

СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СКВАЖИН

В.Н. Бойков, О.Б. Выскубенко (ООО «Галан»),

В.М. Карюк, И.В. Морозов (ООО «Объединение БИНАР»)

Рассмотрены основы построения автоматизированной системы, предназначенной для регистрации выноса механических примесей (песка) из газодобывающих скважин, включая регистратор выноса твердых фракций РВТФ «КАДЕТ» ВН1228. Описан способ регистрации влаги с помощью лазерного гигрометра ГЛ-02, работающего на основе лазерной спектроскопии. Показана возможность измерения температуры газа в стальной трубе с помощью накладных термодатчиков.

Ключевые слова: регистрация выноса механических примесей, газодобывающие скважины, лазерная спектроскопия, измерение температуры газа, стальная труба, накладные термодатчики.

В газодобывающей отрасли главной задачей автоматизации является обеспечение оперативного контроля технологических режимов работы скважин на всех стадиях разработки месторождения, а также контроль параметров добываемого газа. Для решения указанных задач используются специализированные средства измерения физических величин, способные работать в сложных условиях эксплуатации. Рассмотрим решения от компаний Объединение БИНАР и Галан (г. Саров) в области измерения температуры газового потока в стальной трубе, влажности природного газа и доли механической примеси в потоке природного газа.

Система регистрации выноса песка

Вынос породы (песка) из неуплотненных, рыхлых пластов — один из проблемных вопросов в процессе эксплуатации газовых скважин. Это может привести к абразивному износу устьевого оборудования обвязки скважины, технологических линий и, как следствие, к аварийной ситуации. Своевременное оперативное реагирование на увеличение доли механических

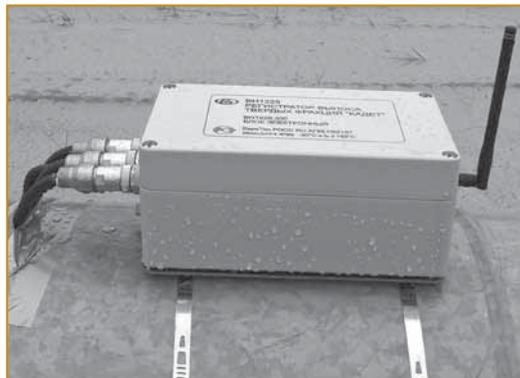


Рис. 1. РВТФ «КАДЕТ» ВН1228

примесей в потоке газа позволит продлить срок работы скважины и промышленного оборудования.

Для решения задачи разработана накладная акустико-эмиссионная система регистрации выноса твердых фракций из газовых скважин РВТФ «КАДЕТ» ВН1228 (рис. 1), обеспечивающая постоянный мониторинг за выносом песка в режиме реального времени. Система позволяет оперативно реагировать на появление в скважинной продукции твердых фракций, что может предотвратить разрушение технологического оборудования и вместе с тем обеспечить достаточную продуктивность конкретной скважины [1].

В приборе реализован акустико-эмиссионный способ регистрации сигналов от соударения песчинок

со стенками трубы, позволяющий в сочетании с цифровой обработкой сигналов точно отражать динамику выноса твердых фракций. Однако датчики реагируют и на посторонние акустические шумы, в том числе от источников, не связанных с переносом песка. Например, на вибрацию, возникающую при дросселировании на элементах запорной или ограничивающей арматуры, или шумы от посторонних источников, вплоть до атмосферных осадков. В регистраторе за счет применения специальных методов цифровой обработки сигналов, достигается эффективное выделение акустических импульсов, возникающих при ударах песчинок о стенки трубы.

Наряду с регистраторами в систему входят модули, организующие радиосеть, ПЛК и акустические имитаторы выноса песка для контроля работоспособности тракта регистрации.

Система предназначена для установки непосредственно на устье скважины, что защищает ее показания от искажений, обусловленных переносом песка по длинному шлейфу (в том числе и его оседанием) и обеспечивает более высокую точность и динамичность по сравнению с аналогичной системой, установленной в конце шлейфа.

Основные характеристики регистратора

Минимальный размер регистрируемых частиц, мкм	20
Минимальный регистрируемый объем выносимых частиц, г/с	0,002
Период обновления данных, с	15...360
Число акустико-эмиссионных чувствительных элементов, ед.	3
Температура окружающей среды, °С	-50...50
Срок службы внутренних элементов питания при опросе 1 раз/мин., мес.	≥24
Конструктивное исполнение	«искробезопасная электрическая цепь» 2ExicIIAT4

Электронный блок регистратора выпускается в двух исполнениях:

- с автономным питанием и радиоканалом на частоте 868 МГц;
- с внешним питанием и интерфейсом RS-485 (Modbus-RTU).

Автономность питания электронных модулей системы и отсутствие кабелей питания и связи обеспечивают удобство эксплуатации и обслуживания системы РВТФ «КАДЕТ» и позволяет встраиваться в АСУ промысла, а также включаться в состав беспроводных сенсорных сетей. Наличие радиоканала позволяет управлять регистратором и считывать результаты измерений непосредственно на объекте с помощью мобильного АРМ.

Испытания показали, что динамические характеристики системы в совокупности с местом ее установки, позволяют регистрировать переходные процессы в пескопроявлениях, которые вызываются даже незначительными изменениями дебита.

В 2016 г. на выходных коллекторах кустов газовых скважин Губкинского месторождения стационарно установлены регистраторы выноса песка РВТФ «КАДЕТ» ВН1228 по одному на каждом коллекторе. С помощью 34 регистраторов контролем охвачено 95 скважин.

Для интеграции в информационную систему газового промысла на каждом кусте дополнительно к регистратору установлен конвертор ВН1228.600, содержащий ПЛК ВСЕ-5. Преобразователи обеспечивают дистанционное управление имитатором выноса песка, установленного на газопроводе рядом с первичными измерительными преобразователями.

На трубопровод монтируются датчики регистратора, которые являются не инвазивными накладными элементами, и крепятся при помощи прижимных хомутов, без проведения огневых работ и остановки скважины. Данные из регистратора по радиоканалу передаются на базовую станцию, далее в составе пакета данных на АРМ оператора.

При появлении песка в продукции скважин, дополнительно к сигналу, отражающему тренд выноса песка, срабатывает защитный сигнал на АРМ оператора. Далее производятся работы по определению конкретной скважины, при помощи мобильного оборудования, входящего в комплект поставки. Таким образом, оперативный персонал предупрежден об опасности и может планировать мероприятия для защиты технологического оборудования и вывода скважины на оптимальный режим работы.

При видимом отсутствии выноса песка или подозрении на отсутствие сигнала от датчиков регистратора непосредственно из операторной проводится дистанционная проверка работоспособности системы в режиме имитатора выноса песка.

На Губкинском месторождении проводится постоянный мониторинг за вы-

носом песка. В результате этого выделяются скважины, из которых периодически происходит вынос механических примесей. По этим скважинам проводятся дополнительные исследования с целью подбора оптимального режима и выявления необходимости в проведении ремонтных работ [1].

Влагометрия природного газа

Вопросы, связанные с влажностью природного газа, имеют прямое отношение к таким важным проблемам газовой отрасли, как использование газа в качестве топлива, подготовка газа к дальнему транспорту, поставка газа на экспорт и др.

Существует две группы гигрометров, использующих принципиально различные подходы к определению влаги. К первой группе относятся конденсационные приборы с охлаждаемым зеркалом для определения температуры точки росы (ТТР). Первичной измеряемой величиной в них является температура зеркала, при которой наступает интенсивное рассеяние света, связываемое с появлением конденсата. Вторая группа — измерители массовой концентрации воды, у которых первичная измеряемая величина — $г/м^3$ или ppm. Для сравнения показаний этих двух групп приборов требуется переход от массовых концентраций воды к температуре точки росы или наоборот [2].

Обе группы гигрометров имеют недостатки в области измерения. Конденсационные приборы не в состоянии отличить от воды такие распространенные, растворяющие воду примеси, как метанол, ди- и триэтиленгликоли, широко используемые для осушки природного газа. Проблема сорбционных гигрометров, регистрирующих массовую концентрацию воды, кроется в самом принципе их работы — в сорбции. На сложных составах газа сорбируется не только вода, но и другие примеси. Более того, ряд примесей, в частности, метанол, могут приводить к необратимым изменениям в чувствительном элементе и выходу приборов из строя.

Новые возможности в измерениях влажности природного газа связываются с началом производства компанией ООО «Галан» гигрометра нового типа — первого в России лазерного гигрометра ГЛ-02, работающего на основе лазерной спектроскопии [2]. Его использование решает общую проблему существую-

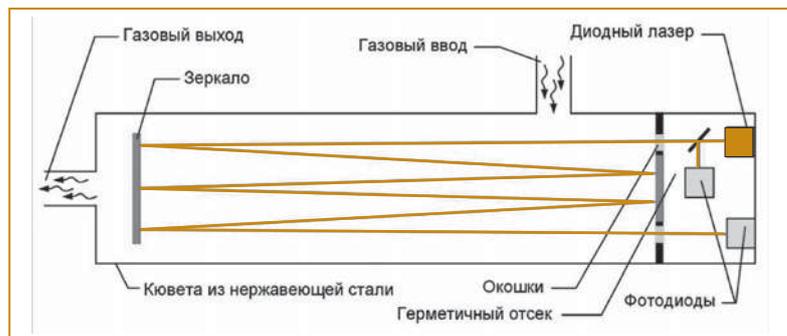


Рис. 2. Схема работы лазерного гигрометра ГЛ-02

щих приборов — влияние метанола и гликолей при измерении влажности природного газа.

ГЛ-02 работает на основе лазерной спектроскопии: определяет влагу по ослаблению света на определенной длине волны, соответствующей одной из линий в спектре поглощения молекул воды. По принципу своей работы прибор является эталоном влагосодержания, так как для измерения не требует проведения каких-либо калибровок.

Для вычисления концентрации воды необходимо знать только величину ослабления света, длину светового луча и независимую физическую константу — сечение взаимодействия фотонов с молекулами воды для выбранной спектральной линии. Измерения происходят в оптической кювете цилиндрической формы при редуцированном давлении газа, примерно равном атмосферному. Устройство лазерного гигрометра ГЛ-02 приведено на рис. 2.

Первичной измеряемой величиной является число молекул воды в единице объема газа, с которой прямо связаны следующие единицы измерения: ppm (миллионные доли содержания воды по объему) и массовая концентрация воды



Рис. 3. Гигрометр ГЛ-02



Рис. 4. Применение накладных датчиков

Основные характеристики лазерного гигрометра ГЛ-02

Диапазон измерений концентрации водяных паров, ppm	10...23000
Диапазон измерений ТТР, °С	-60...20
Абсолютная погрешность, °С:	
в поддиапазоне -60...-50	<± 2
в поддиапазоне -50...20	<± 1
Входное давление пробы газа, МПа	<10
Расход газа через прибор, норм. л/мин	0,2...1
Минимальное время цикла измерений, мин	1
Архив измерений при периоде записи 5 мин., сут.	> 45
Передача данных	RS-485, Modbus/RTU
Число выходов 4...20 мА, ед.	2
Питание при 50 Гц, В	220
Масса с системой проботбора, кг	≤75
Потребляемая мощность, ВА	≤200
Окружающая температура, °С	-30...50
Защищенность оболочки	IP54 по ГОСТ 14254-96;
Взрывозащитное исполнение	1Ex e ib d IIB T3X; IIGb c T3

(граммы на единицу объема). Прибор работает непрерывно при наличии напряжения сети и не требует от персонала каких-либо действий в процессе работы.

Лазерные анализаторы лишены тепловой инерции конденсационных процессов и охлаждаемых зеркал и по своей природе должны быстрее реагировать на изменения измеряемого параметра — количества влаги. Время установления результата в лазерном анализаторе определяется временем обновления газа в транспортном трубопроводе и измерительной кювете. Лазерный анализатор регистрирует только воду. Веществ, имеющих близкие спектральные линии, которые могли бы создать помехи измерениям, пока не выявлено.

Перестраиваемый лазерный диод размещен в герметичном отсеке. Свет передается через окно, выполненное из прозрачного материала, многократно проходит через кювету, отражаясь от зеркал, и попадает на выходной фотодиод, где измеряется его интенсивность. По отношению силы света лазера на входе/выходе кюветы определяется поглощение для излучаемой длины волны света.

Управление лазером, блок питания и цепи преобразования сигнала размещаются в электронном блоке в корпусе прибора. Дисплей обеспечивает цифровую индикацию результатов измерений и программируемых пользователем параметров. Анализатор имеет два (4...20 мА) аналоговых выхода и цифровой порт RS-485 с протоколом Modbus. Программное обеспечение предоставляет возможность удаленного чтения, программирования и регистрации данных. Внутреннее устройство гигрометра ГЛ-02 представлено на рис. 3

Анализатор содержит интегрированную систему отбора проб, которая включает входной запорный шаровой клапан, фильтр отделения конденсированных фракций, игольчатый вентиль регулирования промывочного потока фильтра, игольчатый вентиль регулирования расхода газа в кювете, редуктор, понижающий давление до величин, обеспечивающих плавную регулировку расхода, индикатор расхода (ротаметр) со встроенным запорным вентилем. Также имеется трехходовой кран для переключения кюветы на продувочную магистраль для очистки и игольчатый вентиль регулирования продувки. Все детали прибора изготовлены из нержавеющей стали [2].

Измерение температуры газового потока в стальной трубе

В некоторых практических случаях для получения данных о режимах работы газодобывающей скважины необходим постоянный контроль над температурой газа, поступающего из скважины в трубу газопровода. При этом для определения режима не требуется высокой точности измерения температуры. Зачастую применение типовых термометров, устанавливаемых в защитной гильзе в газовый поток, недопустимо из-за опасности ее разрушения механическими примесями, присутствующими в газовом потоке. Простым решением является применение накладных датчиков (рис. 4), регистрирующих температуру наружной поверхности трубы, по которой возможно определять температуру газа в трубе.

Определение температуры газа в трубе, не покрытой теплоизоляционным слоем, по измерениям температуры как накладными, так и штатными датчиками имеет значительную погрешность.

При средней температуре газа около 60°C температура внешней стенки трубы достигает $37,5 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$, а температура, регистрируемая штатными датчиками, составляет $48 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$. Уменьшение этих погрешностей достигается путем установки теплоизоляции. В этом случае при средней температуре газа около 60°C температура внешней стенки трубы достигает $55,2 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$, а температура, регистрируемая штатными датчиками, составляет $56,7 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$. Наличие локальной теплоизоляции в месте установки накладного термодатчика недостаточно, поэтому требуется изолировать также соседние участки трубы, не менее чем по 700 мм с обеих сторон от места установки датчика, а толщина

теплоизоляционного слоя должна быть ≥ 40 мм (эквивалентно энергофлексу). В этом случае уменьшение теплового потока от трубопровода в атмосферу, приводит к более «плоскому» распределению температуры по радиусу трубы. Это выглядит как «расширение» зоны «теплого» газа в трубе и создаёт эффект приближения температуры накладного датчика к температуре газа в трубе. Увеличение толщины теплоизоляции трубы уменьшает погрешность в определении температуры газа, но при этом возрастают технологические сложности в изготовлении изоляционного слоя. С целью снижения тепловых потерь в месте установки датчиков необходимо изолировать их корпуса [3].

Представленные решения отечественных разработчиков являются результатами наукоемких исследований, выполненных в интересах нефтегазового комплекса и в рамках программы импортозамещения. Все описанные подходы прошли апробацию на реальных промышленных объектах и доказали работоспособность, надежность и эффективность.

Список литературы

1. Попов Е.В., Савастюк С.С., Ежов С.А., Карюк В.М., Морозов И.В. Контроль выноса песка из промысловой газовой скважины // Экспозиция. Нефть. Газ. 2017. №1 (54). С. 64-66.
2. Бойков В.Н., Выскубенко О.Б., Карюк В.М., Морозов И.В. Российский лазерный гигрометр // Экспозиция. Нефть. Газ. 2017. №2 (55). С. 62-64.
3. Карюк В.М., Мальков А.В., Бойков В.Н., Сыродеев А.С. Экспериментальное определение методической погрешности измерения температуры газового потока в стальной трубе с помощью накладных датчиков температуры // Экспозиция. Нефть. Газ. 2017. № 5 (58). С. 68-70.

Бойков Валерий Николаевич — генеральный директор,
Выскубенко Олег Борисович — ведущий научный сотрудник ООО «Галан»,
Карюк Владимир Михайлович — директор,
Морозов Иван Вениаминович — ведущий научный сотрудник ООО "Объединение БИНАР".
 Контактный телефон 8(83130) 753-53.
 E-mail: boikov@binar.ru

Группа «Кронштадт» и Национальный исследовательский центр им. Н.Е. Жуковского подписали соглашение о сотрудничестве

Группа «Кронштадт» и Национальный исследовательский центр «Институт им. Н.Е. Жуковского» подписали соглашение о сотрудничестве, целью которого является развитие беспилотных технологий как отрасли авиационной промышленности. Сотрудничество будет вестись в направлении создания нормативной базы, разработки стратегических документов, а также реализации конкретных научно-технических проектов и программ. В ближайшее время стороны согласуют план мероприятий и приступят к его осуществлению.

Оценивая перспективы рынка беспилотных авиационных систем (БАС), стороны рассматривают в качестве наиболее востребованного гражданского применения БАС выполнение авиационных работ, доставку грузов, а на более дальнем горизонте — перевозки пассажиров. Существенный прогресс, достигнутый в настоящее время отечественными предприятиями-разработчиками и производителями БАС, создал благодатную почву для возникновения гражданских беспилотников и беспилотных аппаратов государственной авиации специального назначения, что соответствует мировой тенденции.

[Http://www.kronshtadt.ru](http://www.kronshtadt.ru)