

АСАК @LAST™ ОТ ТЕХНОЛИНК



В статье представлена автоматизированная система аналитического контроля (АСАК) @LAST™, разработанная компанией ТЕХНОЛИНК для контроля процессов флотации, обогащения руд, гидрометаллургических процессов в цветной и черной металлургии и т. д. Рассмотрена технологическая структура системы, а также ее элементы: автоматическая система опробования пульповых продуктов (АСОПП) и потоковый рентгенофлуоресцентный анализатор АК-21.

АО «ТЕХНОЛИНК», г. Санкт-Петербург

Автоматизированная система аналитического контроля (АСАК) – тот самый инструмент, точность, надежность, чувствительность и скорость работы которого во многом влияют на повышение показателей и качество извлечения в технологических процессах переработки рудных полезных ископаемых. Хотя АСАК по своей сути является датчиком концентраций, это целый комплекс оборудования с собственной системой управления, позволяющий:

- ▶ осуществлять автоматический отбор контролируемых технологических продуктов;
- ▶ формировать экспрессные и накопленные пробы;
- ▶ передавать пробы на проведение анализа, позволяющего определить содержание требуемых химических элементов;
- ▶ производить обработку полученных данных и передачу их технологом, осуществляющим контроль за процессом.

К АСАК применяется ряд отраслевых стандартов, сложившихся де-юре (ГОСТ 14180-80 для балансового контроля) и де-факто (результат каждые 15 минут). Важным преимуществом АСАК является возможность минимизировать влияние человеческого фактора на технологический процесс.

Непрерывный объективный контроль с АСАК @LAST™

АСАК @LAST™ от компании ТЕХНОЛИНК может использоваться при проведении процессов флотации в процессе обогащения руд различных типов (включая золотосодержащие, железосодержащие, цветные и редкие металлы), при гидрометаллургических процессах в цветной и черной металлургии. Применение АСАК @LAST™ позволяет улучшить контроль качества концентрата, в более ранние сроки выявить технологические нарушения и, как следствие, снизить потери извлекаемого металла и сократить затраты.

АСАК @LAST™ дает возможность управлять оборудованием на основе актуальной информации о металлур-

гических показателей передела, проводя анализ содержания компонентов во всех ключевых потоках технологического процесса. Полученная таким образом информация может использоваться для оптимизации работы каждой отдельной части контура флотации для максимального увеличения эффективности производства (рис. 1).

Технологическая структура АСАК @LAST™

В составе АСАК @LAST™ (рис. 2) выделяют две части:

- ▶ автоматическую систему опробования пульповых продуктов (АСОПП);
- ▶ потоковый рентгенофлуоресцентный анализатор АК-21.

Эти части могут использоваться как вместе, так и по отдельности. Соответственно, и внедрять их мож-

Экономия реагентов на переделе флотации

Анализ характеристик технологических потоков на основе данных, полученных с использованием АСАК, позволяет технологом оперативно реагировать на изменения в процессе и корректировать параметры для достижения необходимого качества продукта. Не секрет, что одна из наиболее затратных статей на переделе флотации – стоимость реагентов, используемых в технологии. Затраты на реагенты, например при выщелачивании золота, соизмеримы со стоимостью электроэнергии, а в ряде случаев превышают энергозатраты в 1,5–2 раза. Применение АСАК не только позволяет контролировать процесс, но и обеспечивает соблюдение правильной дозировки реагентов и их оптимальное соотношение, без перерасхода.

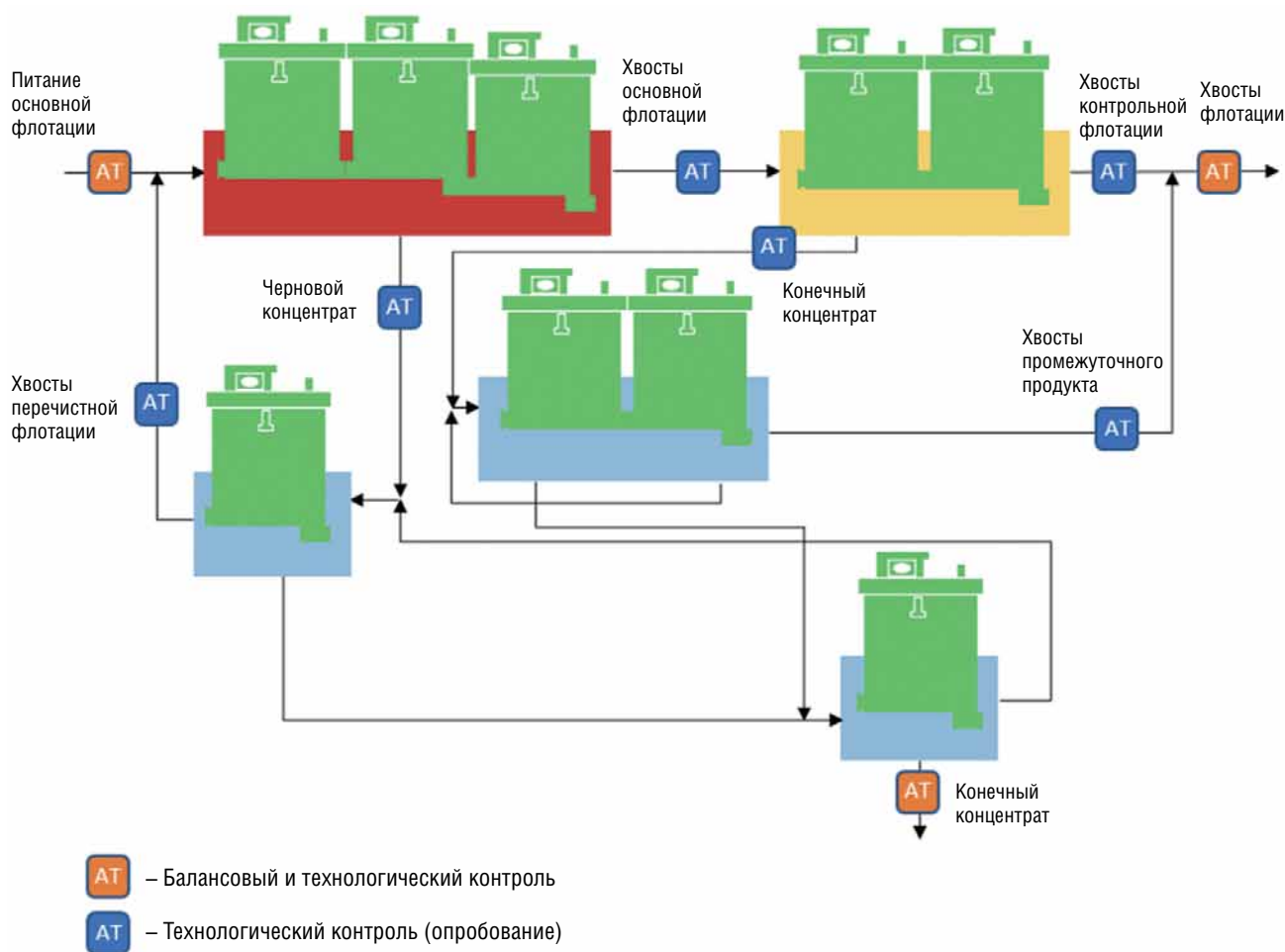


Рис. 1. Пример технологической схемы флотационной установки с точками контроля

но последовательно, начав с системы опробования и распределив таким образом бюджет проекта.

Автоматическая система опробования пульповых продуктов (АСОПП)

Важным элементом АСАК является АСОПП, предназначенная для автоматического выполнения операций отбора проб пульпы, их доставки и подготовки к проведению экспресс-анализа, а также для формирования на их основе балансовых и контрольных проб. При проектировании и создании АСОПП специалисты компании ТЕХНОЛИНК отдают предпочтение традиционной схеме дискретного отбора и накопления точечных проб по месту нахождения точки опробования, дальнейшей пневмотранспортировке накопленных проб в лабораторию, необходимой подготовке проб (воздухоотделение, сокращение) и подаче их на анализ.

Сегодня ТЕХНОЛИНК производит и поставляет АСОПП, которые полностью соответствуют ГОСТ 14180-80 по представительности от-

бора для балансового контроля. Все оборудование отбора, доставки и подготовки проб прошло сертификацию в органах Ростехнадзора и имеет разрешение на применение в условиях особо опасного производства.

Первичный отбор в зависимости от условий производства осуществляется пересечными пробоотборниками серии ПС, напорными пробоотборниками серии ПН, вакуумными пробоотборниками серии ПВ или линейными пробоотборниками серии ПЛ.

Пересечные пробоотборники серии ПС отбирают пробу в потоках от 5 до 4000 м³/ч. Пробоотборник данного типа представляет собой устройство с пневмоприводом, сообщающим пробоотбирающему ножу поворотное движение, во время которого производится полное пересечение технологического потока и осуществляется отбор пробы. Геометрия отсекающей части ножа имеет форму трапеции и обеспечивает пропорциональность ширины щели по отношению к расстоянию от оси вращения, что является одним

из факторов, обеспечивающих представительный отбор пробы. Пробоотборники выпускаются в коррозионно-стойком исполнении с широким использованием полимерных материалов, обладающих высокой абразивной устойчивостью к пульповым продуктам, и комплектуются высоконадежными пневмоприводами. Такие особенности конструкции пробоотборников обеспечивают безопасность и удобство при эксплуатации и обслуживании.

Пробоотборники напорные серии ПН предназначены для оперативного опробования промежуточных продуктов. Они отбирают пробу из напорных технологических трубопроводов, в которых поток достаточно хорошо перемешан и однороден. Пробоотборник данного типа представляет собой устройство с пневмоприводом, открывающим и закрывающим в дискретном режиме пробоотборное отверстие в технологическом трубопроводе для отбора части потока в качестве пробы.

Вакуумные пробоотборники серии ПВ предназначены для опробо-

вания технологических продуктов, находящихся в свободном состоянии в различных емкостях в условиях, при которых невозможно применение пробоотборников пересечного типа. Всасывание материала через заборную трубку производится за счет создания в полости пробоотборника давления ниже атмосферного. Для представительности пробы в цикле пробоотбора предусмотрена продувка сжатым воздухом пробозаборного патрубка и освобождение его от отстоявшейся пульпы. Для формирования фиксированного объема пробы в них встроен датчик уровня.

В линейных пробоотборниках серии ПЛ линейно перемещающийся нож выполняет полное пересечение технологического потока для отбора пробы. Отбор проб выполняется из самотечного горизонтального потока до 650 м³/ч. Отобранная проба из ножа вакуумным устройством направляется в станцию транспортировки.

Отобранная теми или иными пробоотборниками проба поступает в станцию приема проб СПП емкостью 10 или 17 л. По команде с центральной станции управления АСАК

проба с помощью сжатого воздуха транспортируется в лабораторию, где установлено оборудование подготовки проб и анализатор (например, анализатор АК-21 от ТЕХНОЛИНК).

Прием пробы в лабораторию из трубопроводов пневмодоставки осуществляет станция деаэрации проб СДП-2. Станция предназначена для отделения проб от сжатого воздуха и направления этих проб самотеком на пробоподготовку и анализ.

Вакуумная установка фильтрации проб УФП-1В предназначена для обезвоживания пульповых проб на обогатительных фабриках. Установка обеспечивает обезвоживание 8 или 16 потоков технологических продуктов.

Установка УП-1Ш обеспечивает сокращение, обезвоживание и формирование накопительной пробы одного продукта. Установка выполнена в виде шкафа с ограничением несанкционированного доступа.

Все оборудование опробования технологических продуктов работает в автоматическом режиме, подчиняясь алгоритму центральной станции управления (ЦСУ), построенной на базе ПЛК. Шкафы управления пробо-

отборниками находятся в процессной зоне обогатительной фабрики и связаны с ЦСУ сигнальным кабелем, витой парой или оптоволоконным кабелем в зависимости от масштабов предприятия.

Особое внимание уделяется вопросам надежности и безопасности эксплуатации оборудования ТЕХНОЛИНК в тяжелых условиях действующего обогатительного производства. С этой целью для компонентов и шкафов управления компонентами АСОПП разработчики стремятся использовать преимущественно пневматические приводы, напряжение питания в схемах электропневмоуправления не выше 24 В постоянного тока, а все применяемые элементы пневмоавтоматики – от ведущих производителей, доказавших свою надежность.

Для управления оборудованием АСОПП в компании практикуют два подхода.

► На небольших предприятиях как с экономической, так и с технической точки зрения более оправданы централизованные структуры, состоящие из одной станции управления с ПЛК и местных схем управления на каж-



Рис. 2. Технологическая структура АСАК @LAST™

дой точке отбора проб. Связь местных схем со станцией управления при этом осуществляется по многожильным кабелям.

► Для крупных предприятий с большим количеством точек опробования и значительным их территориальным разбросом целесообразнее использовать распределенные системы, связи в которых организованы по сетевому принципу. Такая система обычно состоит из ЦСУ и ряда шкафов управления пробоотборниками, расположенных непосредственно в процессной зоне производственного цеха. Для связей между станциями используется протокол Ethernet.

Потоковый рентгенофлуоресцентный анализатор АК-21

Экспресс-анализ технологических продуктов осуществляет потоковый рентгенофлуоресцентный анализатор АК-21 собственного производства ТЕХНОЛИНК, входящий в структуру АСАК.

Анализатор представляет собой готовое изделие, соответствующее нормативам по электробезопасности, электромагнитной совместимости и радиационной безопасности. Для эксплуатации анализатора не требуется получения лицензии на работу с источниками ионизирующих излучений.

В состав анализатора входят две проточные кюветы. Во время анализа одной кюветы вторая проходит стадию промывки и готовится к приему следующей пробы. При необходимости на кювете выполняется автоматическая замена защитного окна из полимерной пленки. Применение двух измерительных кювет позволяет разделить потоки на «богатые» и «бедные» и исключить кросс-заражение проб, искажающее результаты анализа.

Анализатор АК-21 предназначен для измерения массовой доли химических элементов в диапазоне от 16S до 92U в жидких пробах продуктов переработки минерального сырья, горных пород и руд, представленных в виде пульпы или растворов. Анализ при этом производится непосредственно в потоке пробы в режиме онлайн без предварительных подготовительных операций (обезвоживание, сушка, измельчение твердой фракции).

Для обеспечения стабильности измерений и корректировки на аппаратный дрейф в анализаторе установлена стационарная кювета с твердым реперным образцом. Измерение реперного образца один раз в цикл позволяет учитывать сдвиг спектра как по интенсивности, так и по энергетической шкале.

В качестве измерительного устройства в анализаторе используется спектрометр рентгенофлуоресцентный РФСУ собственного производства ТЕХНОЛИНК. Спектрометр оснащен источником первичного рентгеновского излучения (маломощной рентгеновской трубкой), SDD-детектором высокого разрешения с термоэлектрическим охлаждением и многоканальным амплитудным анализатором импульсов. Спектрометр позволяет за одну экспозицию 20–60 секунд измерить интенсивности флуоресценции всех элементов, составляющих пробу, а также интенсив-

ности рассеянного излучения рентгеновской трубки для учета плотности пробы и вычета фона.

Спектрометр оснащен системой термостабилизации, обеспечивающей точность измерений в диапазоне температур окружающей среды от +5 до +40 °С. Корпус спектрометра со степенью защиты IP65 обеспечивает надежность работы входящих в него компонентов.

Устройство подачи проб на анализатор может быть выполнено в нескольких вариантах:

► с использованием мультиплексора потоков и самовсасывающих насосов, обеспечивающих замкнутый циркуляционный контур (минимальный объем пробы – 2 л; максимальное количество потоков на один анализатор – 12; полный цикл анализа всех потоков – 15–20 минут);

► с помощью мультиплексора потоков и одноразовой прокачки пробы сифонной или вакуумной системой;

Таблица 1. Основные технические характеристики анализатора АК-21

Наименование характеристики	Значение
Определяемые элементы	От 16S до 92U
Количество одновременно определяемых элементов, не более	20
Аппаратурная погрешность, %, не более (СКО выходного сигнала)	0,3
Чувствительность на стандартном образце, содержащем 1% Fe, не менее	100
Нижний порог количественного определения концентраций, %	от 0,02 (Cu, Ni, Zn); от 0,002 (Mo)
Режим работы	24/7
Время одного цикла, мин	15–20
Максимальное число обрабатываемых потоков	До 12 при использовании совместно с мультиплексором
Объем пробы, достаточный для измерения, л	От 2
Среднее время анализа одного потока, мин	1–2
Энергопотребление	220 В перем. тока, 50 Гц, не более 0,75 кВА
Потребление сжатого воздуха	
• мгновенный расход, Нл/мин, не более	250
• усредненный расход, Нм ³ /ч, не более	8,5
Потребление воды, л	5–7 на 1 анализ (не более 200 л/ч)
Электробезопасность	Соответствует: ГОСТ ИЕС 61010-1-2014, ГОСТ ИЕС 62311-2013, ГОСТ Р МЭК 61326-1-2014
Радиационная безопасность	Соответствует: НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99/2010, СанПиН 2.6.1.3289-15. Освобожден от радиационного контроля
Метрология	Спектрометр внесен в Госреестр под № 95975-25

► возможна модификация анализатора для самотечных проб (минимальный объем пробы – 15 л).

Выбор применяемого варианта подачи проб зависит от конкретных условий производства. Предпочтительнее, конечно, применение подачи проб под разрежением, поскольку это полностью исключает аварийную заливку измерительного устройства жидкой пробой при прорыве защитной пленки кюветы.

Основные технические характеристики анализатора АК-21 представлены в табл. 1.

Для градуировки анализатора используются сухие пробы массой не более 50 г, из которых изготавливаются твердые таблетки (смеси с борной кислотой, имитирующие необходимую плотность пульпы). Для оценки точности могут быть использованы они же либо, при массе пробы от 2,5 кг, – жидкие пульповые пробы, циркулирующие через проточную кювету анализатора. Пример сравнения результатов предварительной калибровки на стенде и данных, полученных при вводе анализатора АК-21 в эксплуатацию на медно-молибденовом обогатительном комбинате, представлен в табл. 2.

На производственной площадке ТЕХНОЛИНК развернут испытательный комплекс, в состав которого входит стендовый образец анализатора АК-21. Он используется для испытаний на образцах заказчика, проведения предварительной калибровки и оценки метрологических характеристик экспресс-анализа исследуемых продуктов. Эта оценка позволяет с высокой точностью прогнозировать точностные характеристики АСАК, обеспечиваемые при контроле конкретного технологического процесса.

Таким образом, приобретая анализатор АК-21 от ТЕХНОЛИНК, заказчик получает проверенное на реальных продуктах решение с заведомо известными характеристиками.

Требования к регулярному обслуживанию во время эксплуатации у анализатора АК-21 весьма скромные. Периодический контроль его работы и корректировка уравнений калибров-

Таблица 2. Сравнение результатов предварительной калибровки на стенде и данных, полученных при вводе анализатора АК-21 в эксплуатацию на медно-молибденовом обогатительном комбинате, % по массе

Название продукта	Элемент	Достиженные при ПНР		Предварительная градуировка	
		Диапазон концентраций	СКО ΔС	Диапазон концентраций	СКО ΔС
Исходная руда	Cu	0,21–0,47	0,02	0,29–0,39	0,05
	Mo	0,04–0,017	0,002	0,07–0,037	0,002
Общие отвальные хвосты	Cu	0,06–0,11	0,01	0,08–0,12	0,05
	Mo	0,003–0,008	0,001	0,003–0,006	0,002
Хвосты Мо селекции	Cu	8–16	0,6	10–15	0,7
	Mo	0,02–0,55	0,02	0,02–0,22	0,03
Концентрат Cu	Cu	11–32	1,2	18–26	0,7
	Mo	0,02–0,5	0,03	0,03–0,1	0,03

ки занимают не более двух часов в неделю. Точность потокового экспресс-анализа сравнима с лабораторными физико-химическими методами. Это позволяет сократить количество контрольных анализов, проводимых лабораторией, снизить нагрузку на персонал и оборудование, а также уменьшить расход реактивов и материалов. Кроме того, спектрометр РФСУ может использоваться лабораторией для стационарного анализа сухих порошковых проб, заменяя собой дорогостоящее оборудование ААС, АЭС-ИСП, титриметрии.

Заключение

Внедрение АСАК @LAST™ от ТЕХНОЛИНК позволяет:

- представительно опробовать технологические продукты для балансового и технологического контроля;
- уменьшить время на доставку проб от точек отбора до проведения анализа;
- обеспечить автоматическое управление устройствами отбора, доставки и формирования экспрессных, накопленных и балансовых проб контролируемых продуктов, а также автоматическое управление аналитическим оборудованием экспресс-анализа, исключив при этом затраты и ошибки, связанные с человеческим фактором;
- передать полученные результаты пользователю в режиме реального времени (система обеспечивает обработку и хранение результатов анализа, которые используются для своевре-

менного, оптимального управления переделом и в дальнейшем для формирования отчетов).

Система разрабатывается индивидуально для каждого заказчика в зависимости от конкретных условий производства и требований, таких как количество точек контроля, типы пробоотборников, оборудование пробоподготовки и доставки пробы в экспресс-лабораторию. Настройка и калибровка анализатора тоже производятся под конкретные элементы, которые нужно проанализировать.

ТЕХНОЛИНК предоставляет возможность провести предварительную проверку именно его технологических образцов в испытательной лаборатории в Санкт-Петербурге, обеспечивает проектирование и внедрение АСАК «под ключ», а также проводит обслуживание после ввода системы в промышленную эксплуатацию. Начиная с 2005 года АСАК @LAST™ от ТЕХНОЛИНК нашла применение на ведущих предприятиях России, таких как ПАО «ГМК «Норильский никель», ПАО «Полус», ОАО «Уральская горно-металлургическая компания» и др.

В. А. Ермолинская,
руководитель проектов НИОКР,
И. Б. Прокопенко,
главный специалист АСАК,
АО «ТЕХНОЛИНК», г. Санкт-Петербург,
тел.: +7 (812) 331-5830,
e-mail: info@technolink.spb.ru,
сайт: technolink.spb.ru