

Комплексный подход к управлению средствами автоматизации аналитического контроля качества

А. Кигель (Modcon Systems), А.Б. Петрановский (ЭКОХИМПРИБОР)

Представлены возможности системы управления средствами автоматизации аналитического контроля качества ANACON, которая призвана снизить влияние человеческого фактора и оказать помощь оператору АСУТП в принятии решений.

Ключевые слова: аналитического контроля качества, APC-система, ЛИМС, виртуальный анализатор, поточный анализатор, лабораторный анализ, валидация результатов.

Введение

Современная АСУТП представляет собой сложный программно-аппаратный комплекс, включающий большое число компонентов, таких как полевые устройства и датчики, контроллеры управления ТП, станции операторов, информационные серверы и т. п. Для нормативной работы АСУТП требуется современный человеко-машинный интерфейс, обеспечивающий комфортные условия работы человека с системой [1–3]. В задачи, поставленные перед оператором АСУТП, входят не только контроль за показаниями качества аналитических систем и поддержка их нормативной работы, но также анализ параметров протекающего ТП и предотвращение аварийных ситуаций.

Контроль качества на предприятиях

Основным источником информации о составе поступающего сырья, эффективности ТП, а также о качественных параметрах продукции является лаборатория завода. К основным недостаткам такой модели относятся:

- значительная задержка для внесения корректирующих воздействий оператором, обусловленная низкой периодичностью проводимых анализов;
- высокие эксплуатационные расходы на содержание лабораторного персонала и проведение рутинных операций;
- высокая степень влияния человеческого фактора на результаты измерений показателей качества, вызванная нарушениями условий отбора и транспортировки пробы, а иногда нарушениями или ошибками при выполнении анализов. Помимо этого возможны ошибки при внесении результатов анализов в систему ЛИУС (LIMS), а также значительные неточности при фиксации времени отбора пробы.

В последнее время на российских предприятиях активно внедряются виртуальные анализаторы качества, реализуемые либо в качестве самостоятельных автоматизированных систем, либо в составе систем улучшенного управления ТП (Advanced process control — APC). Такие решения позволяют обеспечить непрерывный контроль над ТП, автоматическую корректировку и стабилизацию режимов работы установок, что в свою очередь приводит к стабилизации показателей качества на выходе установок, благодаря чему становится возможным снижение запасов по качеству и повышение экономической эффективности

работы установок (повышение выхода целевых или более ценных компонентов, снижение энергозатрат). При этом следует отметить, что далеко не для каждого показателя качества возможно создать надежный и стабильный виртуальный анализатор, а надежность и стабильность работы виртуальных анализаторов в значительной степени зависят от изменений состава «измеряемого» потока. К тому же, даже успешно работающие виртуальные анализаторы требуют постоянного сопоставления (сверки) своих результатов с основным источником данных о качестве (лабораторным анализом) с целью определения отклонения показаний и последующей компенсации выявленного смещения, а также требуют постоянного контроля степени корреляции и периодической перестройки математической модели. Все эти условия показывают значительную зависимость надежности и стабильности работы виртуальных анализаторов от человеческого фактора, оснащенности АСУТП и от уровня организации на предприятии процесса внедрения и сопровождения виртуальных анализаторов.

Значимость и возможности поточных анализаторов на большинстве отечественных предприятий недооценены, несмотря на наличие явных, неоспоримых преимуществ. Как правило, поточные анализаторы применяются в тех точках контроля, которые определены как ключевые лицензиаром ТП. Дополнительно к этим применениям предприятия стараются внедрить поточные анализаторы по тем позициям, где отсутствие данных о качестве или низкая частота их определения вызывают сложности или значительные ограничения при ведении ТП. При этом стоит отметить общую тенденцию низкого доверия к результатам измерений поточных анализаторов качества. Такая ситуация, как правило, складывается из-за отсутствия автоматизированных средств мониторинга работы поточных анализаторов качества, невозможности автоматизированного проведения процедур валидации результатов измерения поточных анализаторов качества, а иногда такая ситуация усугубляется наличием на предприятии негативного опыта внедрения и эксплуатации поточных анализаторов качества. Порой эти ограничения являются блокирующим фактором для развития поточного анализа на предприятиях и исключают саму возможность использования результатов измерений поточных анализаторов качества для управления ТП, в том числе для работы APC-системы.

В целом следует отметить, что недостатки и ограничения в применении описанных видов анализа (лабораторный анализ (ЛА), поточные (ПА) и виртуальные анализаторы (ВА) качества), а также отсутствие или слабое взаимодействие между ними делают низкоэффективной работу операторов и АСУТП, часто вызывают недоверие к получаемым данным о качестве и являются источником экономических потерь, вызванных повышенной отдачей качества (излишними запасами по качеству).

Постановка задачи

С целью обеспечения конкурентоспособности и рентабельности производства предприятия вынуждены идти по пути постоянного повышения эффективности и снижения издержек, поэтому современное производство требует увеличения оперативности, точности и надежности данных о качестве сырья, промежуточных продуктов и конечной продукции, в результате чего обеспечивается возможность повышения оперативности и точности управления качеством, что в свою очередь приводит к снижению отдачи качества и повышению эффективности производства в целом. Требуемый результат может быть достигнут путем внедрения современной системы контроля качества нефтепродуктов, основанной на значительном увеличении доли поточных анализаторов в объеме проводимых измерений, внедрении виртуальных анализаторов как в качестве самостоятельного источника данных, так и в качестве инструмента для поддержки работы поточного анализа при выводе поточных анализаторов в сервисное обслуживание или ремонт (при определении наиболее ответственных показателей качества, значения которых используются для работы систем улучшенного управления ТП).

Применение параллельной схемы работы ВА и ПА целесообразно, например, для контроля качества разделения фракций на установках первичной переработки нефти, с целью повышения выхода более ценных компонентов (увеличения выхода светлых), а также стабилизации качества по выходам, являющихся сырьем для процессов вторичной переработки. В такой схеме предполагается, что для управления ТП (с применением АРС) используются более точные измерения показателей качества, получаемые от ПА качества, а в случае его неработоспособности могут использоваться данные ВА. При этом ВА работает параллельно, а его показания проходят валидацию по результатам измерений самого ПА. С учетом того, что для работы АРС-систем должна быть обеспечена непрерывность контроля качества, а некоторые ПА могут иметь цикл измерения до 30...40 мин, к тому же все ПА требуют проведения периодических работ по обслуживанию, калибровке и поверке, а иногда могут выходить из строя, применение параллельной схемы контроля для управления ТП по наиболее важным показателям качества оправданно и экономически целесообразно. Следует отметить, что подоб-

ные решения являются не типовыми, а скорее имеют частный характер и могут применяться в наиболее важных точках контроля качества, где требуются точность, надежность и непрерывность измерений. Основной является схема использования показаний ПА для работы АРС и валидация его показаний по результатам лабораторного анализа.

Разрозненное функционирование всех видов анализа (ЛА, ПА, ВА) не позволит решить существующие проблемы контроля качества. Возросший информационный поток данных о качестве, к тому же полученный от различных источников (ЛА, ПА, ВА), вызовет еще большее недоверие к ним и увеличит информационную нагрузку на операторов АСУТП и других пользователей системы. Для построения полноценной структуры необходимо наладить взаимодействие различных систем получения и обработки информации, обеспечить возможность передачи, использования и хранения данных о качестве, обеспечить взаимодействие между различными видами анализа (в том числе валидацию), обеспечить взаимодействие между различными уровнями, начиная с полевого, включая уровень управления ТП, MES и ERP-систем. То есть речь идет о необходимости создания определенного программно-аппаратного решения, которое сможет стать связующим звеном в работе всех элементов, являющихся источниками данных о качестве, а также являющихся потребителями данных по качеству. Таким связующим звеном может стать система мониторинга и управления поточными анализаторами качества, мониторинга виртуальных анализаторов (СУПАКиВА).

Сформулируем основные задачи, которые должна решать такая система:

- повышение надежности и времени безотказной работы поточных анализаторов качества (ПАК);
- повышение точности данных, получаемых с ПАК и ВА;
- предоставление достоверных и актуальных данных о качестве операторам АСУТП и другим заинтересованным пользователям и системам;
- повышение доверия операторов и технологического персонала к данным, получаемым с ПАК и ВА за счет представления персоналу постоянных данных об эффективности работы и статусе работоспособности ПАК и ВА;
- повышение эффективности организации профилактических работ, оптимизация распределения ресурсов сервисных служб, в том числе:
 - о освобождение сервисного персонала от выполнения повторяющихся работ (переход от планового обслуживания ПАК и ВА к обслуживанию по фактическому состоянию, то есть на основании данных об эффективности работы ПАК и ВА, сервисный персонал может принять решение, когда наиболее оптимально проводить профилактическое обслуживание ПАК и ВА);
 - о сведение к минимуму или исключение отказов в работе ПАК и ВА либо снижение простоев в работе ПАК

и ВА (автоматизированная валидация, что позволяет своевременно принять решение о необходимости проведения оперативного обслуживания ПАК еще до момента выхода их из строя или превышения погрешности измерений выше допустимой, а также своевременно определить необходимость корректировки моделей или необходимости компенсации смещения показаний ВА);

- о устранение необоснованных вызовов сервисных бригад.

Учитывая описанные выше задачи, сформулируем общие функциональные требования к такой системе.

I) Валидация и обмен данными для обеспечения валидации

Одним из важнейших требований к СУПАКиВА является проведение валидации ПАК и ВА с использованием данных ЛА через LIMS (ЛИУС). Кроме того, в случае измерения показателей качества посредством ВА и ПАК одновременно, необходимо предусматривать возможность проведения валидации ВА с использованием результатов ПАК. Реализация этих функций позволит в значительной мере улучшить качество работы ВА и повысить точность ПАК, обеспечив при этом доверие к поточному и виртуальному анализу на предприятии в целом.

СУПАКиВА должна обеспечивать мониторинг и контроль существующих характеристик стабильности, сходимости и систематической погрешности ПАК, ВА с ЛА в соответствии с ASTM D 6299.

СУПАКиВА должна, в соответствии с ASTM D 6708, реализовывать статистическую методологию оценки прогнозируемого соответствия между результатами ПАК, ВА и ЛА, и принятия решения о применении простой линейной коррекции на систематическую погрешность, способной дополнительно повысить соответствие между ПАК, ВА и ЛА.

СУПАКиВА должна обеспечивать проведение валидации в соответствии с

ASTM D 3764 следующими методами:

- автоматическая калибровка (используется известный эталонный образец, заранее установленный и автоматически подключаемый к системе подготовки пробы ПАК или напрямую к ПАК);
- ручная калибровка (ручное переключение клапана от технологического потока на эталонный образец, установленный в системе подготовки пробы ПАК или напрямую на линии ввода пробы в ПАК);
- автоматическая калибровка сравнением результатов измерений от пробы из линии (автоматическое получение от LIMS значений ЛА с меткой времени для пробы из линии в соответствии с графиком отбора проб).

При организации процесса автоматической валидации СУПАКиВА должна обеспечивать обмен данными с различными смежными системами:

- передача данных между СУПАКиВА и LIMS должна производиться либо напрямую, либо через существующие на предприятии БД РВ посредством стандартных протоколов передачи данных;

- в СУПАКиВА должна быть обеспечена возможность получения данных о результатах измерений ПАК, как из АСУТП по протоколам, поддерживаемым существующими АСУТП, так и напрямую от поточных анализаторов качества по стандартным полевым протоколам.

II) Взаимодействие с результатами ПАК, ВА, ЛА заинтересованных пользователей и смежных систем

СУПАКиВА должна обеспечивать передачу в БД РВ данных о результатах измерения ПАК, вычислений ВА, прошедших валидацию, а также данных об эффективности работы ПАК и ВА.

СУПАКиВА должна обеспечивать передачу данных о текущих статусах достоверности и работоспособности ПАК, ВА в АСУТП с целью исключения использования недостоверных или неточных данных о качестве для управления ТП.

III) Организация хранения данных

Хранение данных в СУПАКиВА должно быть реализовано в реляционной системе управления базами данных (РСУБД), поддерживающей драйверы подключения БД для серверов Oracle и SQL).

База данных должна содержать:

- ключевые сведения о конфигурации ПАК и ВА;
- результаты измерений ПАК и результаты вычислений ВА;
- результаты лабораторного анализа, используемого для проведения валидации;
- сведения о состоянии ПАК, систем подготовки пробы ПАК, шельтеров и их систем обеспечения;
- информацию о результатах валидации и калибровки ПАК, о корректировке моделей и компенсации смещений ВА;
- информацию по проведенным процедурам технического обслуживания;
- информацию по отказам в работе ПАК и ВА.

IV) Требования по формированию и предоставлению отчетов, фиксации состояний ПАК и ВА

С целью формирования и предоставления отчетов СУПАКиВА должна обеспечивать:

- получение данных и ведение архива данных, поступающих от ПАК, ВА и ЛА;
- автоматизированное отслеживание состоятельности (правильности) данных по методологии стандартов: ASTM 3764; ASTM 6299; ASTM 6708.
- задание свойств анализаторов;
- ведение протокола действий по сервисному обслуживанию анализаторов;
- задание на формирование требуемой статистики работы ПАК и ВА: отчет о работе на заданном временном интервале; статистический отчет о работе анализатора (ежедневный, еженедельный и т.д.); сводный отчет о работе анализатора; сводный итоговый отчет по эталонным данным (ЛА); задаваемые пользователем формы отчетов;
- просмотр сервисных действий и полученной статистики.

Построение стандартных отчетов СУПАКиВА рекомендуется выполнять на основе генераторов от-

четов, например, Crystal Reports. Это позволит легко изменять макет отчета и его содержимое с учетом потребностей пользователей. Все данные должны получаться при помощи SQL запросов из БД СУПАКиВА (SQL сервер или Oracle).

СУПАКиВА должна предусматривать формирование и фиксацию состояний ПАК и ВА, которые могут конфигурироваться пользователем.

Программное обеспечение ANACON

Системы анализа и контроля качества ANACON предназначены для контроля ТП и позволяют производить измерение качества химических и физических свойств материалов (рис. 1). Задачей ПО является обеспечение операторов АСУТП, а также прочего персонала предприятия набором инструментов для мониторинга работоспособности поточных анализаторов завода. Система обеспечивает доступ к информации на различных уровнях управления и возможность перехода к плановому профилактическому обслуживанию аналитических систем анализа для эффективного управления техническим обслуживанием.

Внедрение и использование СУПАКиВА ANACON должно не только облегчить работу операторов АСУТП, но также повысить ее эффективность в области:

- обеспечения операторов набором инструментов для мониторинга и отчетности работоспособности поточных анализаторов завода;
- совершенствования сбора, хранения и представления информации о качестве ТП;
- повышения уровня сложности и автоматизации (от полностью ручной до полностью автоматизированных функций) аналитических систем;
- улучшения отчетности данных о качестве продукции перед контролирующими органами;
- повышения достоверности и надежности поточного анализа;
- доступности результатов измерений на различных уровнях управления.

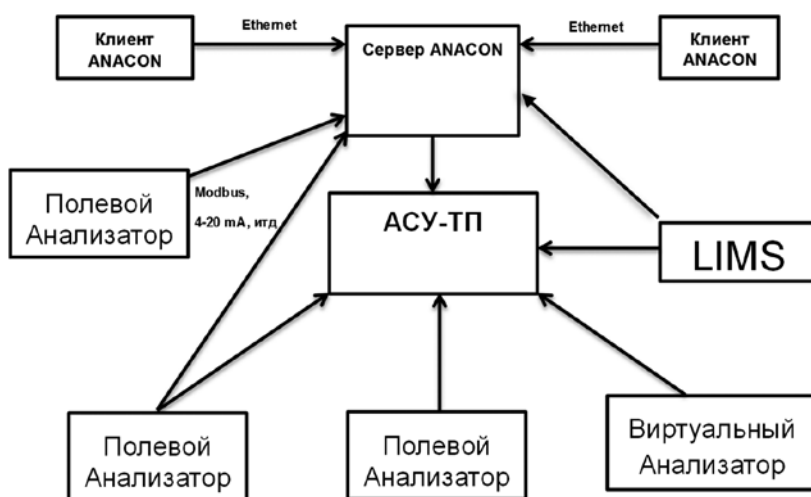


Рис. 1. Схематическое изображение связи ПО ANACON

Использование ПО ANACON позволяет оптимизировать работу предприятия за счет:

- улучшения планового профилактического обслуживания анализаторов для эффективного управления техническим обслуживанием;
- снижения затрат на техническое обслуживание;
- повышения объективности в оценке точности измерений и соответствия требованиям технического регламента;
- выполнения поверки и валидации анализаторов при полном взаимодействии с заводской лабораторией и технологическими установками.

Основные функции ПО ANACON

• Сбор данных с систем анализа качества осуществляется напрямую с АСУТП или путем подключения к системам анализа и контроля. Существует возможность автоматического считывания ВА или их обозначения с последующим ручным введением данных. Функция позволяет производить анализ качества показаний систем анализа и контроля путем сравнения с показаниями систем ВА или результатами ЛА.

• Хранение архивных данных анализатора. База данных содержит информацию о результатах измерений систем поточного или лабораторного анализа. База данных также может содержать исторические данные функциональности анализаторов. Она является основным хранилищем данных анализатора.

• Мониторинг аварийных сигналов систем анализа и контроля, системы забора и анализаторных домиков позволяет вести учет аварийных сигналов не только аналитических систем, но и систем отбора и анализаторных домиков. Учет неисправности помогает производить более эффективный контроль работы систем и упрощает работу бригад систематического технического обслуживания.

• Возможность управления технологическими потоками. Вспомогательный подблок связи и управления Generic наделен функциями управления и сбора информации. Пакет Generic может быть использован

для управления системами отбора и анализа, определения последовательности в измерении различных потоков.

• ПО FreeTune предназначено для автоматической корректировки коррелятивных анализаторов, таких как NIR, NMR и др. FreeTune обрабатывает лабораторные данные, поступающие в ПО ANACON из LIMS и использует их для автоматической корректировки математических моделей. Данная программа уменьшает до минимума надобность в корректировке математических моделей, требуемых для поддержания качества работы коррелятивных анализаторов.

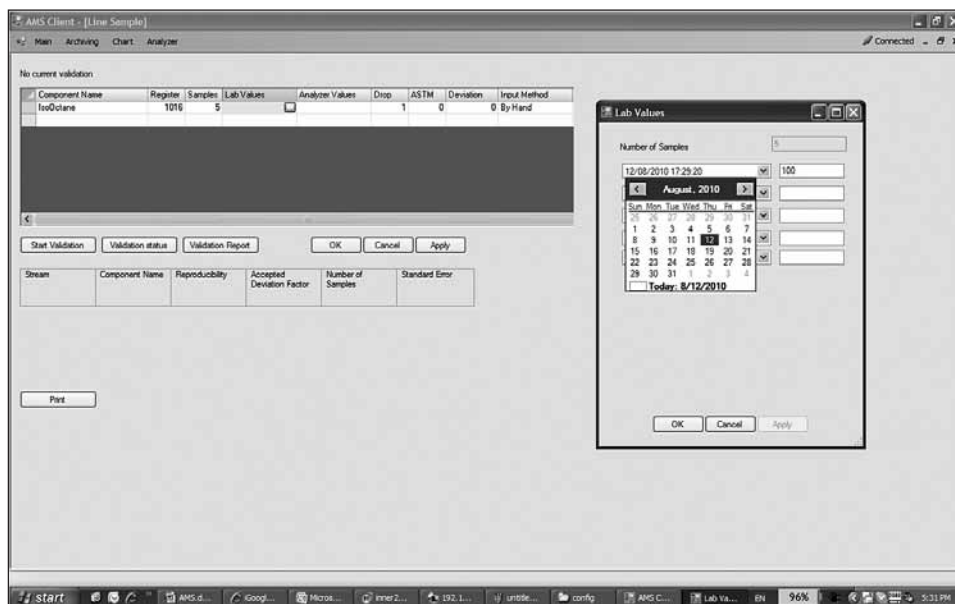


Рис. 2. Скриншот модуля валидации ПО ANACON; метод ручного контроля измерений

- Экспорт данных и создание различных форм отчетов. Экспорт данных в виде отчета позволяет не только повысить надежность и доверие к представленным результатам, но и улучшить процесс ведения отчетности данных о качестве продукции перед контролирующими органами.

- Учет работоспособности и обслуживания аналитических систем. Полученные результаты могут быть доступны оператору или любому другому пользователю. В зависимости от результатов, пользователь может сделать заключение об эффективности и работоспособности аналитической системы анализа или ТП.

Валидация или поверка поточных систем анализа качества

Программный модуль системы валидации или поверки систем поточного анализа качества выполняет одну из важных функций ПО ANACON. Модуль обеспечивает процесс, при котором выходные данные аналитической системы сравниваются с эталонным образцом, прямыми измерениями другой аналитической системы или архивными лабораторными данными. В зависимости от результатов сравнения и установленного критерия принятия или отклонения, определяется приемлемость работы технологической ветки или поточной системы анализа качества.

Валидация производится согласно стандарту ASTM D-3764 и различает несколько функций.

- Метод эталонного образца (процедура поверки аналитической системы) — подразумевает ввод в систему анализа качества эталонного образца или образца ранее проверенного в лаборатории. По итогам сравнения выдаются результаты поверки. Критерии

проведения поверки определяются заранее и могут конфигурироваться пользователем.

- Метод контроля производственной линии проверяет работу аналитической системы, используя исторические данные. Данная процедура имеет цель валидации аналитической системы и может производиться с определением источника данных для сравнения. Обычно источником таких сравнений являются лабораторные данные из LIMS. При определении временного диапазона для проведения валидации архивные данные из LIMS сравниваются с данными из аналитической системы.

По итогам сравнения, которое производится на базе стандартного метода, выдается отчет с заключениями.

- Метод ручного контроля измерений идентичен методу «контроля производственной линии» с единственным отличием: эталонные данные для сравнения вносятся вручную. Данная практика используется для данных, которые не находятся в БД поступающих из LIMS и других источников измерений и позволяют производить разовые сравнения без привлечения БД (рис. 2).

Заключение

В связи с большим объемом возложенных на операторов АСУТП задач и их высокой ответственностью требуется разработка программного инструментария, позволяющего не только осуществлять сбор и анализ параметров АСУТП, но и обеспечивать информационную поддержку для принятия важных решений в условиях большого давления и стресса. Одной из таких систем является программный пакет ANACON, который был разработан с учетом рекомендаций и пожеланий операторов АСУТП.

Список литературы

1. Pishchik B.N., Khundoyev A.A., Shevchenko D.O. Signal transmission in SCADA system // Proc. of the IASTED international conference // Automation, Control and Information Technology. 2002. pp. 65-68.
2. Вельтмандер П.В., Пищик Б.Н., Иванов А.Е. Распределенная обработка информации в АСУТП энергетических систем энергоблока // VI Междунар. семинара «Распределенная обработка информации». 1998. pp. 495-499.
3. Shahnovsky G., Cohen T., McMurray R. // Integrated monitoring for optimizing crude distillation. PTQ Q1. 2012. pp. 43-48.

Ариэль Кигель — д-р хим. наук, руководитель отдела НИОКР компании «Модкон Системс»,

Петрановский Александр Борисович — зам. ген. директора — главный инженер ООО «НПО «ЭКОХИМПРИБОР».

Контактный телефон (495) 662-32-21, доп.124.

E-mail: arielk@modcon-systems.com a.petranovskiy@ecohimpribor.ru