Контроль содержания нефтепродуктов в системах оборотного водоснабжения

А.А. Кигель, Д.А. Чернокозинский (Компания «Модкон Системс»)

Рассмотрены особенности контроля наличия углеводородных примесей в оборотной воде. Отмечено, что существует множество методов, доступных для анализа качества оборотной воды, однако не всегда выбранный метод подходит для требуемого применения. Описаны наиболее используемые методы измерения: ультрафиолетовый, ближнего инфракрасного поглощения, флуоресцентный, пламенно-ионизационный.

Ключевые слова: оборотная вода, пластовая вода, флуоресценция, ультрафиолетовое поглощение, ближнее инфракрасное поглощение, пламенно-ионизационный метод.

Введение

Зачастую под оборотной водой подразумевают технологическую воду, которая применяется в обрабатывающей промышленности. Требования, предъявляемые к оборотной воде, напрямую зависят от специфики сектора промышленности, в которой она применяется. Для каждой отрасли промышленности, где применяется оборотная вода, должна быть предусмотрена специальная система водоснабжения с учетом потребности и специфики данного производства. Большая часть воды используется на промышленных предприятиях для охлаждения продукции в теплообменных аппаратах и для защиты оборудования от чрезмерного нагрева. Обычно вода такого использования мало загрязнена. Также вода применяется для очистки продукции или сырья от различных примесей или например, при нефтедобычи. Такое применение определено как пластовая вода которая характеризуется более высокой мерой загрязнения из-за контакта с различными загрязняющими веществами.

Измерение качества оборотной воды является важной процедурой, которая используется не только для контроля ТП, но также и для отчетности в контролирующих органах. Существует множество методов, используемых для измерения концентрации примесей углеводородного состава, например: ультрафиолетовое (UV) или ближнее инфракрасное (NIR) поглощения, ядерный магнитный резонанс [1] (NMR), гравиметрический анализ, газовая хроматография (GC), пламенно-ионизационный (FID) и флуоресцентный методы. Выбор метода, подходящего для измерения, является важным фактором при решении поставленной задачи и зависит не только от концентрации углеводородного состава в измеряемом потоке оборотной воды, но также от его физического и химического состояния.

Разгрузка или слив отработанной оборотной воды так же, как повторный пуск в оборот, обычно регулируется. Анализ оборотной воды дает возможность не только определить качество сливаемой в дренаж воды, но и зафиксировать момент, при котором происходит утечка углеводородного состава из самого ТП в оборотную воду в результате сбоя системы или поломки.

Условия для анализа

В ходе анализа углеводородного состава в оборотной воде необходимо учитывать такие составляющие, как концентрация или диапазон измерения, состояние углеводородного состава (растворенное или в виде эмульсии, наличие взвешенных частиц, их количество), физическое состояние углеводородного состава (жидкое или газообразное).

При выборе системы анализа, как и метода измерения, следует не только определить способ отбора измеряемой пробы, но также и подходящий метод калибровки и поверки системы анализа. Отбор измеряемой для анализа пробы не должен влиять на свойства или компонентный состав образца. Наиболее подходящим решением для данной задачи является измерение потока в режиме реального времени при помощи проточной ячейки, что дает возможность не только произвести быстрое измерение, но и вернуть измеряемую пробу обратно в процесс. Для удобного обслуживания, калибровки или поверки систему следует устанавливать на байпасную линию с возможностью последующего отсоединения ее от измеряемого процесса.

Состав нефтепродуктов в оборотной воде обычно определяется углеводородным составом, то есть молекулами состоящими из двух атомов (углерода и водорода) в различных вариантах соединений, и гетероатомных соединений, которые помимо углеводородной составляющей включают атомы серы, кислорода или азота [2]. Растворимость углеводородного состава находится в обратной зависимости к длине молекулы. Чем длиннее молекула, тем слабее она растворяется в воде [3]. Следует также учитывать, что такие молекулы как пропан или бутан при нормальных условиях существуют в газообразной фазе.

Применение ультрафиолетового (UV) метода измерения

Физическая основа ультрафиолетового метода измерения состоит в исследовании процессов взаимодействия электромагнитного излучения с веществом. Среди этих процессов можно выделить возбуждение молекул и атомов (ионов) светом в видимой ультрафиолетовой области. Вследствие такого перехода наблюдается поглощение, а затем и последующее выделение энергии [4]. Метод ультрафиолетового поглощения широко используется при исследовании органических соединений, для анализа и контроля качества нефтепродуктов. Результатом успешного использования этой технологии в области анализа нефтепродуктов стало использование ее при проверке качества оборотной воды.

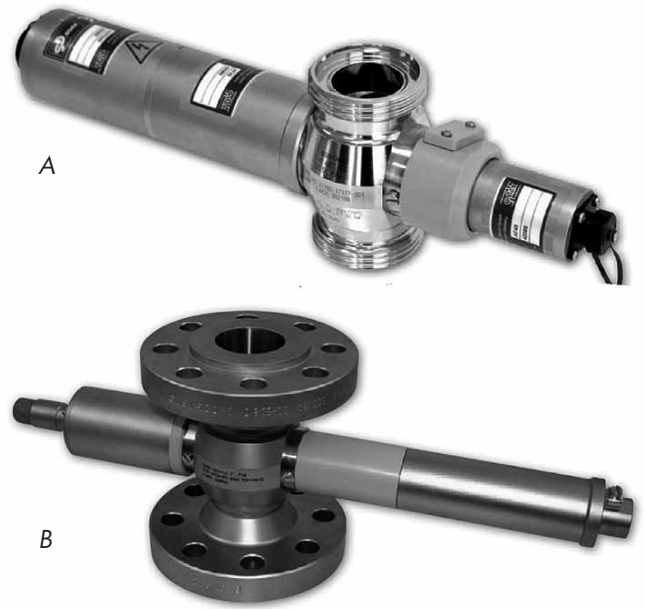


Рис. 1. MOD-A45-VB – ультрафиолетовый одноканальный датчик (A); MOD-T16-EX-HT-N двухканальный датчик рассеянного света для измерения мутности (B)

Анализатор MOD-C-4000 с ультрафиолетовыми датчиками MOD-A45 и MOD-A46 (рис. 1 A) широко применяется для такого рода анализа в нефтеперерабатывающих, биотехнологических и химических отраслях. Они устанавливаются в технологических трубопроводах и обеспечивают измерение концентрации с высокой степенью точности и воспроизводимости.

Модульная конструкция обеспечивает максимальную гибкость при адаптации датчиков к потребностям различных процессов. В число опций входит взрывоопасное исполнение, фланцы различной оптической длины, различные химически устойчивые материалы, а также применение при высокой температуре и давлении.

Специальная ртутная лампа генерирует постоянный пучок света, который проходит через технологическую среду. Ослабление интенсивности света, вызванное поглощением и/или рассеянием растворенными/нерастворенными веществами, детектируется герметичными кремниевыми фотодиодами. Интенсивность света самой лампы измеряется герметично закрытыми кремниевыми фотодиодами с использованием того же фильтра, который используется для измерения длины волны. Кремниевые фотодиоды также компенсируют любое отклонение интенсивности света лампы. Это обеспечивает высочайший уровень точности и длительный срок работы. Особая конструкция лампы и возможности конвертеров модели MOD, работающих с самыми низкими фототоками, обеспечивают длительный срок службы при самых минимальных затратах.

Для анализа растворенных углеводородов в чистой оборотной воде (при отсутствии взвешенных частиц) используются УФ датчики моделей MOD-A45 и MOD-A46. Различие между датчиками заключается в том, что MOD-A46 позволяет производить фоновую компенсацию дополнительным измерительным каналом (рис. 2 A).

Оптические окна сделаны из единого кристалла сапфира, что придает устойчивость ко всем абразивным и агрессивным средам. Благодаря правильному выбору корпуса датчика и оптических линз с различным фокусом можно получить оптимальную величину OPL (оптическая длина пути). Это позволяет удовлетворить требования к измерениям, то есть получить оптимальный диапазон измерений.

Применение ближнего инфракрасного (NIR) метода измерения

Метод колебательной спектроскопии (инфракрасная спектроскопия — ИКС), основан на поглощении электромагнитного излучения веществ в ИК диапазоне. Для ИК спектроскопии существуют два метода изменения: трансмиссия и отражение [4].

В процессах, где технологический поток может содержать нерастворенные масла (углеводороды) или твердые частицы, для обнаружения полного содержания частиц используется датчик рассеянного света MOD T16-N или MOD A16-N (рис. 1B и рис. 2B и 2C). Цвет или изменения цвета в потоке не влияют на измерения, так как измерение осуществляется в ближней ИК-области.

Свет, рассеиваемый частицами (взвешенные твердые частицы, эмульсия или пузырьки воздуха), измеряется восемью герметично закрытыми кремниевыми фотодиодами под углом 11°. Одновременно нерассеянный свет детектируется эталонным фотодиодом, аналогичным датчику MOD-A16-N. Датчик можно настроить на измерение в единицах ppm (DE), EBC или FTU.

Как правило, датчик MOD-T16-N используется в измерениях низкой и средней концентрации углеводородов при низкой мутности (до 750 ppm), тогда как

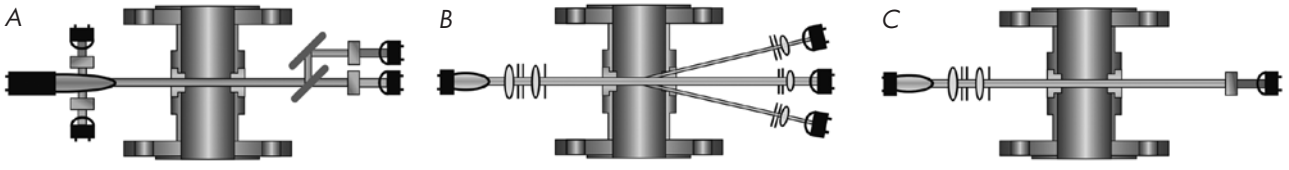


Рис. 2. MOD-A46 двухканальный УФ датчик (A); MOD-T16-N двухканальный датчик рассеянного света под углом 11° для измерения мутности с использованием дополнительного БИК сенсора (B); MOD-A16-N-одноканальное датчик измерение мутности с использованием БИК сенсора (C)

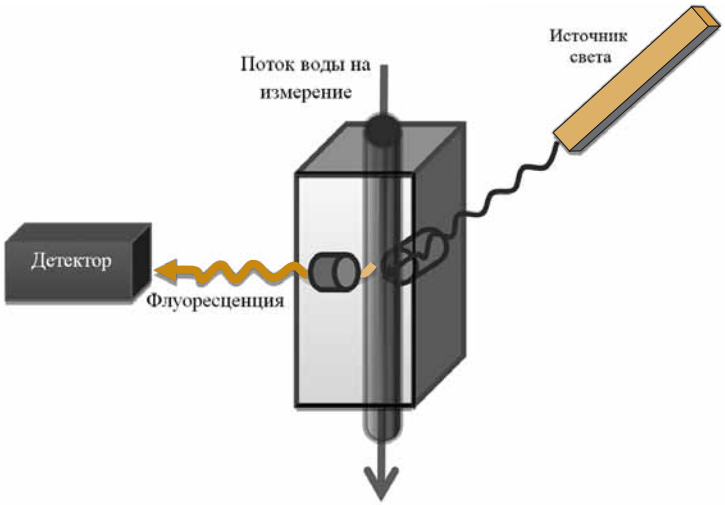


Рис. 3. Бесконтактная ячейка анализатора MOD-1100-FL с флуоресцентным детектором

датчик MOD-A16-N используется для средней и высокой концентрации углеводородов при высокой мутности (750 ppm и выше). Все датчики и контроллеры серии MOD-C-4000 адаптированы для работы во взрывоопасных условиях и при высокой температуре.

Применение флуоресцентного метода измерения

Анализатор MOD-1100-FL с флуоресцентным датчиком обычно применяется в процессах, где требуется измерить углеводородный состав пластовой, сильно загрязненной сточной или оборотной воды. Например, такой метод измерения является типичным для мониторинга пластовых вод на выходе сепараторов воды и нефти. В этих или похожих применениях следы нефти допустимы, но в соответствии с требованиями к контролю над насосами и сигнализациям выбросов должен быть проведен мониторинг скопления нефти на поверхности воды. Применение флуоресцентной технологии исключает помехи других параметров воды, таких как турбулентность, мутность или суспензии твердых частиц которые мешают для проведения качественного анализа другими методами.

Принцип измерения MOD-1100-FL отличается от аналогов, доступных на рынке, тем, что не использует стеклянные трубки, через которые протекает поток. Система анализа углеводородов в потоке воды спроектирована с расчетом измерения потока в свободном падении через измерительную ячейку (рис. 3). Вода не контактирует с линзами, система внутренней обдувки создает воздушную подушку над оптическими линзами и препятствует выпадению конденсата и оседанию частиц грязи на оптические линзы.

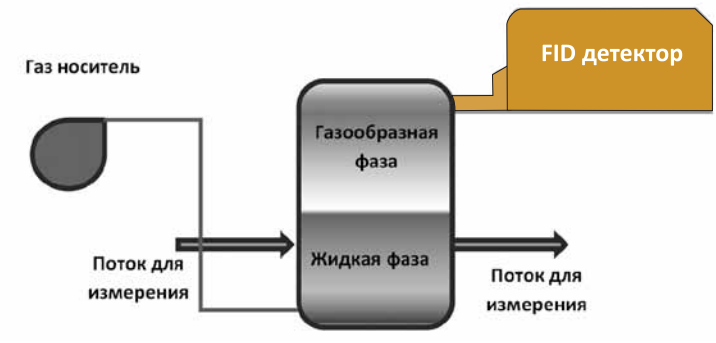


Рис. 4. Принцип измерения Анализатора MOD-1100-FID с пламенно-ионизационным детектором

Применение пламенно-ионизационного (FID) метода измерения

Анализ газовой фазы углеводородного состава в оборотной воде производится анализатором MOD-1100-FID оснащенным пламенно-ионизационным датчиком. Зачастую пламенно-ионизационный метод измерения применяется при утечках сжиженного газа в оборотную воду и используется для определения аварийного состояния системы. Обычно в применениях такого рода требуется измерять наличие таких газов, как пропан или бутан, то есть составляющих, которые тяжело или невозможно достоверно измерить перечисленными выше методами.

В начале анализа газовая фаза углеводородного состава отделяется от жидкой фазы (рис. 4) и при помощи газа-носителя (водорода) поступает в печь. В печи постоянно поддерживается высокая температура пламени, которая контролируется подачей кислорода. Пламя ионизует газ, который находится между двумя электродами и тем самым образует ионизированные частицы, которые уменьшают сопротивление электрода и усиливают ток. Сам ток измеряется чувствительным амперметром, и результат измерения переводится в количественную величину, которая обозначает концентрацию углеводородного состава в измеряемой жидкости.

Заключение

Использование поточных датчиков для анализа в прямом режиме действия дает возможность не только обнаружить и своевременно устранить утечки веществ в ходе ТП, но также определить качество воды для слива или повторного использования. Все приведенные выше методы анализа не требуют трудоемкого технического обслуживания, и плановый сервис таких систем ограничивается заменой фильтров и источников света. Аналитические системы контроля качества могут быть использованы как для контроля качества оборотной воды, так и для контроля за протеканием самого ТП [5]. Они просты в эксплуатации и обеспечивают быструю окупаемость капиталовложений. Поточный анализ качества приводит к снижению потребления воды и уменьшению простоя теплообменников, позволяет увеличить не только

межремонтный цикл оборудования, но и сократить расход энергии. Гарантия чистоты оборотной воды позволяет использовать ее повторно для питания котлов или в других процессах. Использование такого рода ресурса является выгодным применением, используемым для оптимизации производства.

Список литературы

1. *Кигель А., Зильберман И.И.* Контроль качества сырья и нефтепродуктов в режиме реального времени с использованием корреляционных методов измерения БИК и ЯМР // Автоматизация в промышленности. 2013. №6.
2. *Yang M.* Measurement of oil in produced water // Produced Water. Environmental risks and advances in mitigation. Springer. Chapter 2. p 57-88. 2011.
3. *Polak J.and Benjamin C.Y Lu.* Mutual solubility's hydrocarbons and water // Canadian Journal of Chemistry. 1973. Vol. 51.
4. *Паушпис Е.А.* Оптическая спектроскопия в адсорбции и катализе. Применение ИК спектроскопии. Новосибирск. Институт катализа им. Г.К. Борескова. 2010.
5. *Сорокин Ф. Г.* Использование фотометрической технологии поточного анализа качества нефтепродуктов//Автоматизация в промышленности. 2013. № 10.

Кигель Ариель Александрович *– руководитель отдела НИОКР,*
Чернокозинский Дмитрий Александрович *– менеджер продукции «Фотометрия и газовый анализ»*
компании «Модкон Системс».
Контактный телефон 7 (495) 989-18-40.
E-mail:arielk@modcon.ru dimac@modcon-systems.com