

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДОБЫЧИ АЛМАЗОВ

Кушаковский О.В.¹, Михеев П.М.², Соболев А.С.²

ООО «Лаборатория Инновационных технологий», 117574, г. Москва, Одоевского пр., д.3, корп.7

«Лаборатория автоматизации научных исследований», МЛЦ МГУ, 119992, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр.62.

Разработана автоматизированная система контроля добычи алмазов на базе контроллера реального времени NI PXI. Алгоритм анализа позволил значительно увеличить чувствительность и надежность детектирования кристаллов в потоке породы.

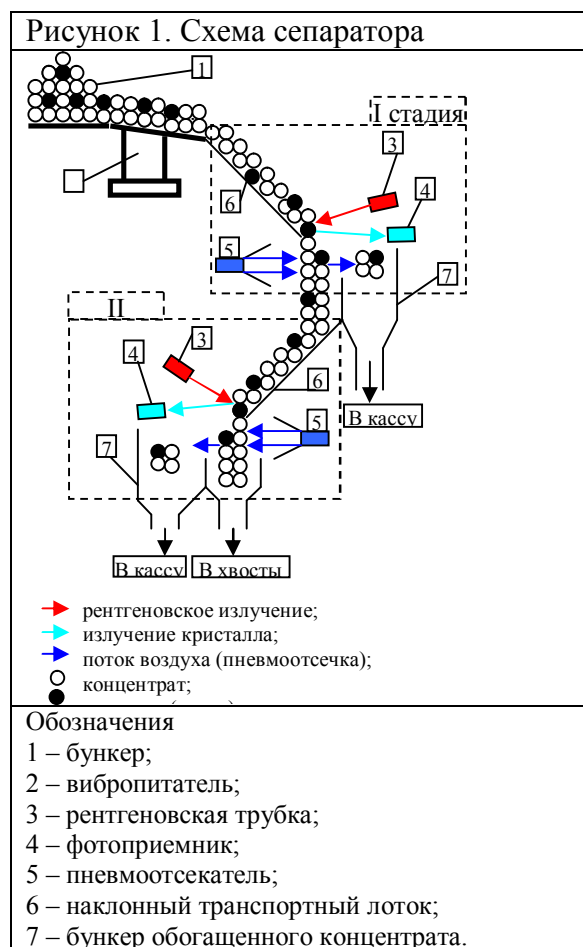
Введение

Процесс добычи драгоценных металлов и камней подробно описан даже в художественной литературе. Всем хорошо известны книги Джека Лондона, когда золотоискатели промывают породу и добывают золотой песок. Однако у такой системы есть один большой недостаток: малая эффективность переработки породы. Содержание полезных объектов во многих месторождениях, которые успешно разрабатываются сегодня доходит до долей карата на кубометры породы. Для экономически выгодной

разработки таких месторождений абсолютно необходимы автоматизированные системы. В настоящее время в России работают системы, созданные до 30 лет назад.

С необходимостью модернизации автоматизированной системы добычи алмазов столкнулась компания ЗАО "УралАлмаз". Подрядчиком по разработке новой системы стала компания ООО «Лаборатория Инновационных технологий», а «Лаборатория автоматизации научных исследований» при МЛЦ МГУ осуществляла написание программного обеспечения системы. Поскольку технологии LabVIEW и продукция фирмы National Instruments широко применяются во многих областях автоматизации промышленности, было решено разработать систему на базе промышленного контроллера PXI для анализа в режиме реального времени информационных напряжений (от фотоэлектронных умножителей) и индикации наличия объектов в породе в данный момент.

В первой части статьи описывается схема используемого оборудования анализа



породы, доказывається необходимость усовершенствования системы анализа и обосновывается выбор контроллера реального времени. Потом мы кратко описываем особенности и достоинства разработанной системы и программного обеспечения.

Положение дел до недавнего времени.

Основное оборудование анализа породы – рентгенолюминисцентный сепаратор ЛС 20-04М, его схема приведена на рисунке 1, а принцип работы заключается в следующем: предварительно обогащенный материал поступает в бункер модуля сортировки сепаратора (1), откуда вибропитателем (2) подается на наклонный транспортный лоток (6), где формируется монослойный поток материала. В зоне 40 мм от нижнего края лотка он облучается импульсным рентгеновским излучением от рентгеновской трубки (3). Световое излучение кристалла улавливается фотоприемником (4), обрабатывается автоматической системой управления сепаратора (САУ ЛС), где формируется сигнал на срабатывание пневмоотсекателя (5). Поток воздуха (пневмоотсечка) перемещает порцию материала с обнаруженным кристаллом в бункер сбора и далее в кассу. В аппарате применен принцип последовательного (в две стадии) обнаружения и извлечения минералов (кристаллов) с целью более полного их

извлечения (теоретически 95% на каждой стадии). Взаимодействие между подсистемами сепаратора, синхронизацию и контроль их функционирования выполняет блок управления с жесткой логикой.

Рисунок 2. Рабочие сигналы, теория

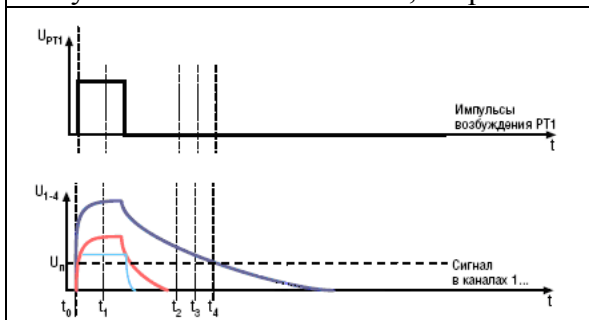
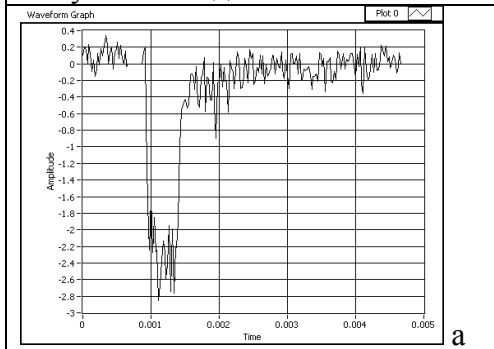
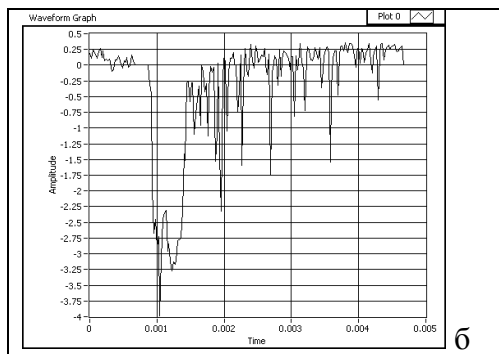


Рисунок 3. Вид сигнала ФЭУ.





Вид сигналов приведен на графиках на рисунке 2. Сплошная черная линия – это импульс напряжения, открывающий рентгеновскую лампу. Рентгеновское излучение рассеивается породой и регистрируется фотоэлектронным умножителем. Сигнал напряжения с ФЭУ показан синей линией на среднем графике рисунка 2. Он складывается из сигнала, рассеянного породой и сигнала послесвечения кристаллов (если они есть). Послесвечение кристалла отличается амплитудой и

длительностью.

В настоящее время для анализа наличия объекта в породе используется следующий алгоритм. Если значение напряжения ФЭУ на спаде импульса в определенной точке превышает жестко заданный порог, считается, что в породе присутствует алмаз. Вся система работает на основе жесткой логики.

Ее недостатки очевидны: во-первых, анализ ведется только по одному значению. На рисунке 3 а,б приведены два реальных сигнала ФЭУ. Очевидно, что амплитуда шума может быть очень значительной, и вызывает огромные ошибки измерения, которые приведут к ложным срабатываниям или, наоборот, пропуску алмаза. Во-вторых, решение принимается на основании одного жестко заданного порогового значения. Это некорректно, потому что условия постоянно изменяются: детекторы загрязняются, их чувствительность падает, со временем уменьшается яркость рентгеновского источника. В настоящее время параметры системы постоянно корректируются, причем вручную. Оператор РЛС сравнивает, например, амплитуду сигнала ФЭУ со стандартной и в случае необходимости увеличивает напряжение. Для работы системы требуется постоянное внимание обслуживающего персонала. Также, со временем оборудование (основной вклад дает ФЭУ) начинает стареть и вклад шума увеличивается. Кроме этого, скорость движения и диаграмма направленности излучения рентгеновской лампы таковы, что объект находится в зоне его действия в течение трех импульсов (12 мс.). Внедрение возможности анализа трех последовательных импульсов в систему с жесткой логикой означает очень серьезное ее изменение.

Необходимость модернизации

Приведенные аргументы говорят о необходимости внедрения современной системы анализа со следующими необходимыми особенностями:

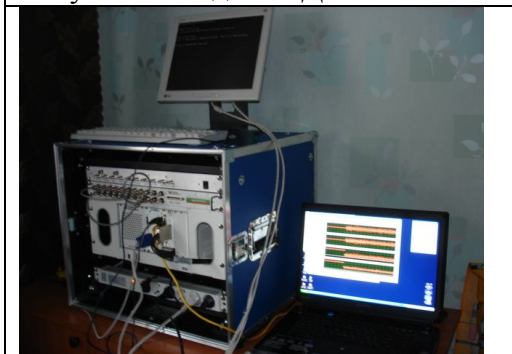
- 1) Интегральный анализ сигнала.
- 2) Автоматическая адаптация системы анализа под изменившиеся условия.
- 3) Фильтрация шума
- 4) Анализ на основании трех последовательных импульсов.

Также модернизированная система должна обладать следующими дополнительными возможностями, которые невозможно реализовать на используемой в настоящее время аппаратной базе:

- 1) Ведение протокола обнаруженных кристаллов.
- 2) Оперативный доступ к протоколу.
- 3) Защита от сбоя питания электрооборудования.

Этим требования достаточно просто удовлетворить в системе автоматизированного управления, созданной на базе технологий National Instruments. Среда разработки LabVIEW позволяет разработать гибкий алгоритм анализа сигналов, учесть изменение параметров во времени, вести протокол измерений.

Рисунок 4. Вид АСКДА.



Для решения поставленной задачи и создания системы контроля добычи алмазов необходимо анализировать очень быстро изменяющийся аналоговый сигнал. За 4 мс необходимо оцифровать информационную часть сигнала, обработать ее и принять решение о наличии или отсутствии объекта. Особенно важна точность привязки по времени и синхронизация сигналов, измерений и анализа. В ОС Windows указанные требования выполнить невозможно. Точность определения времени обычно не

превышает 10 мс, при запуске дополнительных приложений задержки увеличиваются еще больше. Данную систему может работать только в режиме реального времени.

В качестве устройства анализа оцифрованного сигнала мы выбрали контроллер реального времени NI PXI. На нем установлена система реального времени, которая гарантирует точность определения времени до 1 микросекунды.

АСКДА

Внешний вид автоматизированной системы контроля добычи алмазов (АСКДА) представлен на рисунке 4. Система состоит из:

- 1) блока согласования сигналов;
- 2) блока коммутации сигналов (BNC-2090);
- 3) контроллера PXI-8196 на шасси PXI-1031 с платой сбора данных PXI-6251;
- 4) блока питания, с защитой от импульсных помех и перепадов напряжения.

Блок согласования (верхняя в корпусе) позволяет преобразовать различные сигналы РЛС в оптимальные для оцифровки или цифрового ввода. Например, сигнал генератора поступает на нее с амплитудой 20 В, потенциометр на плате преобразует его к TTL импульсу. Все блоки смонтированы на 19" стойке внутри виброзащитного корпуса.

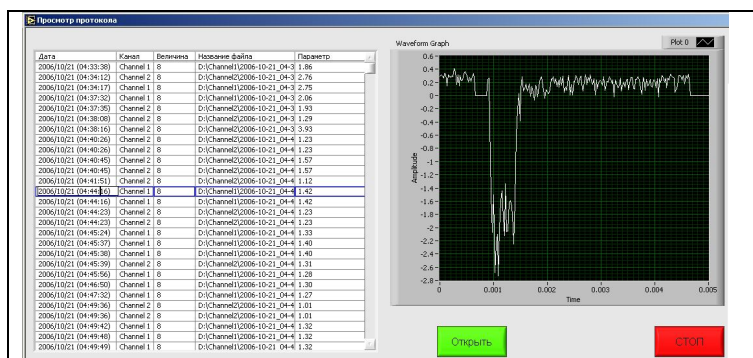
Программное обеспечение

Программа АСКДА состоит из двух частей: клиентской и реального времени. Вторая часть основная, после компиляции она загружается на PXI и устанавливается в автозагрузку. Программа состоит из двух параллельно работающих циклов, "быстрого" и "медленного". "Быстрый" тактируется по таймеру с частотой 250 Гц (раз в 4 мс), в нем происходит сбор данных и их анализ – проверка наличия алмаза из формы импульса. Сбор данных запускается по триггеру от сигнала с генератора. Таким образом, цикл сбора данных и их обработки обрабатывает каждый проходящий сигнал с ФЭУ. Синхронизация по сигналу с генератора дает нам возможность точно определить начало импульса. Обработка импульса и его проверка на наличие кристалла занимает меньше 200 мкс, эту часть с заднего фронта сигнала ФЭУ мы игнорируем.

В том случае, если система детектирует наличие алмаза (анализируя последовательности импульса), передается событие в "медленный" цикл, который работает с периодом 30 мс. Если происходит событие, в файл отчета добавляется запись о времени события, размере кристалла, стадии регистрации. Вид импульса записывается в бинарный файл.

Эта часть программного обеспечения загружена на PXI и фактически невидима для пользователя, о ее работе он может судить только по результатам. Вид клиентской части программы для просмотра протокола работы представлен на рисунке 5.

Рисунок 5. Клиентская часть программы.



Клиентская программа запускается на произвольном компьютере, соединенном с PXI по сети Ethernet. По протоколу ftp на этот компьютер копируется файл отчета и импульсы событий. В режиме просмотра протокола, который показан на рисунке 4, можно просмотреть все параметры

события: время регистрации, размер кристалла и другие параметры.

Выводы

Нами разработана автоматизированная система контроля добычи алмазов. Основное ее новшество состоит в следующем:

- 1) Для принятия решения может быть использовано несколько (3) последовательных импульсов;
- 2) Система документирует сигнал, что даёт возможность в дальнейшем анализировать его и делать выводы о работе алгоритма;
- 3) Система по параметрам сигнала оценивает массу кристалла;
- 4) Используемые в системе алгоритмы более устойчивы к помехам и, как следствие, более чувствительны и лучше защищены от принятия ложных решений.
- 5) Система предоставляет оперативный доступ к результатам работы.

Все вышеперечисленные новшества стали доступны только с использованием современных технологических аппаратных и программных решений. На сегодняшний день нами разработан и прошел промышленные испытания опытный образец, который служит экспериментальной платформой и прообразом для создания промышленной системы контроля, а в ближайшем будущем управления и добычи алмазов.