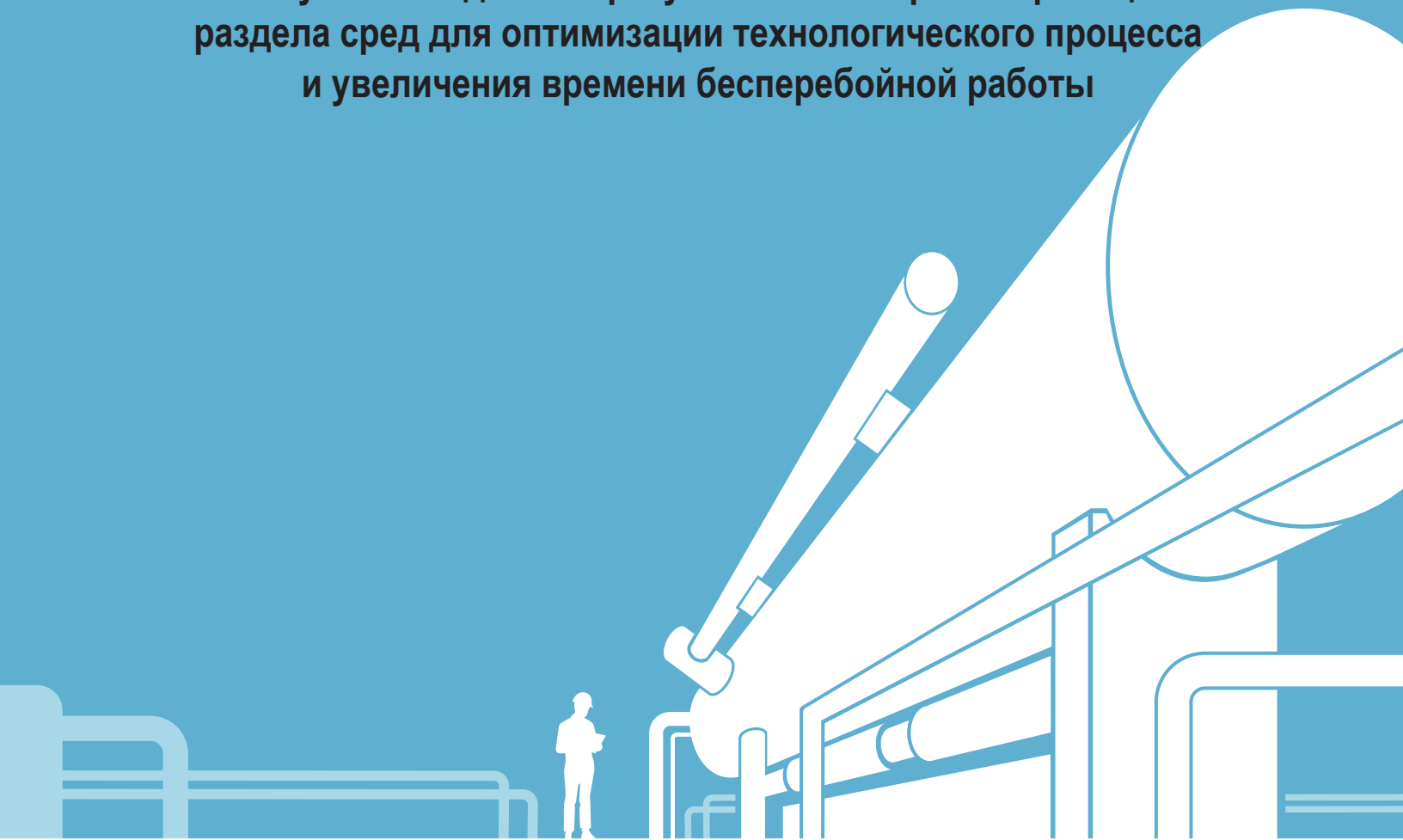


ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА СРЕД В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

Получение надежных результатов измерения границы раздела сред для оптимизации технологического процесса и увеличения времени бесперебойной работы



Информационный документ по уровнемерам, выпускаемым компанией Magnetrol®

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ РАЗДЕЛА ГРАНИЦЫ СРЕД В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

Получение надежных результатов измерения границы раздела сред для оптимизации технологического процесса и увеличения времени бесперебойной работы

Цель

Измерение уровня раздела границы сред или различных фаз одной и той же среды часто производится в нефтегазовой и нефтехимической отраслях промышленности. В то время как в технологиях измерения уровня жидких и сухих веществ были достигнуты значительные успехи, измерение уровня между отдельными фазами среды все еще остается довольно сложной задачей, которая в настоящее время не имеет надежного технологического решения.

Однако, как показывает опыт, оптимизации технологического процесса и увеличения времени бесперебойной работы в различных сепараторных системах можно добиться за счет использования надежной и лучшей в своем классе технологии измерения уровня.

Целью данного информационного документа является рассмотрение проблем, связанных с измерением уровней границ раздела, существующих для этого технологий, а также опыта, накопленного при эксплуатации различных систем в производственных условиях, с точки зрения оптимизации технологического процесса и увеличения времени бесперебойной работы. Кроме того, рассматриваются перспективные способы решения задач, связанных с надежным измерением уровня границ раздела сред.



Рисунок 1. Различные типы выходных сепараторов

Общие сведения

В данном информационном документе рассматриваются следующие вопросы:

- Проблемы, возникающие при измерении границ раздела сред (эмульсия).
- Существующие технологии измерения уровня, используемые для измерения границ раздела сред.

- Опыт, накопленный в ходе эксплуатации систем в производственных условиях, с точки зрения оптимизации технологического процесса и увеличения времени бесперебойной работы.
- Перспективы получения надежных результатов измерения границы раздела сред.

Проблемы, возникающие при измерении границ раздела сред (эмульсия)

В нефтегазовой и нефтехимической отраслях промышленности необходимость измерения границ раздела сред возникает в случаях, когда в одном резервуаре находятся неподдающиеся смешиванию (неспособные смешиваться) жидкости. Более легкая среда поднимается вверх, а тяжелая среда опускается вниз. Например, при добыче нефти для извлечения нефти из скважины используется вода или пар. Поступающие из скважины жидкости направляются в эксплуатационные сепараторы, где они разделяются на основные составляющие, а именно углеводороды, расположенные над водой.

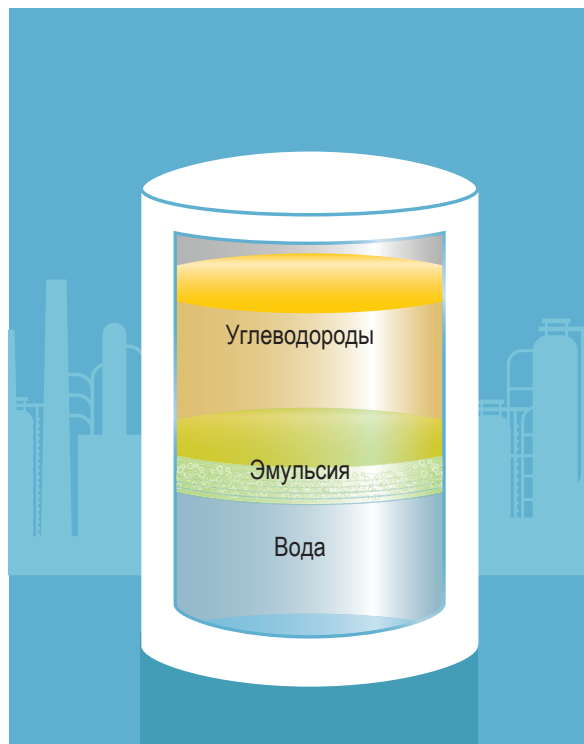


Рисунок 2. Многофазный уровень часто представляет собой углеводороды, находящиеся сверху, эмульсию (прослойка) в середине и воду внизу.

Границы раздела могут формироваться между жидкостями и твердыми веществами, жидкостями и пеной, а также жидкостями и газами. Но в данном документе основное внимание уделяется границе раздела жидкость-жидкость (зачастую с паровоздушным пространством, расположенным над верхней/легкой жидкостью). Неподдающиеся смешиванию жидкости соприкасаются в плоскости границы раздела, где некоторая часть этих жидкостей превращается в эмульсию. Этот слой эмульсии (также называемый «прослойкой»)

может иметь узкие и четкие границы, но гораздо чаще он представляет собой смесь жидкостей с плавно изменяющейся плотностью и толщиной. В общем случае, чем толще слой эмульсии, тем сложнее выполнить измерение.

Контроль верхнего или общего уровня жидкости важен для целей обеспечения безопасности и предотвращения переполнения резервуаров, а знание уровня раздела необходимо для поддержания необходимого уровня качества продукта и эффективности технологического процесса. Если вследствие неудовлетворительного отделения в нефти присутствует вода (вынос воды), могут возникнуть проблемы в процессе переработки нефти, отказы и незапланированные остановы оборудования. Если в воде присутствует нефть (захват нефти), возникают потери продукта, налагаются штрафы за ущерб окружающей среде, взыскания и принудительные остановы производства.

Из всех существующих типов реле уровня и уровнемеров лишь небольшая часть подходит для надежного измерения уровня границы раздела. Среди ведущих технологий измерения уровня границы раздела сред можно выделить волноводные радарные уровнемеры (GWR), уравновешенные поплавковые уровнемеры, магнитострикционные уровнемеры, емкостные уровнемеры, а также уровнемеры, в которых используется гамма-излучение и тепловое рассеяние. В идеальном случае технология, используемая для измерения границы раздела, не должна отличаться от технологии других приборов измерения уровня, установленных на производственном объекте, с которыми уже хорошо знакомы пользователи. Стандартизация технологии помогает экономить на обучении, монтаже, вводе в эксплуатацию, техническом обслуживании, а также сокращает время простоев. Разумеется, что все это связано с определенными затратами.

Существующие технологии измерения уровня, используемые для измерения границ раздела сред

Не существует идеальной, подходящей для всех случаев технологии измерения уровня границы раздела сред. Если абстрагироваться от вопросов надежности и цены, главную роль в выборе решения для измерения границы раздела играет хорошая осведомленность пользователей об измерительных приборах. Это особенно справедливо для таких устоявшихся технологий, как поплавковый принцип измерения и принцип перепада давления.

Перепад давления все еще остается наиболее распространенной технологией измерения уровня, что отражено в отчете по исследованию рынка приборов контроля, подготовленном в марте 2017 г.¹, где более 40% пользователей приборов / респондентов сообщили о том, что они предпочитают и используют технологию перепада давления примерно в трети или более своих установок в процентном отношении ко всем используемым приборам. Однако технология перепада давления не является предпочтительной для измерения уровня границы раздела сред. Она требует тщательной калибровки и основывается на допущении, что плотность жидкостей и общий уровень остаются неизменными.

Использование данной технологии, как правило, выдает результат в виде прогнозируемого уровня измерения границы раздела, находящегося примерно в середине эмульсионного слоя, противопоставляя его измерению общего уровня и уровня границы раздела. Изменение толщины эмульсионного слоя влияет на плотность и, таким образом, значительно влияет на точность измерения.

Из всех существующих типов реле уровня и уровнемеров лишь небольшая часть подходит для надежного измерения уровня границы раздела.

Исходя из вышеупомянутого отчета по исследованию рынка приборов контроля, второй наиболее предпочтительной технологией, судя по процентному использованию всех приборов и установок, являются волноводные радарные уровнемеры (GWR). Более 25% респондентов приблизительно в одной трети всех своих установок предпочитают применять приборы GWR.

Возможность использовать уровнемеры GWR для измерения общего уровня (предотвращение переполнения), а также уровня границы раздела сред, значительно расширяет знания пользователя о приборе, позволяя правильно применять технологию при одновременном снижении времени на обучение и ввод в эксплуатацию. Конечно, технология GWR тоже имеет свои ограничения при измерении границы раздела, но они часто смягчаются за счет ввода дезэмульгаторов или увеличения температуры технологического процесса для облегчения сепарации тяжелой нефти.

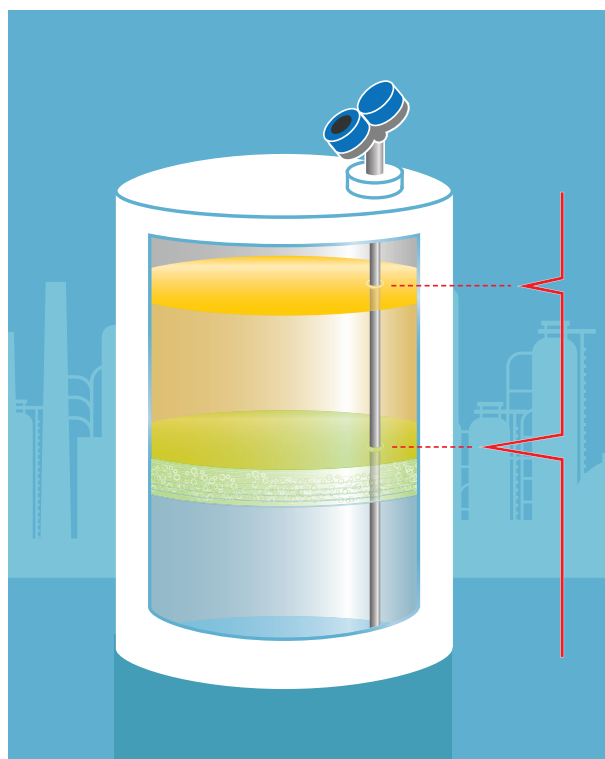


Рисунок 3. Волноводный радарный уровнемер с распространением сигнала по зонду вниз

Магнитоотрицательная технология также используется для измерения границы раздела сред. Она основывается на принципе плавучести, из-за чего присутствуют погрешности, связанные с удельной плотностью жидкостей, но эта технология имеет свои преимущества, особенно в случаях с толстыми и разбухающими слоями эмульсии. Также необходимо учитывать наложение твердых веществ, например налипания парафинов или асфальтов на подвижных частях.

Тяжелая нефть может вносить основные погрешности за счет оседания на зондах или налипания на поплавках, что также ведет к увеличению продолжительности технического обслуживания.

Остальным технологиям измерения уровня границы раздела сред, например поплавковым (механическим) и емкостным уровнемерам, в одной трети своих установок предпочтение отдают 12,6% и 8,2% респондентов соответственно.

Тяжелая нефть может вносить основные погрешности за счет оседания на зондах или налипания на поплавках, что также ведет к увеличению продолжительности технического обслуживания. Тем не менее эти технологии довольно удобны, особенно в нефтегазовом секторе.

На следующей странице приведена итоговая Таблица 1, куда в сжатом виде сведены основные технологии, используемые для измерения границы раздела сред, а также их основные преимущества и недостатки.

Также включен рисунок, который отражает важность учета удельной плотности или плотности в градусах API при выборе той или иной технологии. Высокая удельная плотность (низкая плотность в градусах API) тяжелой нефти влияет на эмульсионный слой и может вносить дополнительные коррективы в планы технического обслуживания.

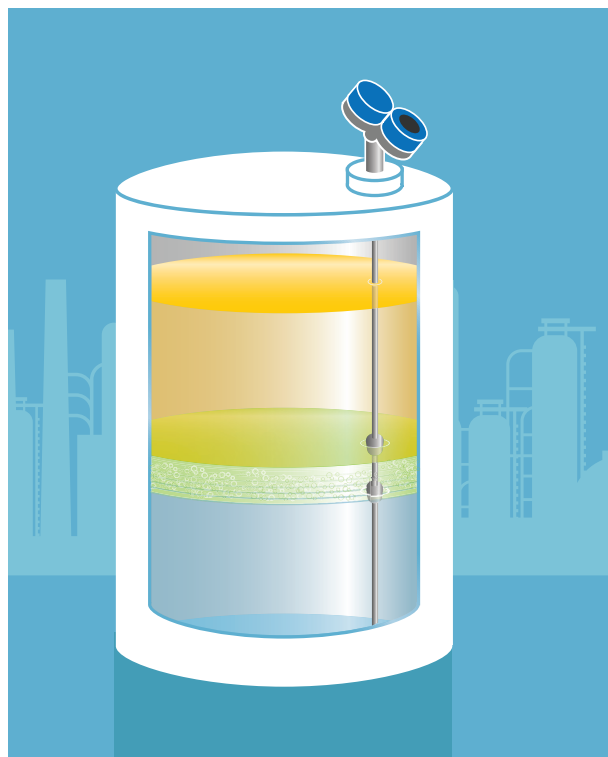


Рисунок 4. Измерение уровня эмульсионного слоя магнитоотрицательным уровнемером, непосредственно установленным в резервуаре

Сравнение технологий измерения уровня границы раздела сред

Таблица 1

Технология	Измерение	Сильные стороны	Ограничения
Волноводный радарный уровнемер	<ul style="list-style-type: none"> - Отслеживает верхний уровень среды и уровень вблизи верхней поверхности эмульсионного слоя - Верхний уровень среды с низкой диэлектрической проницаемостью и нижний уровень среды с высокой диэлектрической проницаемостью - Прямое измерение уровня среды даже с низкой диэлектрической проницаемостью в противоположность прогнозируемым измерениям (некоторые радарные и другие технологии) 	<ul style="list-style-type: none"> - Не требуется калибровка - Независимость от плотности среды - Обнаружение отложений на зонде и диагностика - Простое техническое обслуживание (отсутствие движущихся частей) - Предотвращение переполнения (измерение общего уровня) - Операторы хорошо знакомы с приборами за счет их использования в других установках 	<ul style="list-style-type: none"> - Толстые эмульсионные слои и потеря энергии до достижения дна - Изменения в характеристиках приборов разных производителей, например прогнозные измерения или отслеживание дна - Возможное засорение коаксиальных зондов
Уравновешенный поплавок	<ul style="list-style-type: none"> - Отслеживание примерно в середине эмульсионного слоя или его усреднение - Выталкивающая сила меняется в зависимости от типа жидкости - Способность измерять уровень границы раздела в установках, где жидкость с высокой диэлектрической проницаемостью находится сверху 	<ul style="list-style-type: none"> - Хорошее знакомство операторов с приборами за счет использования в других установках - Реле и датчики уровня 	<ul style="list-style-type: none"> - Имеются движущиеся части, требующие технического обслуживания - Зависимость от удельной плотности жидкости - Только уровень границы раздела или общий уровень; диапазон может быть фиксированным
Магнитострикционные приборы	<ul style="list-style-type: none"> - Поплавки, уравновешенные для измерения различных уровней, включая общий уровень и, в частности, уровень нижней поверхности эмульсионного слоя - Способность измерять уровень границы раздела в установках, где жидкость с высокой диэлектрической проницаемостью находится сверху 	<ul style="list-style-type: none"> - Компоновки с несколькими поплавками (удельная плотность) для измерения общего уровня и уровня эмульсионного слоя - Толстые или увеличивающиеся/разбухающие эмульсионные слои - Калибровка обычно не требуется 	<ul style="list-style-type: none"> - Движущиеся части, требующие технического обслуживания, особенно из-за отложений - Зависимость от удельной плотности жидкости - Требуется хотя бы минимальное расстояние между слоями, определяемое физическими размерами поплавков
Емкостные приборы	<ul style="list-style-type: none"> - Измерение в районе нижней поверхности эмульсионного слоя - Емкость меняется между слоями с низкой/высокой диэлектрической проницаемостью 	<ul style="list-style-type: none"> - Исторически хорошее знакомство операторов с приборами при измерении границы раздела сред - Простота технического обслуживания (отсутствие движущихся частей) - Реле и датчики уровня - Невысокая цена 	<ul style="list-style-type: none"> - Требуется калибровка - Изменение эффективности измерения в зависимости от удельной плотности / диэлектрической проницаемости / вязкости - Реже используется в других установках - Отложения на зонде / наслоения
Радиационные приборы (гамма-излучение/радиометрия)	<ul style="list-style-type: none"> - Изменение энергии радиации при прохождении сквозь жидкости с разной удельной плотностью - Возможность построения профиля эмульсионного слоя 	<ul style="list-style-type: none"> - Прогнозный профиль эмульсионного слоя, включая толстые прослойки - Некоторые типы приборов не входят в контакт с технологической средой - Возможность построения профиля песка и пены в приборах контактного типа 	<ul style="list-style-type: none"> - Довольно высокая предоплата с дополнительными расходами на настройку, техническое обслуживание и обеспечение безопасности - Отложения на стенках и изменение удельной плотности может привести к ошибкам - Бесконтактные варианты возможны только на резервуарах малого диаметра
Термодифференциальные приборы	<ul style="list-style-type: none"> - Точка переключения зависит от калибровки - Теплопроводность меняется между жидкостями 	<ul style="list-style-type: none"> - Экономичное решение - Простое техническое обслуживание за счет отсутствия движущихся частей или засорений - Возможно обнаружение пены - Аналоговый выходной сигнал для отслеживания эмульсионного слоя 	<ul style="list-style-type: none"> - Только реле - Требуется калибровка - Меньшее знакомство операторов с приборами данного типа

Сравнение уровнемеров по удельной плотности нефти / градусам API

Рисунок 5

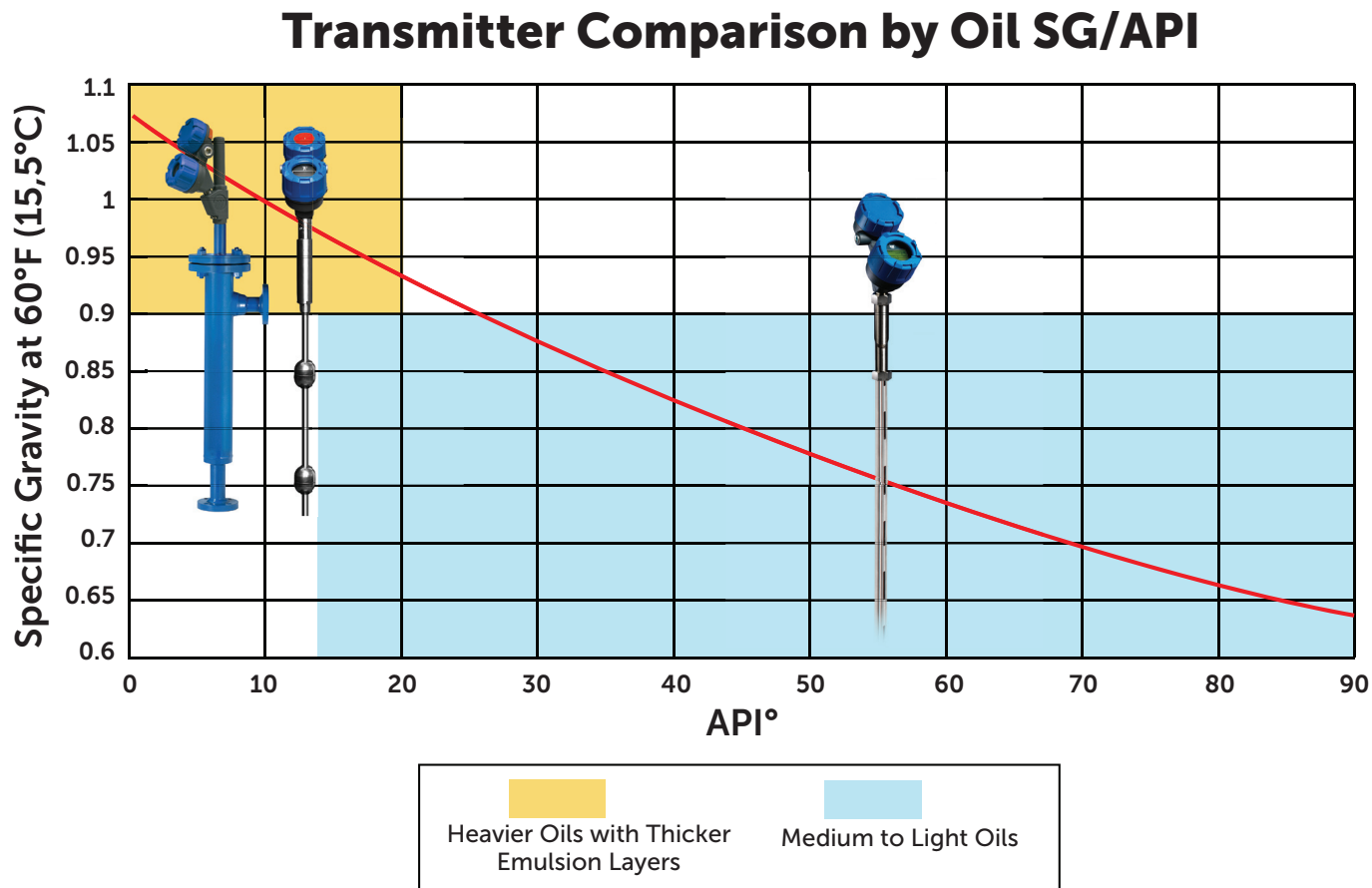


Рисунок 5. Рекомендации компании Magnetrol по технологиям, построенным на принципе плавучести (поплавковые и магнестрикционные приборы) для тяжелой нефти с толстыми эмульсионными слоями (слева). Приборы радарного типа для измерения средней и легкой нефти (справа).

Обратите внимание, что это только общие рекомендации и существует перекрытие между использованием разных технологий, что может отличаться от данного рисунка. При выборе наилучшей технологии для конкретного случая применения обратитесь в компанию Magnetrol.

Опыт, накопленный в ходе эксплуатации систем в производственных условиях, с точки зрения оптимизации технологического процесса и увеличения времени бесперебойной работы

В нефтегазовой и нефтехимической отраслях промышленности существуют многочисленные установки, в которых образуется эмульсионный слой, уровень которого необходимо измерять. Наличие надежных средств измерений может оказать помощь в деле оптимизации технологического процесса с одновременным увеличением времени бесперебойной работы. Далее рассматриваются примеры применения и дается практический анализ проблем, имеющих место при измерении уровня с использованием различных технологий, а также подчеркивается важность проведения таких измерений.

Необходимо отметить, что независимо от используемой технологии, оптимальные условия монтажа окажут значительную помощь в достижении максимальной эффективности работы измерительного устройства. Например, когда сырая нефть из скважины входит в сепаратор, время удержания в сепараторе, возможно, является важнейшим фактором для достижения необходимой эффективности работы измерительных приборов и, следовательно, для оптимизации технологического процесса. Другими словами, если нефть подается в горизонтальный сепаратор, оп-

тимальным местом монтажа уровнемера является точка, наиболее удаленная от входного патрубка (ближе к сливной перегородке), где происходит разделение нефти и вода становится более однородной. Дезэмульгаторы помогают разрушению эмульсии, но их количество можно сократить (примерно 1500–2000 долларов США за тонну), если в ходе работы обеспечить надежное измерение уровня.

При достижении максимальной эффективности уровнемера можно добиться более строгого контроля верхней поверхности эмульсионного слоя. Верхняя поверхность слоя эмульсии является индикатором присутствия воды в нефти. Принимая во внимание, что основное назначение сепаратора – это удаление воды из нефти, измерение уровня теперь можно производить на расстоянии ближе или дальше от сливной перегородки, что позволит оптимизировать работу сепаратора и время удержания. Если данный сепаратор предназначен для хранения воды, на поверхности которой находится тонкий слой нефти, то более строгий контроль уровня раздела сред также предоставит более точные данные о количестве воды (только воды), находящейся в резервуаре. Это позволит более эффективно использовать автоцистерны, обеспечивая их полную загрузку во время слива воды из резервуаров-хранилищ.

Такая идеальная установка не всегда может быть реализована во время модернизации существующего оборудования, но, с другой стороны, наилучшее место монтажа уровнемера можно выбрать во время проектирования сепаратора.



Рисунок 6. Время удержания определяет качество сепарации и эффективность работы измерительного прибора. Обратите внимание на место монтажа волноводного радарного уровнемера синего цвета

Главное, что необходимо учитывать при реализации любой системы независимо от вида измеряемого уровня (верхний уровень или граница раздела), это ее поведение при возникновении возмущений или в процессе пуска и останова.

Большинство уровнемеров может нормально работать при измерении границы раздела сред, однако при наличии возмущений в следующих условиях требуется высокая точность:

- когда в резервуаре находится только одна жидкость (только вода или только нефть);
- при переполнении камеры (только нефть и вода – отсутствие газообразной фазы);
- в случае многофазной среды в виде нефти, воды и газа, включая предотвращение переполнения.

Первой отраслью промышленности, которая приходит в голову при обсуждении границ раздела, является перекачка, разведка и добыча нефти и газа. Первые проблемы возникают в устьевых сепараторах и впоследствии отражаются на всей оставшейся цепочке прохождения углеводородов. Кроме участка начальной сепарации, особенно важное значение измерению уровня раздела сред придается объектам системы подачи минерализованных вод, выполняющих гидроразрыв пласта.

Главное, что необходимо учитывать при реализации любой системы, это ее поведение при возникновении возмущений или в процессе пуска и останова.

Проблемы измерения границы раздела подобного типа существуют в резервуарах линии транспортировки или резервуарных парках, в отстойниках нижних сепараторов и деминерализаторах на нефтеперегонных заводах и даже в башенных охладителях нефтехимических предприятий (отстойники и барабаны сепарации минерализованной воды).

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА РАЗБОР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕРА № 1

Предприятие по утилизации минерализованных вод (SWD)

Исходные данные

На предприятии по утилизации минерализованных вод автоцистерны привозят минерализованную воду, используемую для гидроразрыва пласта, а также воду, вытекающую из скважины после гидроразрыва, которая затем нагнетается в скважину для захоронения отходов после прохождения через очистную установку. Отработанная вода сразу же после выгрузки из автоцистерны поступает в водяной резервуар сепаратора (отстойник), где вода и остатки нефти разделяются естественным образом. Дополнительная сырая нефть, существующая на входе системы, неизбежно снова поступает в водяной резервуар сепаратора, создавая динамический эмульсионный слой. Очень важно, чтобы перед нагнетанием в скважину для захоронения, нефть была отделена от минерализованной воды.



Рисунок 7. Автоцистерна, разгружающаяся в резервуар-отстойник для хранения и сепарации минерализованной воды от нефти



Рисунок 8. Расположение скважины для захоронения отходов

Стоимость

Отделение нефти от воды в резервуаре-отстойнике сепаратора и любых других установках, расположенных на входе, является крайне важным процессом. При попадании нефти в скважину для захоронения отходов может произойти повреждение или закупоривание скважины, что приведет к простоям и потребует затрат на ее восстановление, а также вызовет увеличение расходов на химические реактивы, которые потребуются для чистки скважины.

Разделение воды и нефти в резервуаре сепаратора и прочем технологическом оборудовании имеет крайне важное значение.

Имея ясное понимание ежедневного количества «нежелательных» жидкостей, находящихся в резервуарном парке (ожидающих утилизации) и сравнивая их с производственными возможностями, можно обеспечить лучшее управление и использование ресурсов, например возможность отправлять автоцистерны на удаленные площадки с достаточной пропускной способностью. Площадка со скважиной должна оснащаться средствами автоматизации и измерительными приборами, которые могут обмениваться данными с использованием необходимых протоколов связи, что позволит быстро производить ввод в эксплуатацию и потребует меньше энергии для перехода от цикла закачки к циклу отбора.

В дополнение к средствам, получаемым от продажи услуг по утилизации минерализованной воды, компания получает дополнительный доход от отделенной нефти. В связи с тем, что скважина для утилизации отходов имеет пористую структуру, любые остатки нефти в минерализованной воде ограничивают ее вместимость и, как следствие, скважину придется восстанавливать, вкладывая значительные средства.

Решение

После резервуара-отстойника сепаратора нефте-водяная эмульсия передается в очистительную установку, а верхний слой нефти поступает в отдельный бак-хранилище. Волноводный радарный уровнемер Eclipse® Model 706 (GWR) эффективно измеряет уровень нефти в баке-отстойнике сепаратора, а также уровень верхней поверхности эмульсионного слоя, что гарантирует передачу различных жидкостей в соответствующие элементы установки. Это, в свою очередь, предотвращает засорение скважины для утилизации отходов и сокращает затраты на ее химическое восстановление. Для измерения стандартного общего уровня жидкости можно использовать другие радарные волноводные уровнемеры или бесконтактные радарные устройства.

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА РАЗБОР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕРА № 2

Отстойники сепаратора (нефтеперегонный завод)

Исходные данные

На нефтеперегонных заводах используются «отстойники сепараторов», которые представляют собой устройства гравитационного разделения продуктов, которые, как правило, можно найти в составе установок алкилирования, реакторах гидроочистки, установках коксования и аминной очистки. В донной части этих горизонтальных резервуаров находится отстойник, где образуется граница раздела между углеводородами и более плотными жидкостями, например остаточной водой, плавиковой кислотой, гликолем или амином.

Остаточная вода часто присутствует в большинстве установок нефтеперегонного завода, на котором приблизительно 25% случаев измерения уровня связаны с измерением границ раздела сред разных типов. Отстойник является последней ступенью сепарации, предназначенной для предотвращения попадания определенных жидкостей в следующие этапы технологического процесса.



Рисунок 9. Отстойник для сепарации на нефтеперегонном заводе (волноводный радарный уровнемер находится в синей камере справа)

Стоимость

Неправильное измерение уровня границы раздела сред в отстойнике может привести к снижению производительности и эффективности технологического процесса, вплоть до выхода из строя оборудования по переработке.

Если частицы воды попадают в технологическую линию, то со временем это может всего лишь потребовать небольших восстановительных или очистных работ. С другой стороны, если определенная масса воды не будет отделена и, в конечном итоге, попадет в ректификационные колонны или другие высокотемпературные установки, то вследствие температурного расширения вода мгновенно испарится и создаст импульсный удар, что может привести к избыточным вибрациям и повреждению тарелок или других частей колонны. При этом, несомненно, возникнут основные проблемы, связанные с безопасностью и потерей производительности, а час простоя колонны составляет около 550 000 долларов США и, в зависимости от размеров повреждений, восстановление может занять несколько дней.

В данном примере в отстойнике производится сепарация плавиковой кислоты. Если не контролировать уровень кислоты, она попадет в технологический процесс, что приведет к коррозии труб из нержавеющей стали, клапанов, фитингов и контрольно-измерительных приборов.

Неправильное измерение уровня границы раздела сред в отстойнике может привести к снижению производительности и эффективности технологического процесса, вплоть до выхода из строя оборудования по переработке.

Если рассматривать ситуацию в обратном направлении, когда углеводороды выводятся из отстойника вместе с остаточной водой, это может привести к снижению эффективности процесса водоочистки. Потоки отработанной воды, в которых содержатся углеводороды, могут создать проблемы в технологическом оборудовании, например произойдет засорение сеток и фильтров.

Решение

Волноводный радарный уровнемер ECLIPSE Model 706 является идеальным прибором для установки в отстойниках. Он обычно используется совместно с магнитным указателем уровня для визуальной индикации. На нефтеперерабатывающих заводах смотровые стекла и магнитные указатели уровня являются основными средствами при выполнении осмотров и контрольных обходов.

С помощью конструктивного решения Aurora[®], выпускаемого компанией Orion Instruments[®] (филиал Magnetrol), пользователи могут извлечь пользу от дублирования за счет размещения уровнемера и магнитного указателя уровня в одной камере. Это может оказаться полезным при недостатке свободного пространства и небольших резервуарах, таких как отстойники, где пользователь получает две технологии при наличии только одного монтажного соединения (как правило, существующий набор ответных фланцев).

Если слой эмульсии слишком толстый, пользователи могут закрепить на внешней поверхности камеры магнито-стрикционный уровнемер Jupiter[®] Model JM4 (также изделие компании Orion).

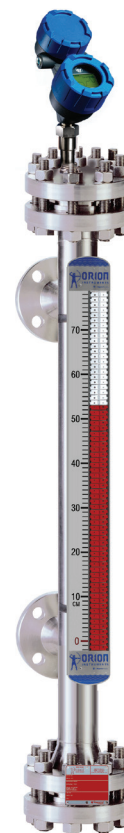


Рисунок 10. Волноводный радарный уровнемер и магнитный указатель уровня для целей резервирования

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА РАЗБОР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕРА № 3 НАРУШЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ПЕРВИЧНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ (LOPC) НА НЕФТЕХИМИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Исходные данные

Одна из крупнейших нефтегазовых и нефтехимических компаний в мире, штаб-квартира которой находится в Европе, столкнулась с проблемами при измерении границ раздела многофазной среды, состоящей из углеводородов, водяной подушки и паров газа. Для измерения использовался волноводный радарный уровнемер, но существующий прибор не формировал надежный сигнал по всей длине зонда, а границы раздела создавали трудности для распознавания верхнего уровня и уровня водяной подушки.

Прямые потери, связанные с гибелью людей на работе, составляют 1 миллион долларов, а косвенные затраты приблизительно в четыре раза больше.

Стоимость

Из-за ошибки, создаваемой водяной подушкой, используемый уровнемер создавал угрозу для целостности первичной защитной оболочки (LOPC). Строгие требования к экологии, охране здоровья и безопасности не позволяли продолжать работать в условиях такого риска с точки зрения безопасности персонала, чистоты окружающей среды, возможных штрафов и потери репутации.

Согласно информации, приведенной в статье «Факты об ущербах» журнала *Chemical Processing Magazine* Национального совета по технике безопасности (США), прямые потери, связанные со смертью на работе, составили 1 миллион долларов, а косвенные затраты оказались в четыре раза больше.²

Решение

В данном случае пользователь был заинтересован в дальнейшем применении волноводных радарных уровнемеров, так как они были установлены во многих местах производственного объекта, поэтому производилось испытание приборов разных производителей, которые монтировались рядом друг с другом.

Лучшие результаты в своем классе показал уровнемер ECLIPSE Model 706, который отслеживал верхний уровень среды вплоть до фланцевого монтажного соединения (выше точки уровня 100%) даже при наличии водяной подушки. Уровнемер ECLIPSE Model 706 позволяет исключить любые мертвые зоны или зоны нечувствительности в верхней части зонда, что дает возможность проводить прямые измерения и предотвратить LOPC. Превосходная сила сигнала также позволяет проводить измерения сквозь толщу углеводородов для обнаружения находящейся внизу воды.

Было установлено, что уровнемер ECLIPSE Model 706 можно использовать независимо от наличия в камере газовой фазы, в условиях полного затопления камеры жидкостью, а также при одном уровне, двух уровнях или вообще при отсутствии уровня в пределах длины зонда.

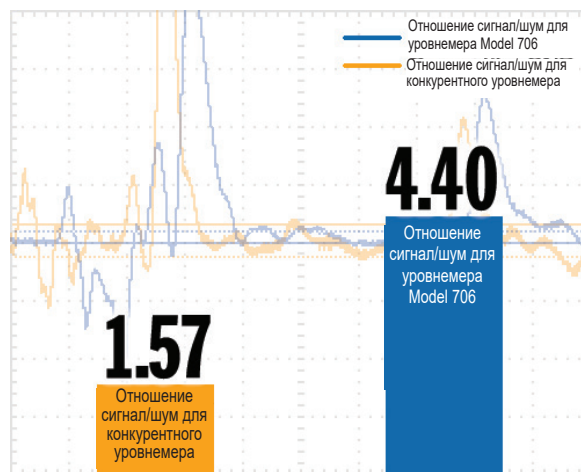


Рисунок 11. Отношение сигнал/шум для волноводного радарного уровнемера

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА РАЗБОР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕРА № 4

Вода и бензол на нефтехимическом предприятии

Исходные данные

Одна из крупнейших компаний, занимающаяся производством полиолефинов в Германии имеет на своем предприятии резервуар, содержащий смесь воды и бензола. Бензол, ароматический углеводород, который является важным компонентом бензина, имеет очень маленькую диэлектрическую проницаемость (низкую проводимость), что создает проблемы при использовании некоторых технологий.

В данном случае в качестве измерительной технологии выбран волноводный радарный уровнемер, смонтированный на боковой стороне резервуара. Камера имеет особенность заполняться до отказа. При этом волноводный уровнемер имеет тенденцию терять сигнал в верхней части зонда из-за низкой диэлектрической проницаемости бензола.



Рисунок 12. Бензол и вода

Стоимость

Кроме смотрового стекла, волноводный радарный уровнемер является единственным измерителем уровня в резервуаре. Сигнал существующего волноводного радарного уровнемера терялся несколько раз в сутки, включая ночное время, что сводило на нет удаленный контроль технологического процесса и создавало потенциальный риск переполнения. Иногда сигнал отсутствовал в течение нескольких часов и единственным методом возобновления формирования сигнала было отключение питания и повторный запуск уровнемера.

Во время этих перерывов сигнала приходилось посылать техника к резервуару и днем, и по ночам, чтобы физически оценить уровень с помощью смотрового стекла.

Такая ситуация происходила многократно на протяжении 18 месяцев, так как производитель не мог решить проблемы, связанные с несовпадением импедансов, что значительно увеличивало эксплуатационные расходы.

Во время перерывов сигнала приходилось посылать техника к резервуару, как днем, так и ночью.

Решение

В связи с отказами волноводного радарного уровнемера данный пользователь решил перейти на прибор поплавкового типа, основываясь на надежности этой технологии. Однако в качестве последнего шага он все таки решил установить уровнемер ECLIPSE Model 706.

Уровеньмер ECLIPSE Model 706, оснащенный зондом с соответствующим импедансом, продемонстрировал безотказную работу. Совпадение импедансов позволяет производить измерение во всем диапазоне уровней вплоть до монтажного соединения (до точки 100%). Это способствует предотвращению переполнения и измерениям в полностью заполненной камере.

При этом удалось исключить время на ремонт и обслуживание, проводимое на резервуаре, и время, в течение которого раньше терялся сигнал. Доказательством надежности является предоставляемая документация на уровень полноты безопасности (SIL), такая как сертификаты и отчеты по анализу отказов, их последствий и диагностике (FMEDA).

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА РАЗБОР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕРА № 5

Гравитационный сепаратор (бак-отстойник) охладительной колонны на нефтехимическом предприятии

Исходные данные

Сырье поступает на установку производства этилена и проходит сквозь печи (метод пиролиза). После разложения (крекинга) на различные углеводороды и водород сразу же начинается образование более крупных молекул. Для предотвращения этих реакций расщепленный пар проходит сквозь охладительные колонны, где охлаждается с помощью нефти или воды.

Более тяжелые углеводороды уносятся водой в бак-отстойник или в барабан гравитационного сепаратора охлаждающей воды (QWSD). В бак-отстойнике формируется граница раздела сред и, возможно, эмульсионный слой, если было добавлено слишком много едкого натра.



Рисунок 13. Охладительные колонны

Стоимость

Постоянный контроль уровня границы раздела сред в баках-отстойниках охладительных колонн очень важен по следующим причинам:

- Вода возвращается обратно в охладительную колонну. Перенос с водой углеводородов снижает производительность и является причиной неправильной работы оборудования.
- При увеличении подачи сырья требуется больше охлаждающей жидкости, что предъявляет повышенные требования к системе рециркуляции воды.
- Потеря контроля над уровнем границы раздела сред в конечном итоге приведет к снижению эффективности работы охладительной колонны и, следовательно, к снижению производительности.
- Если состав жидкости в охладительной колонне меняется в отрицательную сторону, из сырья получится меньше этилена.
- Регулирование уровня границы раздела сред может также снизить количество едкого натра, сократив затраты на него.

Потеря контроля над уровнем границы раздела сред в конечном итоге приведет к снижению эффективности работы охладительной колонны и, следовательно, к снижению производительности.

Решение

В зависимости от величины эмульсионного слоя для поддержания строгого контроля сепарации жидкостей в охладительной колонне можно использовать уровнемеры, построенные на радарной и магнитострикционной технологиях. Если толщина эмульсионного слоя невелика, обычно рекомендуют использовать волноводный радарный уровнемер, но при значительной толщине эмульсионного слоя лучше применять магнитострикционный уровнемер с поплавком, отслеживающим нижнюю поверхность эмульсионного слоя.

Перспективы получения надежных результатов измерения границы раздела сред

В рассмотренных практических примерах представлены возможные решения для преодоления различных проблем, существующих в настоящее время. Но в вопросах повышения продуктивности систем с толстыми и постоянно меняющимися эмульсионными слоями остается еще много нерешенных задач. Сюда входят установки для обессоливания на нефтеперегонных заводах и даже установки, которые были рассмотрены ранее, но при иных условиях эксплуатации.

Теперь представьте будущее, в котором...

- технологическое оборудование требует минимального технического обслуживания;
- производительность повышается при меньших затратах и меньших простоях;
- безопасность и время не приносятся в жертву из-за недостатка надежности средств измерения.

Ключевым фактором в деле оптимизации измерения границы раздела сред является эмульсионный слой. Ни одно из экономичных технологических решений не выполняет все три вида измерения уровней: верхнего уровня углеводородов (общий уровень) при одновременном измерении уровня верхней поверхности эмульсионного слоя (вода в нефти) и нижнего слоя эмульсии (нефть в воде). Для уровнемера такое состояние является многофазным (или трехфазным).

Измерение многофазных сред пытались проводить с помощью других технологий, но они очень часто были невыгодны с экономической точки зрения. Например, многофазные уровнемеры на стороне нагнетания нефтегазовых установок монтируются на трехфазных сепараторах, которые, в зависимости от размера, стоят около 1 миллиона долларов США, в то время как многофазный уровнемер в среднем стоит более 250 000 долларов США.³

Радиационная технология может эффективно измерять эмульсионный слой, но имеет аналогичную стоимость и вдобавок необходимость соблюдать дополнительные нормы и правила, а также нести затраты, связанные с радиоактивным излучением. Еще одним вариантом на рынке, кроме уровнемеров, является многозондовая система, в основе которой лежит измерение процентной концентрации воды. Такая многозондовая система очень дорога и требует для размещения четыре монтажные точки (включая одну, которая расположена на выходе сепаратора).

Нетрудно найти проблему, сложно найти ее решение. Упомянутые ранее случаи успешного применения волноводных радарных уровнемеров, особенно для чрезвычайно сложных случаев применения, могут привести к значительным усовершенствованиям данной технологии в будущем. Волноводный радарный уровнемер эффективно измеряет уровень границы раздела сред за счет изменения импеданса, возникающего при прохождении сигнала сквозь углеводороды в эмульсионный слой. Однако из-за отсутствия значительного количества воды в углеводородах, что сделало бы их токопроводящими, это приводит к измерению границы раздела только у верхней поверхности эмульсионного слоя без обнаружения его нижней поверхности, так как внутри этого слоя изменение импеданса отсутствует. Очень важно отметить, что даже самые простые случаи измерения с довольно четкой границей раздела сред могут оказаться проблематичными для некоторых производителей волноводных радарных уровнемеров, в основе которых лежат программные трюки или прогнозные измерения в углеводородах с низкой диэлектрической проницаемостью (из-за недостаточной силы сигнала).

Активная борьба за разработку средств измерения уровней многофазных сред ведется с использованием самых передовых технологий, так как измерение границ раздела является наиболее эффективным способом оптимизации технологических процессов сепараторов и увеличения времени бесперебойной работы оборудования в нефтегазовой и нефтехимической отраслях промышленности.

Ссылки:

1. Market Intelligence Report, *Control Magazine*, март 2017 г.
2. National Safety Council's Injury Facts, *Chemical Processing Magazine*, 2017 г.
3. Module E—The World Market for Multiphase Flowmeters, *Flow Research*, март, 2012 г.



Европейский головной офис и Европейское Производство

Heikensstraat 6 • 9240 Zele, Belgium • тел.: +32-(0)52-45.11.11 • info@magnetrol.be

190013, Россия, Санкт-Петербург • Ул. Рузовская, д. 8 лит. Б, офис 400А • Бизнес-центр «Фарватер»

Тел.: +7 812 320 70 87 • info@magnetrol.ru

magnetrol.com