

## ОСОБЕННОСТИ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ АНАЛИЗАТОРОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

О.В. Клим (Университет ИТМО), А.С. Москвин, С.Д. Севбо (ООО «СокТрейд»)

SocTrade  
Process Engineering

Отмечено, что в настоящее время во многих крупных вертикально интегрированных нефтяных компаниях внедряются АСУТП с использованием поточных анализаторов качества. Рассмотрены особенности некоторых ТП переработки нефти и предложены варианты выбора анализаторов для них. Приведено краткое описание поточной системы измерения вязкости для улучшения контроля качества базовых масел, реализованной на нефтеперерабатывающем предприятии в Южной Корее.

Ключевые слова: нефтеперерабатывающие предприятия, поточные анализаторы, измерение вязкости, промышленные анализаторные комплексы.

Значительное увеличение мирового производства и потребления различных видов углеводородного топлива в конце XX — начале XXI века, повышение требований к качеству моторных топлив и ужесточение требований по экологической нагрузке предприятий ТЭК и нефтехимического комплекса стали предпосылками развития новых поколений аналитических приборов и автоматизированных анализаторных систем, призванных обеспечивать выпуск, транспортировку и потребление высококачественных нефтепродуктов при обеспечении энергосбережения, технологической, взрывопожаро- и экологической безопасности.

В настоящее время, принятые правительством РФ технические регламенты по производству моторных топлив стимулируют нефтяные компании выпускать высокооктановые низкосернистые моторные топлива, для чего практически во всех крупных вертикально интегрированных нефтяных компаниях проводятся реконструкции производства и внедряются АСУТП с использованием поточных анализаторов качества.

Однако оценка эффективности использования возможностей аналитической техники в проектах последнего 10-летия показывает, что у предприятий ТЭК и проектных организаций зачастую отсутствует четкое представление о том, как выбрать наиболее подходящее оборудование и достичь максимальной эффективности его использования в случае конкретных технологических применений. Такая ситуация связана как со сложностью аналитических систем и отсутствием опыта практического применения определенных типов промышленных поточных анализаторов, так и с пробелами в нормативно-технической базе, поскольку в настоящее время в РФ не существует специализированной нормативной документации по применению поточных приборов и анализаторов (например аналогичной API 551 и API 555) [1–6].

Сформулируем вопросы, на которые следует получить ответы в процессе обсуждения целесообразности использования поточных анализаторов для конкретного ТП:

— оценка целесообразности и эффективности применения поточного способа измерения определенного физико-химического параметра для нужд технологического контроля;

— соответствие времени измерения (или цикла анализа) требованиям по оперативности для нужд технологического контроля;

— соответствие проводимых видов анализа арбитражному методу измерения, согласно Технического регламента или ТУ на нефтепродукты;

— надежность и удобство эксплуатации анализаторов на потоке (на основании имеющегося опыта поставок и внедрений);

— возможность организации многопоточных измерений;

— оценка эффективности проекта, исходя из стоимости оборудования.

Исходя из вышеперечисленных положений, наиболее оптимальным является подход, основанный на применении как специализированных поточных анализаторов, выполняющих анализ в соответствии с требованиями арбитражных лабораторных методов, так и экспресс-анализаторов, например ИК- [3, 4] или Рамановских спектрофотометров. Данный подход позволяет решить две основные задачи поточного анализа:

— обеспечить оперативность получения информации для нужд технологического контроля;

— обеспечить высокую достоверность полученной метрологической информации и тем самым обеспечить выпуск продукции высокого качества при минимальных технологических издержках.

Остановимся на особенностях некоторых ТП переработки нефти и выбора анализаторов для них.

Для установок первичных процессов переработки нефти (установки ЭЛОУ, подготовки и учета нефти, АВТ, АТ, установки комплексной переработки нефти) наиболее важными являются следующие параметры:

— содержание солей и влаги в нефти;

— компонентный, групповой и фракционный состав нефти и прямогонных нефтепродуктов (особенно точки начала и конца кипения фракций);

— содержание общей серы;

— плотность (нефть, легкие фракции) и вязкость (нефть, тяжелые фракции).

Эти параметры целесообразно и наиболее эффективно определять специализированными поточными анализаторами. Однако для экспрессного определения дополнительных физико-химических параметров

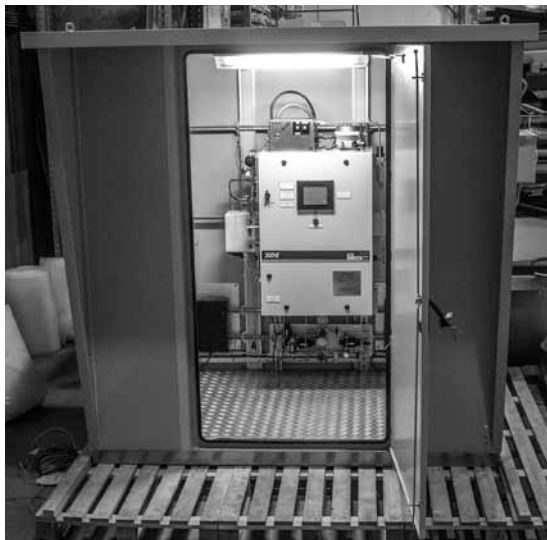


Рис. 1. Интегрированный анализаторный комплекс поточного технологического анализа серы в дизельном топливе

и организации многопоточных измерений в качестве дополнительного инструмента может быть применен FTIR-спектрофотометр среднего ИК-диапазона, который позволяет работать с темными (тяжелыми) нефтепродуктами и нефтью.

Для установок вторичных процессов переработки нефтепродуктов наиболее важными являются следующие параметры:

- компонентный состав (ГФУ, установки изомеризации и алкилирования);
- компонентный, групповой и фракционный состав, детонационные показатели, ДНП (риформинг, каткрекинг, установки деэтанзации и стабилизации конденсата);
- содержание общей серы (гидроочистка).

Как и для первичных процессов, эти параметры целесообразно и наиболее эффективно определять специализированными поточными анализаторами. Для отдельных компонентов экспресс-определения дополнительных физико-химических параметров и организации многопоточных измерений в качестве дополнительного инструмента может быть применен ИК-спектрофотометр ближнего ИК диапазона.

Для установок приготовления товарных продуктов наиболее важными являются следующие параметры:

- групповой и фракционный состав, детонационные показатели, ДНП, содержание общей серы (станции смещения бензина);
- фракционный состав, детонационные показатели, низкотемпературные показатели, температура вспышки, содержание общей серы (установки смешения дизтоплива);
- вязкость (смешение мазутов, приготовление гудрона и битума).

Параметры потоков готовой продукции также целесообразно и наиболее эффективно определять специализированными поточными анализаторами. Однако алгоритмы управления станциями смешения требуют

определения детонационных характеристик выходных и/или входных потоков в режиме реального времени и/или организации многопоточных измерений. Это может быть реализовано только с применением ИК-спектрофотометров ближнего или среднего ИК диапазона, которые также позволяют определять дополнительные физико-химические параметры, в том числе и по стандартным методам (например [3]) содержание бензола в бензине согласно ГОСТ 31871-2012, ASTM D 6277.

Реализация поточного анализа физико-химических параметров нефтепродуктов в реальных условиях эксплуатации технологических установок требует, как правило, создания промышленных анализаторных комплексов (ПАК) — совокупности оборудования, позволяющей выполнять определенные физико-химические измерения, необходимые для нужд оперативного управления технологическим процессом, непосредственно на производственной технологической установке в реальном режиме времени. Специфика создания ПАК заключается в том, что входящее в состав ПАК оборудование интегрируется как в технологическое оборудование (трубопровод, резервуар, дымоход), так и в АСУТП и/или систему противоаварийной защиты (ПАЗ). Поэтому проектирование ПАК требует от специалистов профессионального понимания как технологических и метрологических аспектов, так и вопросов автоматизации, передачи и обработки данных.

Основные функции ПАК:

- непрерывная подача пробы к анализаторам и ее возврат в технологический трубопровод;
- кондиционирование пробы, обеспечение возможности пробоотбора для целей верификации показаний поточных анализаторов и арбитражных сличений (ASTM D 3764);
- удобство монтажа, калибровки, настройки, диагностики и обслуживания анализаторов и систем подготовки пробы;
- работоспособность оборудования в конкретных климатических условиях установки;
- безопасность и комфортность работы обслуживающего персонала в производственных условиях.

Состав оборудования анализаторных комплексов определяется на стадии проектирования на основе технических требований или опросных листов с учетом конкретных параметров технологического процесса, архитектуры технологической установки и климатических условий. Как правило, размещение анализаторов в отдельных анализаторных помещениях оказывается неприемлемо дорогостоящим, поэтому наибольшее распространение получили ПАК с размещением приборов в отдельных приборных шкафах (рис. 1) или шельтерах (блок-боксах), которые могут быть компактно установлены на технологических установках в непосредственной близости от технологических трубопроводов (точек отбора продукта для анализа). При этом с точки зрения ценовой эффективности, энергоэффективности, а также надежности

в эксплуатации в агрессивной атмосфере наибольшее распространение получили шкафы (шелтеры) из полиэфирной смолы армированной стекловолокном (GRP), например, производства компании Интертек.

Ключевым моментом для разработки и последующего успешного применения ПАК является выбор анализаторов и компонентов системы подготовки пробы. При этом производители анализаторов не всегда могут обеспечить оборудование пробоподготовки, гарантирующее эффективную непрерывную работу приборов и, как правило, предпочитают, чтобы поставку приборов в составе ПАК осуществляли специализированные инжиниринговые компании. На основе опыта работы таких компаний, в частности, ООО «СокТрейд» (Санкт-Петербург), имеющей более чем 20-летний опыт поставок промышленных анализаторов и анализаторных комплексов, можно уверенно сказать, что такой подход является наиболее эффективным, поскольку инжиниринговая компания максимально заинтересована в том, чтобы поставленное оборудование успешно эксплуатировалось в течение всего срока службы. Также существенным фактором является то, что специализированные компании предоставляют не только техническую, конструкторскую и разрешительную документацию в соответствии с требованиями законодательства и Технических регламентов стран участниц Таможенного Союза, но и осуществляют шеф-монтажные, пусконаладочные и сервисные работы, а при необходимости осуществляют модернизацию поставленного оборудования.

**Пример. Использование новой поточной системы измерения вязкости для улучшения контроля качества базовых масел**

Рассмотрим пример успешного использования новой поточной системы измерения вязкости на одном нефтеперерабатывающем предприятии в Южной Корее. Транспортные средства последних моделей и новейшие разработки автомобильных двигателей требуют

Таблица. Показатели кинематической вязкости при 100°C для различных сортов базового смазочного масла в ходе 12-часовых испытаний

Сорта смазочного базового масла	Средний показатель анализатора вязкости	Воспроизводимость, по ASTM D445	Результаты воспроизводимости показаний анализатора вязкости
Сорт 150N, без воска, cСт	6,612	< 0,0073	0,004
Сорт 150D, c воском, cСт	7,03	< 0,008	0,004
Сорт 100D, c воском, cСт	4,19	< 0,005	0,003
Сорт 100N, без воска, cСт	4,226	< 0,005	0,003

ют повышения качества смазочных масел, в частности, группы II и III. При этом ужесточаются требования по защите окружающей среды. Так в США в соответствии с требованиями государственных органов общее среднее потребление топлива бензиновыми двигателями должно снизиться более чем на 50% для моделей транспортных средств, выпущенных, начиная с 2016 модельного года. В Евросоюзе выхлоп диоксида углерода для транспортных средств последних моделей должен снизиться более чем на 25%.

Нефтеперерабатывающие компании предпринимают шаги в целях повышения производительности — активно запускаются в производство новые заводы по производству базовых масел группы II/III. Один из методов оптимизации производства базового масла — использование точных и надежных методов точного анализа. Усовершенствованный контроль технологического процесса сокращает потери и увеличивает объемы выхода высококачественной продукции.

*Обзор технологического процесса по производству базового смазочного масла.* Завод по производству базового смазочного масла производит ассортимент смазочных масел группы III с подачей сырья с установки гидрокрекинга (HCU). Исходный материал представляет собой потоки из вакуумно-дистилляционной установки (VDU), установки каталитической депарафинизации (CDWU) и определенных инженерных объектов и внешнезаводских объектов. Непереработанное масло (UCO) из гидрокрекинговой установки направляется в вакуумную колонну, затем разделяется на дистилляты и направляется в промежуточные резервуары. Дистиллят из промежуточного резервуара направляется на установку каталитической депарафинизации CDWU и преобразуется в базовое смазочное масло, которое направляется в резервуар для готового продукта.

Для рассматриваемого завода требовалось найти анализатор кинематической, а не абсолютной вязкости. Среди технических характеристик требуемого анализатора были заявлены повышенная точность и воспроизводимость

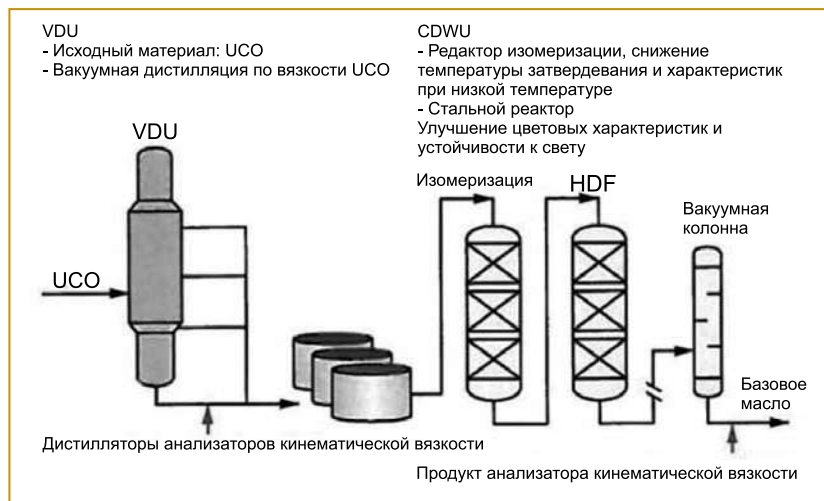


Рис. 2. Точки расположения анализаторов вязкости на предприятии «СК Лубрикантс» в составе производственного комплекса в г. Ульсане

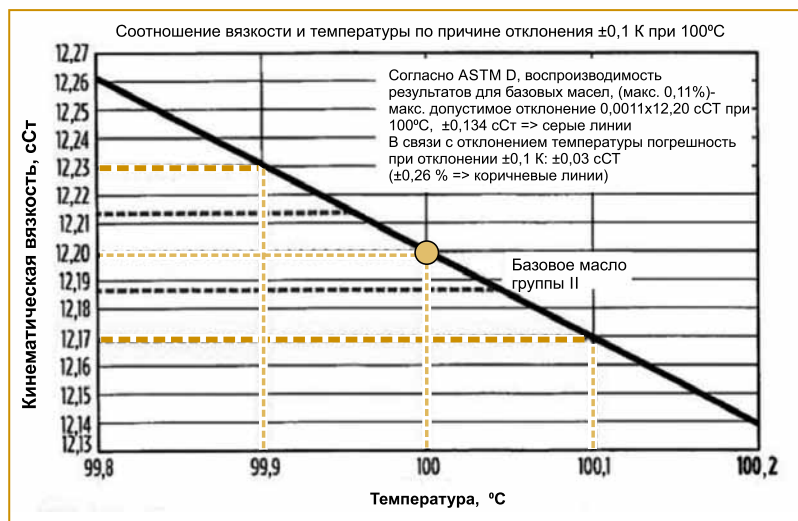


Рис. 3. Колебания соотношения кинематической вязкости/ температуры по причине отклонения  $\pm 0,1$  К при  $100^\circ\text{C}$

результатов для увеличения производительности дорогостоящих компонентов. В результате был выбран поточный анализатор вязкости, способный измерять и кинематическую, и абсолютную вязкость (рис. 2).

Уникальная характеристика этого анализатора вязкости — поддержание температуры капиллярной трубки с отклонением  $\pm 0,02$  К. Контроль температуры — наиважнейший параметр для получения точных результатов измерений кинематической вязкости. Это особенно верно для нефтепродуктов, поскольку их вязкость на единицу измерения температуры по сравнению с другими веществами намного выше. Таким образом, даже небольшие колебания температуры могут оказывать значительный эффект на вязкость жидкости. Применяемый анализатор вязкости точно контролирует температуру и продемонстрировал показания, которые доказывают, что он соответствует и превосходит требования ASTM D445. Из таблицы и рис. 2 видно, что колебание температуры в  $0,1$  К вызывает изменение результата кинематической вязкости на  $0,56$  сСт, что соответствует отклонению на  $0,52\%$  для результата измерения  $108$  сСт

при  $40^\circ\text{C}$ . Поскольку по стандарту ASTM D445 максимально допустимое отклонение составляет  $0,11\%$ , отклонение температуры  $\pm 0,1$  на любом датчике или измерительном приборе недопустимы.

При установке нового встроенного в линию анализатора вязкости затраты окупались за два месяца.

#### Заключение

Таким образом, все крупные вертикально-интегрированные нефтегазовые компании в течение последних пяти лет постоянно наращивали объемы проектов по капитальному строительству и модернизации технологических установок, частью которых являются программы по комплексному оснащению производства промышленными анализаторами. Также активный интерес к применению ПАК проявляют операторы

трубопроводов, которые предъявляют специфические требования по режимам работы приборов, требующие создания адаптивных измерительных систем. Поэтому с уверенностью можно утверждать, что конкуренция в области промышленной аналитики будет приводить к созданию все более совершенных и интеллектуальных анализаторных систем и комплексов.

#### Список литературы

1. Аносов А.А., Ефитов Г.Л., Зусман С.Д. Опыт использования ИК-спектрометрии для измерения свойств бензинов на НПЗ // Автоматизация в промышленности. 2012. №7. С.41.
2. Копыльцова А.Б., Тарасов Б.П., Клим О.В. Современная практика и проблемы применения промышленных и лабораторных спектрофотометрических анализаторов физико-химических свойств нефти и нефтепродуктов // Измерительная техника. 2013. № 3. С.51.
3. Дермотт Л. Мак, Малик А. Применение FTIR анализатора для улучшения контроля за бензолом // Автоматизация в промышленности. 2013. №6. С.1.
4. Автоматизация процессов нефтепереработки. Под. общ. ред. Харазова В.Г. СПб. Профессия. 2012. 304с.

**Клим Олег Васильевич** — канд. техн. наук, доцент кафедры ИТТЭК Университета ИТМО,  
**Москвин Андрей Сергеевич** — канд. техн. наук, главный инженер,  
**Севбо Сергей Дмитриевич** — генеральный директор ООО "Сок Трейд".  
Контактный телефон (812) 600-07-30.

#### Протокол MQTT для сбора данных в IIoT

Компания HMS Industrial Networks объявляет о том, что ее шлюз для промышленного Internet вещей (IIoT) eWON Flexu поддерживает MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) — протокол для передачи последовательности сообщений с телеметрическими данными, минимизирующий сетевой трафик и требования к ресурсам устройств.

Созданный в 1999 г. для эффективной передачи данных о состоянии нефтепроводов и газопроводов, MQTT в последнее время набирает популярность из-за лавинообразного роста применения IIoT и необходимости облегчить коммуникацию между маломощными интеллектуальными устройствами.

Протокол MQTT построен по принципу «издатель-подписчик» и специально предназначен для маломощных встраиваемых устройств в

средах с ограниченными системными ресурсами. Одно из преимуществ использования протокола MQTT с eWON Flexu заключается в возможности возобновления операций с любой точки прерывания без потери данных. Кроме того, в случае прерывания сетевого соединения данные можно сохранить в буфере, пока соединение не восстановится, и клиентские устройства смогут их прочесть. Это не только предотвращает потерю данных, но и позволяет управлять потоком информации к сетевым узлам.

Разработанный для облегчения передачи больших объемов данных многочисленным серверам и клиентским устройствам с ограниченной низкой пропускной способностью, большой задержкой или ненадежных сетях MQTT идеально подходит для динамических коммуникационных сред.

<https://www.hms-networks.com>