфон) важно гарантировать высокий уровень защищенного доступа к корпоративной информации.

Для решения этих задач компания Cross Technologies предлагает комплексную систему обеспечения защиты удаленного доступа. Ключевыми особенностями решения стали быстрота внедрения, масштабируемость, а также гибкость настройки системы.

Модульность системы позволяет гибко подстраиваться под требования информационной безопасности организации, выбирая необходимые компоненты системы для защиты удаленного доступа. В зависимости от требований компаний к защите рабочих мест в организации внедрение системы может занять от 3 дней.

При удаленном доступе сотрудников компании инфраструктура условно делится на три логические зоны: зона неконтроли-

руемого доступа (удаленные АРМ), зона сетевого соединения и зона внутренних корпоративных сервисов. Комплексная система защиты удаленного доступа от Cross Technologies позволяет обеспечить качественную надежную работу всех этих зон.

Преимуществом системы является обеспечение защиты удаленного доступа на всех этапах. Система позволит проконтролировать защищенность удаленных рабочих мест, обеспечить защищенное соединение с проверкой на соответствие конечного устройства. Кроме того, решение осуществляет анализ и мониторинг поведения сотрудников при удаленном доступе к бизнес-приложениям.

Особенностью работы системы является выполнение контроля активности удаленного доступа сотрудников только при подключении к корпоративной сети организации, тем самым предоставляя корректную информацию о работе сотрудников на удаленном режиме и сокращая затраты ресурсов организации на ее мониторинг.

Разработка компании Cross Technologies позволяет не только реализовать требования информационной безопасности к защите удаленных АРМ в текущих экстренных условиях, но также и возможность перевода сотрудников на постоянную удаленную работу после окончания режима самоизоляции.

[Http://crosstech.su](http://crosstech.su)