

Применение мобильного беспроводного измерительного комплекса для регистрации выноса песка из газопромысловых скважин

А.В. Колмаков

главный геолог¹

Kolmakov@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

В.П. Устинов

главный инженер Губкинского ГП²

Ustinov@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

С.С. Савастюк

ведущий геолог Губкинского ГП²

Savastyuk@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

В.М. Карюк

директор²

Karuk@binar.ru

И.В. Морозов

ведущий научный сотрудник²

Morozov@binar.ru

¹ООО «Газпром добыча Ноябрьск»,
Ноябрьск, Россия

²ООО «Объединение БИНАР», Саров, Россия

В данной публикации приведено обоснование актуальности создания мобильного телеметрического комплекса на основе беспроводных IT технологий для обеспечения оперативного контроля над процессом добычи газа. Уделяется особое внимание опасности, связанной с выносом песка из газодобывающих скважин. Предложена практическая реализация в виде мобильного комплекса мониторинга МКМ «Парус» отечественного производства, с помощью которого решается проблема регистрации выноса песка из газодобывающих скважин в масштабе реального времени. Изложены основы построения комплекса. Приведен состав комплекса.

В нефтегазодобыче одной из приоритетных задач автоматизации является обеспечение оперативного контроля режимов работы скважины на всех стадиях эксплуатации, начиная с первых этапов освоения месторождения вплоть до вывода скважин из эксплуатации. К одному из важных параметров работы скважины относится наличие в газовом потоке твёрдых фракций в виде песка. Песок, выносимый из неуплотнённых (рыхлых) пластов с продукцией скважины, может привести к серьёзным повреждениям пласта-коллектора, а также эрозионно-коррозионным повреждениям скважинного оборудования. Проблема обостряется для месторождений, которые эксплуатируются в завершающей стадии разработки.

Предотвращение опасного выноса песка из скважины производится путём установки фильтров-улавливателей, либо при помощи регулирования расхода отбираемого из нее газа: скважина должна работать на таких режимах, при которых вынос песка оставался бы в пределах, допускаемых нормами технологических служб газодобычи, но указанное выше регулирование не должно приводить к потере коммерчески выгодной производительности скважины.

Для контроля за процессом добычи газа применяется различное оборудование, начиная от самых простых, состоящих из термодатчиков и манометров, устанавливаемых непосредственно на фонтанной арматуре скважин, вплоть до систем АСУ ТП высокого уровня информатизации, включающих в себя экспертные комплексы и устройства управления работой скважин.

Технические решения по передаче данных от объектов наблюдения к системам обработки данных и принятия решений также представлены различными вариантами — от применения проводных каналов телемеханики, оптоволоконных линий связи до беспроводных каналов передачи в различных радио диапазонах, включая каналы GSM и спутниковые каналы связи.

Элементами систем АСУ ТП являются первичные датчики с различными интерфейсами, модули сопряжения, контролеры, приёмопередающие устройства, линии связи или антенно-фидерные устройства для беспроводных решений и системы электропитания всех электронных модулей. Такие системы реализуются в стационарном варианте с размещением непосредственно на каждой контролируемой скважине необходимых элементов АСУ ТП.

Для проведения газодинамических испытаний на скважинах, связанных с временной остановкой скважины, реализован иной подход. В этом случае исследования проводятся с помощью специализированных

измерительных комплексов, включающих в себя погружаемые измерительные модули. Такие измерения, в связи с их высокой стоимостью, в которую надо отнести и потери от не добытого газа, проводятся на скважинах периодически и достаточно редко.

В ряде случаев, для скважин, не имеющих стационарных систем АСУ ТП, например, в процессе их ввода в эксплуатацию после проведения буровых или ремонтных работ, при выводе на режим новых скважин или для проведения предварительного анализа работы скважин перед предполагаемым капитальным ремонтом, необходимо провести замеры приустевых параметров в течение небольшого промежутка времени — от нескольких часов до нескольких десятков дней. Для перечисленных случаев актуальной является потребность в определении наличия твёрдых фракций (песка), выносимых из скважин. Для проведения таких измерений создан МКМ «Парус» (мобильный комплекс мониторинга). Мобильность в современных приборах становится все более востребованной в современном мире. Далеко не всегда существует возможность или смысл устанавливать измерительную технику непосредственно на объекте измерений. Оснащение уже построенных объектов новейшими многофункциональными измерительными комплексами зачастую бывает нерентабельным, хотя потребность в расширенной диагностике объекта имеется всегда. Мобильность — качество измерительного прибора, которое позволяет провести измерение на объекте, когда в этом возникает необходимость.

Комплекс МКМ построен на принципах беспроводных сенсорных сетей (БСС) [1] с применением модулей системы АСОИ «Скважина» [2, 3], которая разрабатывалась для территориально распределённых объектов, не имеющих линий связи и электропитания. Область покрытия таких сетей составляет до 100 км². В своём составе АСОИ «Скважина» имеет спектр различных устройств как для измерения технологических параметров, так и обеспечивающих передачу информации по беспроводным каналам различных конфигураций.

Примером построения завершённой системы на основе БСС является Кушевская ПХГ (Россия). Каждая из 90 скважин рассматривалась как локальный объект автоматизации со своим набором регистрируемых параметров и своим комплектом модулей для регистрации первичных физических величин. На скважинах устанавливалось по четыре измерительных сенсорных модуля давления (СМД), изменяющих буферное, межколонное, затрубное давление и давление газа на выходе скважины, а также по одному сенсорному

Описаны технические средства построения двухуровневой информационной системы, приведены различные варианты его реализации, позволяющие в зависимости от решаемых задач мониторинга осуществлять телеметрию при различных составах аппаратной части комплекса, включающие в свой состав акустико-эмиссионную систему регистрации песка. Описан способ регистрации наличия песка в газовом потоке, отличающийся от аналогов выделением зоны чувствительности, приведены существующие аналоги.

Материалы и методы

Исследования выноса механических примесей на различных месторождениях.

Ключевые слова

система регистрации, мобильный комплекс, беспроводные сети, газовые скважины, датчик выноса песка, добыча газа

модулю температуры (СМТ), измеряющему температуру газа на выходе скважины. Модули для измерения давления и температуры устанавливаются на штатные места фонтанной арматуры, предусмотренные для местных манометров и термометров, поэтому установка первичных датчиков и их демонтаж после окончания испытаний не требуют выполнения сложных монтажных и сварочных работ. Не требуется прокладка кабельных линий связи и линий электропитания, поскольку все датчики имеют внутреннее батарейное питание.

В системе МКМ реализована двухуровневая схема, как наиболее адекватно отражающая схему объекта автоматизации. Первый (нижний) уровень предназначен для измерения физических величин, отражающих технологические параметры на наблюдаемой скважине, и формируется набором сенсорных модулей, состав которых определяется перечнем технологических параметров, требующих наблюдения. В состав нижнего уровня полевой части системы входят сенсорные модули измерения температуры (погружной или накладной), модули измерения давления, модули дискретных сигналов, а также, для обеспечения регистрации выноса песка — акустико-эмиссионные датчики из состава системы регистрации выноса твёрдых фракций (РВТФ) «Кадет» [4]. Определение дебита скважины во время исследований проводится на основании измерений буферного и затрубного давлений.

Второй уровень системы, тоже полевой, выполняет функции приёма и передачи данных, поступающих от сенсорных модулей через модуль сбора и связи (МСиС)

на контроллер для обработки и накопления данных. В состав верхнего уровня МСМ входят базовая станция, контроллер системы, средства накопления и обработки и визуализации данных, а также средства передачи данных на диспетчерский пункт. Визуализация возможна как непосредственно на объекте, так и на диспетчерском пункте.

Технические решения, положенные в основу системы, защищены патентами на изобретение и полезную модель [5, 6, 7]. На основе применения оборудования АСОИ «Скважина» организовано управление скважинным фондом части подземных хранилищ газа (ПХГ) в России, Беларуси и Украине с общим количеством скважинного фонда 150 единиц на основе применения 820 датчиков БСС.

Комплекс МКМ имеет гибкую адаптивную систему нижнего и верхнего полевых уровней и, в зависимости от решаемых задач, мобильный комплекс может быть реализован различными аппаратными средствами. На рис. 1 приведены различные варианты построения комплекса.

Наиболее простым вариантом является проведение измерений непосредственно на обследуемой скважине с помощью локального узла приёма данных (1), в состав которого входит наряду с модулем приёма данных и переносной компьютер. Время проведения измерений в этом случае ограничивается временем разряда аккумуляторов компьютера. Как возможный вариант — установка датчиков на скважине на несколько месяцев и периодическое считывание данных в течение короткого промежутка времени (несколько часов).

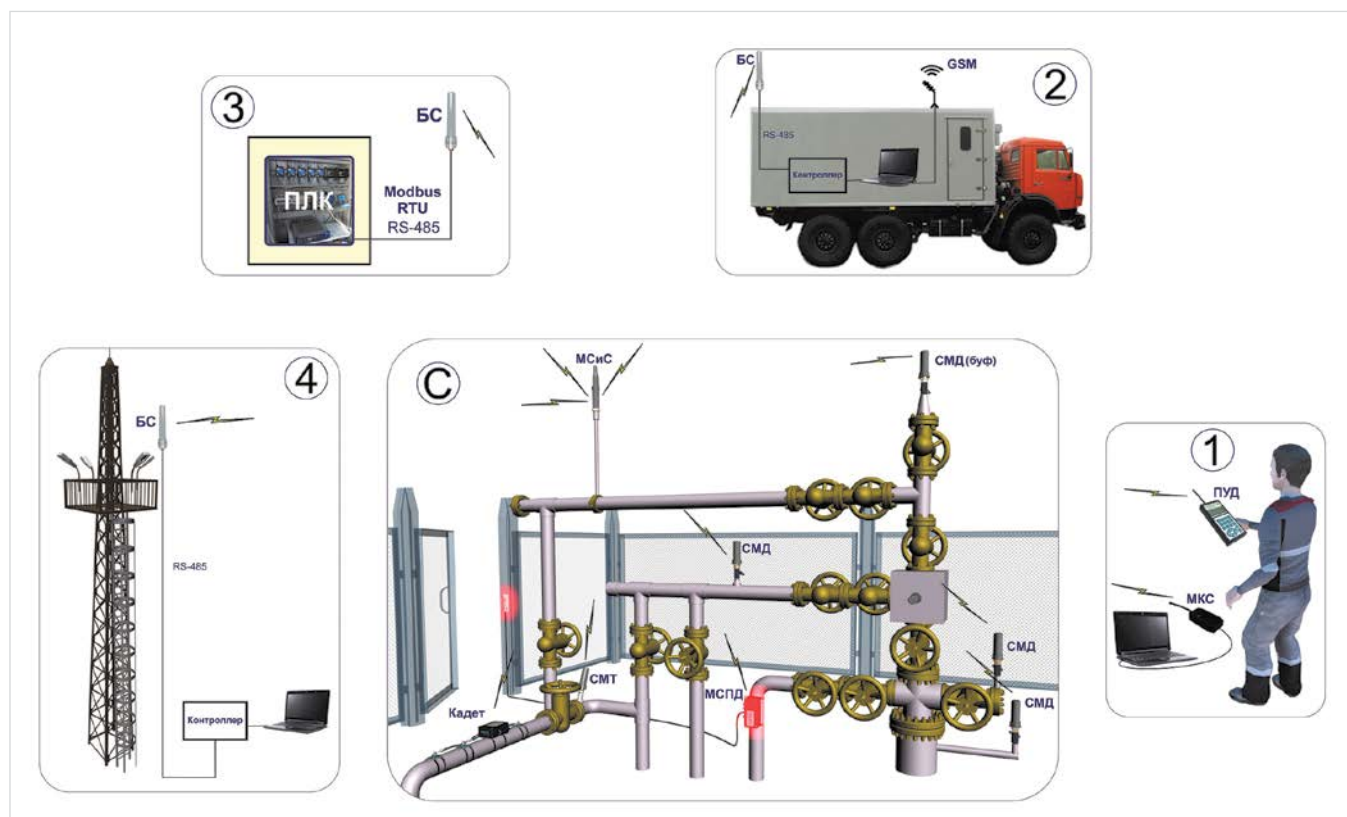


Рис. 1 — Варианты реализации мобильного комплекса.
С — Контролируемая скважина с комплектом первичных датчиков.

Варианты верхнего уровня системы МКМ: 1) Локальный узел приёма и обработки данных. 2) Передвижной регистрирующий комплект 3) Блок местной автоматики. 4) Стационарный узел приёма и обработки данных

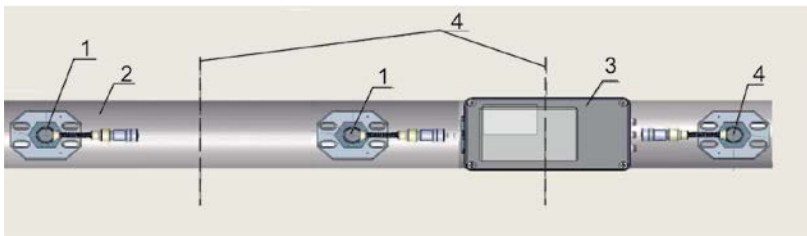


Рис. 2 — Схема установки датчиков для регистрации выноса твёрдых фракций.
1 — датчики, 2 — труба газопровода, 3 — электронный блок, 4 — зона чувствительности

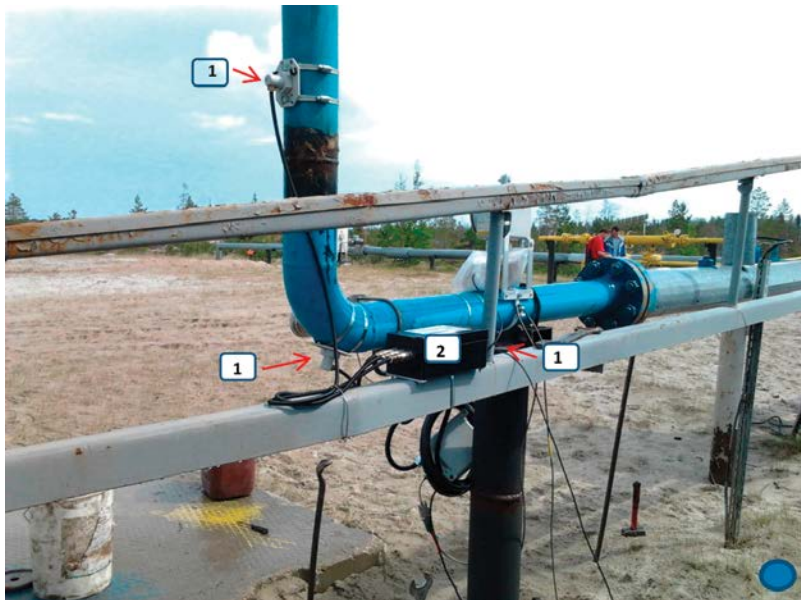


Рис. 3 — Внешний вид элементов системы КАДЕТ, установленных на трубопроводе.
1 — первичные преобразователи; 2 — электронный блок

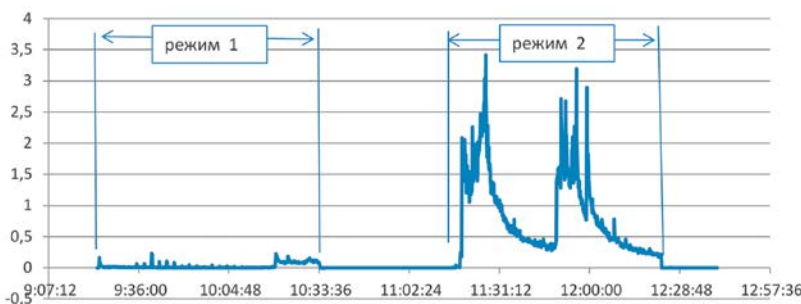


Рис. 4 — Показания системы регистрации выноса песка (тренд выноса песка)
Размерность по осям: по вертикальной — усл. ед. выноса песка; по горизонтальной — время на 26.07.2013. Дебит скважины составлял: в первом режиме 10 470 м³/час (скорость ~ 8 м/сек), во втором режиме — 15 391 м³/час (скорость ~ 12 м/сек)

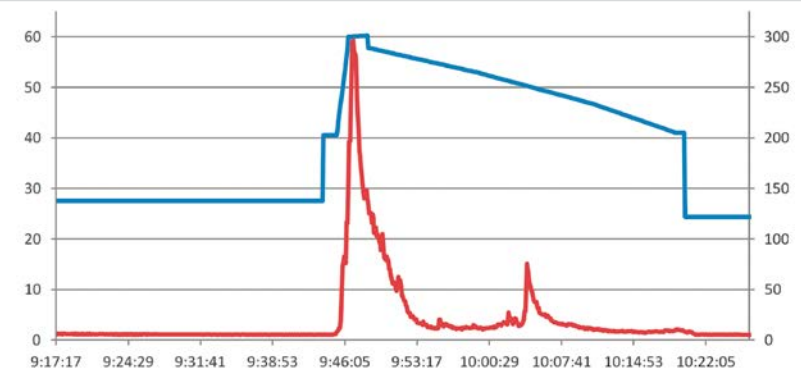


Рис. 5 — Графики регистрации дебита скважины и выноса песка (тренд выноса песка).
Размерность по осям — по горизонтальной — время на дату 13.03.2015;
• по левой вертикальной — выноса песка в условных граммах;
• по правой вертикальной дебит скважины в тыс.м³/сутки

Проведение измерений аналогичным образом возможно при размещении локального узла приёма данных в автомобиле (2). При этом автомобильно с узлом приёма данных достаточно подъезжать к скважинам на расстояние около 1 км, а, значит, с одной позиции возможно опрашивать несколько скважин.

Для обеспечения дистанционной регистрации технологических параметров работы скважины, при наличии на скважине блока местной автоматики (3), имеющего связь с диспетчерской, возможно подключение системы МКМ по интерфейсу RS-232 (485) и протоколу Modbus RTU к контроллеру местной автоматики. Передача данных в диспетчерскую в четвёртом варианте (4) осуществляется по радиоканалу непосредственно на базовую станцию, подключённую к АРМ диспетчера.

Одним из важнейших технологических параметров работы скважины является наличие в газовом потоке твёрдых фракций (песка), выносимых из скважины. Регистрация в реальном времени наличия песка в газовом потоке базируется на акустико-эмиссионном эффекте от соударения песчинок со стенками трубы. Однако такой способ регистрации обладает принципиальным недостатком — датчики реагируют на посторонние шумы, в том числе на акустические шумы от источников, не связанных с переносом песка, например, вибрации, возникающие при дресселировании на элементах запорной или ограничивающей арматуры, или шумы от посторонних источников, вплоть до атмосферных осадков. Такие шумы в реальных условиях эксплуатации скважин могут быть одного уровня с регистрируемыми полезными сигналами. В силу этого одна из основных задач, которая решается при разработке накладных датчиков/систем выноса песка, заключается в выделении информации, непосредственно связанной с наличием песка в газовом потоке из зашумленных сигналов от всех источников шумов.

Известно несколько типов накладных акустических датчиков. Это датчики «DSP-06» фирмы Clatron, датчики «Спектр-М» [8], разработанные во ВНИИГАЗе, датчики «ДСП-А», разработанные фирмой Сигма-Оптик ЛТД [9] и датчики «Кадет» [4, 5], разработанные на предприятии «Объединение Бинар».

Результаты, полученные во время испытаний различных датчиков на скважинах Увязовского подземного хранилища ООО «Газпром ПХГ», а также на скважинах Ямсовейского и Медвежьего месторождений ООО «Надымгазпром» [4] позволили включить в состав МКМ датчики системы «Кадет».

Способ расположения датчиков (рис. 2) совместно с алгоритмом обработки сигналов позволяет выделить на участке трубы определенную зону чувствительности, обозначенную как поз. 4 на рис. 2).

Наличие зоны чувствительности облегчает проблему отсева событий, не связанных с шумом песка. Регистрация сигнала, вызванного соударением песчинок, позволяет в режиме реального времени получать непрерывный тренд изменения концентрации песка в газе.

С помощью системы «Кадет» проведены исследования выноса механических примесей на семи различных месторождениях ПАО «Газпром».

На рис. 3 представлено фото установленных элементов РВТФ «Кадет» на скважине № 105.1 Вынгаяхинского ГП ООО «Газпром добыча Ноябрьск».

Испытания проводились 26.07.2013 на семи различных режимах работы скважины № 105.1. В качестве иллюстрации полученных результатов на рис. 4 приведен сигнал, соответствующий интенсивности соударений песка со стенками трубы (тренд выноса песка) для двух режимов работы скважины. Вынос песка неравномерен во времени — наблюдаются всплески выноса песка.

С ноября 2014 г. в подразделении ООО «Газпром добыча Ноябрьск» и ЗАО «Пургаз» эксплуатируется мобильный комплекс, имеющий в своём составе систему РВТФ «Кадет».

На Губкинском ГП проведен ряд исследований по определению выноса песка с забоя эксплуатационных газовых скважин. На рис. 5 представлены полученные в исследованиях скважины 115.3 временные графики дебита скважины и выноса песка.

Исследования проводились через коллектор «Надым-2М» на двух режимах. На первом режиме со средним дебитом 138 тыс. м³/сутки — вынос песка незначительный. После выхода на второй режим с начальным дебитом 301 тыс. м³/сутки отмечается всплеск выноса песка. По причине снижения пропускной способности фильтра коллектора «Надым-2М» из-за накопления в нем песка происходит снижение дебита. При дебите 250 тыс. м³/сутки вновь наблюдается всплеск выноса песка, но существенно меньшей амплитуды, затем по мере снижения дебита до 214 тыс. м³/сутки наблюдается снижение и стабилизация выноса песка.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что вынос песка является индивидуальной характеристикой для каждой скважины и нелинейно зависит от дебита скважины, при условии отсутствия в продукции скважины пластовой подошвенной воды.

Система «Кадет» является сигнализатором выноса песка и может использоваться в качестве достоверного индикатора для отслеживания в режиме реального времени, тренда интенсивности выноса механических примесей из эксплуатационных газовых скважин. Это подтверждено проведенными измерениями более чем на десяти скважинах северных месторождений.

Наряду с техническими аспектами применения МКМ «Парус» не менее важным, с точки зрения оптимизации затрат при организации работ, является оценка стоимости внедрения мобильных комплексов на объекте.

Для обоснования эффективности применения МКМ положено сравнение с традиционной энергозависимой системой телеметрии на базе контролируемых пунктов с промышленными контроллерами и передачей данных по радиоканалу. Применение мобильных систем позволяет отказаться от закупки контролируемых пунктов.

Дополнительная экономия возникает от применения МКМ в связи с отсутствием необходимости:

- сооружения блок-боксов;
- строительства линий электропередач, с процедурами оформления и согласования технических условий на подключение к внешней электросети;
- применения дополнительных аккумуляторных установок и независимых источников электропитания;
- приобретения кабельной продукции;
- сооружения эстакад и сооружений для энергоснабжения и линий связи объекта;
- проведением экспертизы проектно-сметной документации на систему телеметрии для опасных производственных объектов.

Сравнение фактических затрат показывает, что экономия от внедрения МКМ составляет порядка 65% от всего объема капитальных вложений.

Итоги

Приведены результаты исследований, которые позволяют сделать вывод о том, что вынос песка является индивидуальной характеристикой для каждой скважины и нелинейно зависит от дебита скважины.

Выводы

Внедрение мобильных комплексов позволяет оперативно и без больших материальных затрат осуществлять мониторинг работы отдельных промысловых скважин в различные периоды их эксплуатации: от вывода на режим и до вывода скважин из эксплуатации. Наличие в мобильном комплексе средств регистрации выноса песка обеспечивает контроль над процессом пескопроявления скважин в различных режимах работы.

Мобильный комплекс также может быть использован как инструмент анализа эффективности работы скважин и других технологических объектов на длительном промежутке времени.

Интеграция на информационном уровне МКМ с АСУ ТП промысла предоставляет возможность создания единой информационной базы данных по работе скважинного фонда и технологического оборудования, создает возможность организации эффективного управления газовым промыслом как единого автоматизированного технологического комплекса в реальном масштабе времени.

Разработанные решения могут быть также успешно применены для объектов добычи и транспорта газа, нефти и нефтегазоперерабатывающих заводов, химических и других производственных комплексов, имеющих территориально распределенные объекты и отсутствие развитой инфраструктуру, а также иметь применение в сфере ЖКХ и системах мониторинга строительных сооружений и промышленных объектов.

Система может применяться как в виде самостоятельного законченного изделия, так и в качестве составной части, входящей в интегрированные автоматизированные системы управления технологическими процессами за счёт открытости и совместимости со стандартными платформами и протоколами.

Список литературы

1. Карюк В.М., Диденко В.Г., Шалимов В.А. Применение беспроводных сенсорных сетей при автоматизации промышленного объекта хранения газа // Автоматизация в промышленности. 2008. №4. С. 36–39.
2. Столяров В.Е., Балавин М.А., Енгибарян А.А., Карюк В.М.. Беспроводная оперативная система сбора информации на территориально распределённых объектах // Газовая промышленность. 2009. №1(627). С. 47–51.
3. Ларцов С.В., Столяров В.Е., Карюк В.М.. Применение беспроводной оперативной системы сбора информации на территориально распределённых объектах. VIII Международная научно-техническая конференция «Перспективные технологии в средствах передачи информации», доклад, Владимир. 2009 Т. 1. С. 89–93.
4. Диденко В.Г., Ежов С.А., Карюк В.М. Система регистрации выноса песка из газовых скважин. // Экспозиция Нефть Газ. 2013. №3(28). С. 7–9.
5. Патент на изобретение № 2408868. Способ регистрации включений твёрдых фракций в газовом потоке, от 10.01.2011.
6. Патент на полезную модель № 107600. Система мониторинга технических параметров промышленных объектов, от 20.08.2011.
7. Патент на изобретение № 2430399. Беспроводная система мониторинга технических параметров промышленных объектов и способ его осуществления, от 27.09.2011.
8. Назаров С.И., Лаготский З.Н., Облеков Г.И. Система индикации твёрдых механических примесей // Газовая промышленность. 1990. №6. С.30.
9. Балавин М.А., Клименко А.Н., Жогун В.Н., Тябликов А.В., Токарев Е.Ф., Магомедов З.А. Акустический датчик-сигнализатор ДСП-А // Газовая промышленность. 2007. №1. С. 83–84.



ООО «Объединение БИНАР»
607188, Россия, Нижегородская область,
г. Саров, шоссе Южное, д.12, стр. 17А
+7 (83130) 7-53-50, 7-53-53
binar@binar.ru
www.binar.ru

The use of mobile wireless measuring system for registration the sloughing of sand from gas production wells

Authors:

Alexey V. Kolmakov — chief geologist¹; Kolmakov@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

Valeriy P. Ustinov — chief engineer of Gubkin gas production field¹; Ustinov@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

Sergey S. Savastyuk — geologist of Gubkin gas production field¹; Savastyuk@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

Vladimir M. Karuk — director²; Karuk@binar.ru

Ivan V. Morozov — researcher²; Morozov@binar.ru

¹Gazprom dobycha Noyabrsk, Noyabrsk, Russian Federation

²Binar LLC, Sarov, Russian Federation

Abstract

This publication describes the relevance of creating a mobile telemetry complex on the basis of wireless technologies to ensure the operational control of the gas production. In article was paid special attention to risks associated with sloughing of sand from the gas production wells. A practical implementation of a mobile monitoring complex "Parus" of domestic production was presented. This complex solves the problem of registration the sloughing of sand from gas production wells in real time. It were described the complex's construction and its structure. It were described the hardware of building two-level information system, shown the various options for its implementation, allowing to carry out telemetry at different structures hardware of complex, including in its structure of acoustic emission sand registration system. In this article was described registration method of sand in gas stream, which has a difference from analogues as is isolation the sensitivity zone.

Materials and methods

The mechanical impurities were researched on different gas fields.

Results

It were given research results, which allow to conclude what sloughing of sand is individual characteristic for each well and nonlinear depend on well rate.

Conclusions

Implementation of mobile complex allows effective and with low costs to conduct particular production well's monitoring in different its operation periods: from commissioning to decommissioning. If mobile complex has registration the sloughing of sand, it will provide control of ingress of sand process in well in its different operation periods. Also mobile complex can be use as analytical tool of effectiveness well's operation and other technological objects on long period its operation. Integration of mobile complex and plant floor system at the information level provides the opportunity to create a

unified information database on the well stock and technological equipment. Integration allows effective maintenance in real time of gas field as automated technological unit.

The developed solutions can be successfully used for the objects of gas production and transportation, oil and gas processing plants, chemical and other industrial complexes that have geographically distributed objects and the absence of a developed infrastructure, as well as having application in the field of housing and monitoring systems, building structures and industrial facilities.

The system can be used both as an independent finished unit and as part of the integrated automated process control system at the expense of openness and compatibility with standard platforms and protocols.

Keywords

registration system, mobile complex, wireless network, gas wells, transducer of sand sloughing, gas production

References

- Karyuk V.M., Didenko V.G., Shalimov V.A. *Primenenie besprovodnykh sensornykh setey pri avtomatizatsii promyshlennogo ob"ekta khraneniya gaza* [The use of wireless sensor networks in the automation of industrial gas storage facility]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*, 2008, issue 4, pp. 36–39.
- Stolyarov V.E., Balavin M.A., Engibaryan A.A., Karyuk V.M. *Besprovodnaya operativnaya sistema sbora informatsii na territorial'no raspredelennykh ob"ektakh* [Wireless operating system for information gathering on geographically distributed objects]. *GAS Industry of Russia*, 2009, issue 1(627), pp. 47–51.
- Lartsov S.V., Stolyarov V.E., Karyuk V.M. *Primenenie besprovodnoy operativnoy sistemy sbora informatsii na territorial'no raspredelennykh ob"ektakh* [The use of wireless operating system for information gathering on geographically distributed objects]. VIII International scientific and practical conference "Prospecting technologies in data transfer", proceeding, Vladimir, 2009, Vol. 1, pp. 89–93.
- Didenko V.G., Ezhov S.A., Karyuk V.M. *Sistema registratsii vynosa peska iz gazovykh skvazhin* [The system for registration of sand production in gas wells]. *Exposition Oil Gas*, 2013, issue 3(28), pp. 7–9.
- Invention patent № 2408868 A method of registration of inclusions solid fractions in a gas stream from 10.01.2011.
- Invention patent 107600 he monitoring system of technical parameters of industrial plants from 20.08.2011.
- Invention patent № 2430399 Wireless monitoring system of the technical parameters of industrial facilities and the method of its implementation, from 27.09.2011.
- Nazarov S.I., Lagotskiy Z.N., Oblekov G.I. *Sistema indikatsii tverdykh mekhanicheskikh primesey* [Display system of solid mechanical impurities]. *GAS Industry of Russia*, 1990, issue 6, p. 30.
- Balavin M.A., Klimenko A.N., Zhogun V.N., Tyablikov A.V., Tokarev E.F., Magomedov Z.A. *Akusticheskiy datchik-signalizator DSP-A* [The acoustic sensor-alarm DSP-A]. *GAS Industry of Russia*, 2007, issue 1, pp. 83–84.