Передвижная установка для исследования газоконденсатных месторождений

Владислав Дубинский, Татьяна Иванова

Рассматриваются проблемы создания автоматизированной системы контроля и управления передвижной исследовательской установкой. Представлены структура, основные технические характеристики и функции системы.

Задачи и особенности решения

Для эффективной эксплуатации скважин газоконденсатного месторождения необходимо периодически проводить исследования с целью получения прогноза их дебита и качества добываемого сырья. С течением времени показатели работы скважины, значения которых характеризуют перспективность её использования, могут претерпевать существенные изменения. Проведение исследований позволяет выбрать оптимальный режим работы скважины или принять решение о прекращении ее эксплуатации по причине экономической нецелесообразности.

Учитывая периодический характер исследования скважин газоконденсатных месторождений (ГКМ), а также необходимость обеспечения сбора и обработки информации о большом количестве размещённых на обширной территории объектов газодобычи, были разработаны и изготовлены несколько передвижных установок для месторождений Томской области.

Две такие установки были заказаны ОАО «Томскгазпром»: одна для обслуживания скважин Мыльджинского ГКМ, другая — Северо-Васюганского ГКМ.

Функционирование передвижной установки

Передвижная установка (рис. 1) представляет собой комплекс оборудования, обеспечивающего разделение многофазного потока, состоящего из газа, газового конденсата, воды и механических примесей, на составляющие. Сепаратор газожидкостного потока, трубопроводная арматура и датчики установлены на платформе. Рабочая станция автоматизированной системы контроля и управления (АСКУ) и шкаф с устройством ввода-вывода информации размещаются в обогреваемой будке автомобиля «Урал», который одновременно предназначен для транспортировки платформы к газоконденсатному месторождению.

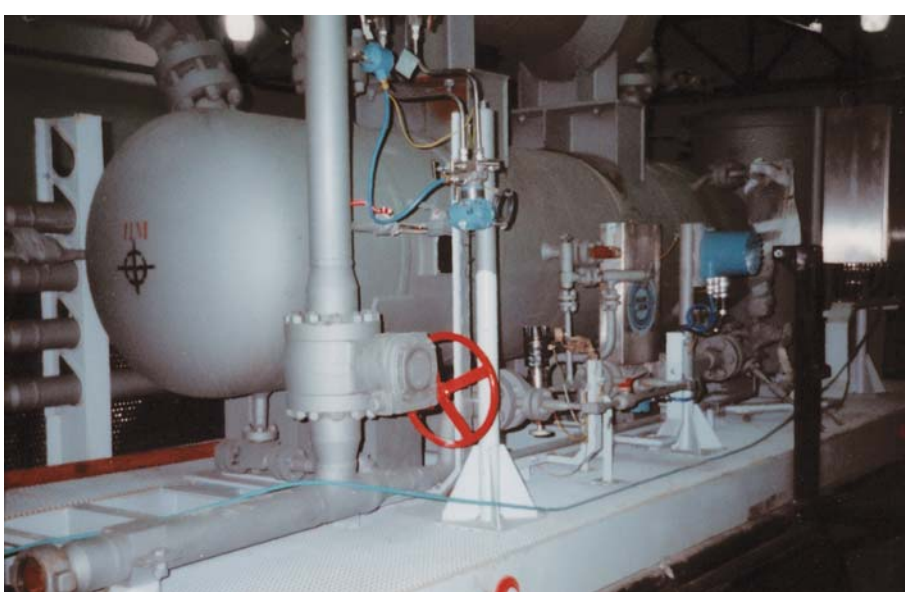


Рис. 1. Внешний вид технологический платформы с сепаратором

Проект сепарационной установки выполнен ЦКБН (г. Подольск) с учетом рекомендаций НТФ «Инкотех» по вопросам автоматизации. Фирмой DKG-EAST (Венгрия) были изготовлены две технологические платформы с сепарационными установками и доставлены на месторождение баржой, там была выполнена их стыковка с автомобилями и проведены приемочные испытания.

Для ввода установки в работу на месте исследований выполняются следующие работы:

- трубопроводы платформы соединяются с исследуемой скважиной;
- силовым кабелем платформа подключается к внешней сети ~220 В (как правило, это штатная электросеть скважины), к бортовой сети автомобиля =12 В (автомобиль «Урал» устанавливается на расстоянии не более 20 м от платформы, его аккумулятор служит источником резервного электропитания) и к точкам заземления (предусмотрено подключение контура заземления передвиж-

© 2002, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

ной установки к заземлителям через обсадные трубы скважины и через кабель электропитания 220 В на контур заземления скважины);
- сигнальным кабелем выполняется соединение датчиков платформы с устройством ввода-вывода информации;
- рабочая станция подключается к сети электропитания и соединяется информационным кабелем с устройством ввода-вывода;
- включается рабочая станция и загружается программное обеспечение АСКУ;
- выполняется калибровка интеллектуального датчика, если данные аналитического контроля компонентного состава газового потока скважины изменились с момента последнего посещения скважины (необходимость калибровки обусловлена тем, что в процессе эксплуатации скважины изменяется состав, а следовательно, и плотность газа, поэтому для обеспечения высокой точности измерения расхода газа требуется корректировать соответствующие настройки расходомера); если же компонентный состав газа скважины остался неизменным с момента последнего исследования, настроечные параметры датчика могут быть загружены из файла, сформированного в предыдущий приезд на скважину.

Режим работы установки — круглосуточный.

Назначение и функциональные возможности АСКУ

Автоматизированная система контроля и управления передвижной установкой исследования газоконденсатных месторождений разработана для повышения эффективности сбора и обработки данных о работе скважин с целью количественной оценки содержания углеводородных компонентов в газоконденсатных потоках исследуемых скважин.

АСКУ выполняет следующие функции:
- первичный сбор информации о таких параметрах скважины, как температура и давление газожидкостной смеси, расход, температура, давление, плотность и уровень конденсата, расход, температура и давление газа;
- измерение технологических параметров, коррекция расходов газа и конденсата в зависимости от состава измеряемых потоков;
- представление информации в реальном масштабе времени в виде числовых значений температуры и давления газожидкостной смеси, расхода, температуры и давления газа, расхода, температуры, плотности и уровня конденсата с указанием единиц измерения и предаварийных границ уровня конденсата;
- позиционное управление отсекателем (клапаном отсечным электромагнитным) выдачи конденсата из сепаратора в соответствии с регламентными границами;
- одновременный вывод на экран информации обо всех измеряемых параметрах в виде трендов и графиков различных цветов с возможностью изменения масштаба, в том числе и по каждому отдельному параметру;
- оповещение об отклонениях технологических параметров от регламентных значений, исполнении команды управления отсекателем на выдаче конденсата из сепаратора и архивирование данных событий;
- оповещение о выходе из строя датчиков и архивирование данных событий;
- архивирование параметров каждой из исследуемых скважин, позволяющее выполнить сравнительный анализ собранных данных за различные промежутки времени и оценить качественные характеристики исследуемых потоков;
- подготовка сменных рапортов оператора о работе скважины с указанием ежечасных усредненных значений ее параметров;
- формирование таблиц и диаграмм с характеристиками работы скважины по результатам ее исследования в течение не менее трех лет;
- создание эффективного интерфейса оператора, обеспечивающего наглядное представление технологических параметров объекта и удобство в работе;
- защита от несанкционированного вмешательства и ведение протокола, фиксирующего действия оператора при работе с системой;
- автоматическое опорожнение сепаратора в режиме останова системы при подготовке исследовательской платформы к транспортировке.

Построенная на базе современных средств микропроцессорной вычислительной техники система контроля и управления обеспечивает автоматическое выполнение перечисленных функций и не требует постоянного присутствия оперативного персонала.

Возможность формирования и просмотра базы данных со сроком хранения информации по каждой из исследуемых скважин не менее трех лет создает условия для объективного анализа перспективности эксплуатации газоконденсатного месторождения.

Комплекс технических средств

Составные части АСКУ являются законченными изделиями. С помощью сетеобразующей аппаратуры (рабочей станции, модема, кабелей, соединителей) и программного обеспечения оборудование АСКУ объединено в программно-технический комплекс.

АСКУ аппаратно реализована в виде двухуровневой системы (рис. 2).

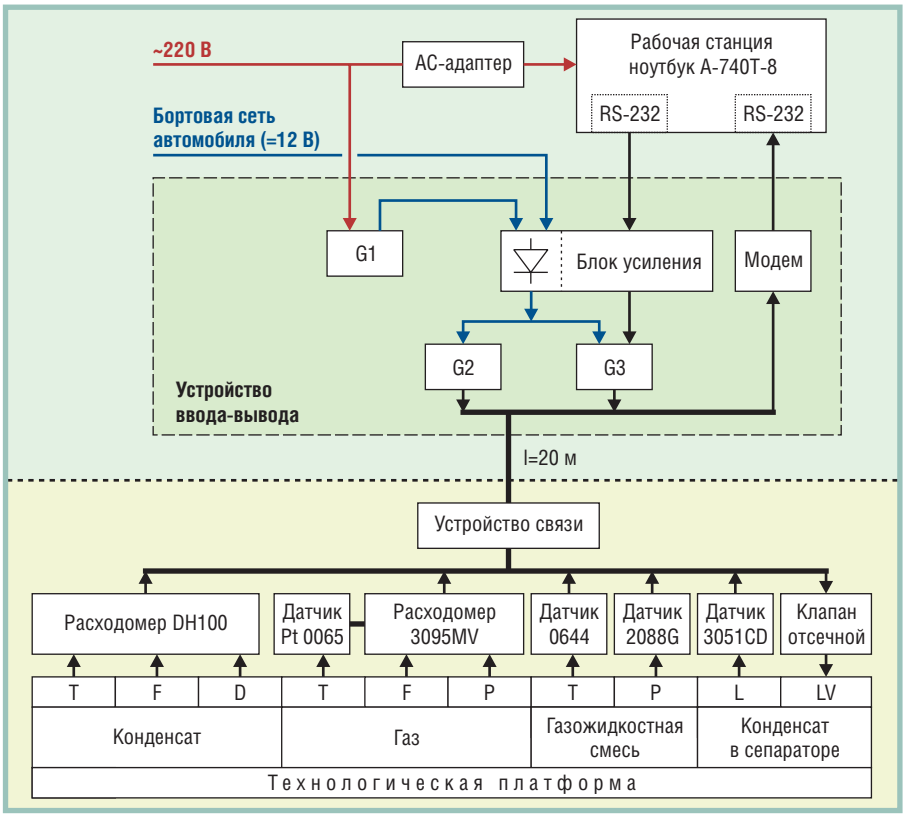
В состав аппаратуры верхнего уровня входят АРМ оператора на базе рабочей станции и устройство ввода-вывода с блоками электропитания:
- высокопрочный ноутбук A-740T-8 фирмы Mitac (Getac) для сбора, обработки и отображения информации (при выборе данного ноутбука в качестве рабочей станции основными факторами были невозможность организации стационарного рабочего места и крайне тяжелые условия эксплуатации и транспортировки: температура окружающего воздуха от –42 до +50°C, вибрация до 2g);
- устройство ввода-вывода для преобразования входных HART-сигналов от датчиков в сигналы интерфейса RS-232 (модем Bell 202), а также усиления выходного сигнала последовательного порта ноутбука для управления отсекателем (блок усиления);
- источники вторичного напряжения (фирма Artesyn):

NLP65 (G1) — для преобразования переменного напряжения 220 В в 15 В постоянного напряжения питания технических средств АСКУ (резервное питание от электросети автомобиля подключено параллельно выходу источника G1 через блокирующий диод и предохранитель, установленные на плате блока усиления),

BXA30-12S15 (G2) — для формирования напряжения 15 В питания датчиков, расположенных на технологической платформе,

BXA30-12D12 (G3) — для формирования напряжения 24 В, управляющего отсекателем.

© 2002, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru



Условные обозначения:
G1-G3 — источники вторичного напряжения фирмы Artesyn; T — температура; P — давление; F — расход; D — плотность; L — уровень; LV — команда управления отсекающим клапаном; l — максимальное расстояние между устройством ввода-вывода и технологической платформой.

Рис. 2. Структура комплекса технических средств АСКУ

Модем Bell 202 запитывается через последовательный порт ноутбука.

Конструктивно устройство ввода-вывода размещено в шкафу CONCEPT-LINE (фирма Schroff) с размерами 400×400×220 мм (рис. 3). Для повышения устойчивости к вибрации устройства закреплены на монтажной плате шкафа с использованием резиновых прокладок.

В состав оборудования нижнего уровня, кроме устройства связи, обеспечивающего гальваническую развязку цепей питания датчиков, и клапана отсечного электромагнитного, управляющего выдачей конденсата из сепаратора, входят следующие датчики:

- массовый расходомер Micro Motion с сенсором DH100 для измерения температуры, расхода и плотности конденсата;
- массовый расходомер Multivariable модели 3095M для измерения давления и расхода газа с датчиком температуры Pt0065;
- интеллектуальный датчик температуры модели 0644 для измерения температуры газожидкостной смеси;
- датчик избыточного давления модель 2088G для измерения давления газожидкостной смеси;

© 2002, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

● датчик перепада давления модели 3051CD для измерения уровня конденсата в сепараторе.



Рис. 3. Рабочая станция и шкаф устройства ввода-вывода

При выборе интеллектуальных многопараметрических датчиков учитывалась необходимость измерения расходов потоков с меняющимся составом. Преимущества многопараметрического датчика заключаются в том, что он объединяет в себе три датчика (температуры, давления, расхода) и вычислитель массового расхода в одном устройстве. Использование на передвижной установке датчиков Micro Motion и Multivariable 3095M позволило сократить количество линий связи, уменьшить число врезок в технологические линии, снизить объем технического обслуживания установки, что в условиях мобильности установки и низких температур Крайнего Севера является существенным фактором.

Применяемые массовые расходомеры позволяют использовать средства коммуникации на основе стандартного промышленного протокола HART. Этот протокол предусматривает кодировку сигнала методом частотной манипуляции, а дистанционная передача данных выполняется путем наложения высокочастотного сигнала на токовый сигнал 4-20 мА. Использование протокола HART для реализации обмена данными между датчиками установки и рабочей станцией позволило полностью отказаться от применения модулей УСО и контроллера. Это привело к снижению стоимости проекта, а также к существенному уменьшению количества технических средств, которые в условиях постоянных переездов снижают общую надежность системы.

Все датчики имеют искрозащищенное исполнение или взрывонепроницаемую оболочку, соответствующую классу B-Ia.

Информация от датчиков по экранированной витой паре и электропитание к датчикам передаются по специальному низкотемпературному кабелю между автомобилем и платформой. При выборе кабеля особое внимание было уделено требованию высокой прочности при изгибах в условиях низких температур. Стыковка кабеля с датчиками, расположенными на технологической платформе, обеспечивается посредством герметичного быстросъемного соединителя.

Электрическое питание всех средств АСКУ организовано от внешнего источника переменного напряжения 220 В. При аварийном отключении сетевого напряжения 220 В предусмотрена возможность автоматического переключения на резервное электропитание от бортовой сети =12 В автомобиля «Урал». При этом ноутбук переходит на работу от внутренних аккумуляторов. Длительность работы в автономном режиме ограничена емкостью внутренних аккумуляторов ноутбука (2-3 часа) и емкостью аккумулятора автомобиля (средний ток потребления системы управления от бортовой сети — 4 А).

Технические средства системы выбраны с учетом требования высокой живучести в сложных условиях эксплуатации. Приборы и регулирующая арматура имеют характеристики, позволяющие им функционировать при температурах до –42°С.

Переход исследовательской установки из условий транспортировки в стационарное рабочее состояние составляет не более 0,5 часа.

Интерфейс оператора

АРМ оператора предназначено для автоматизированного управления передвижной установкой во время проведения исследований скважин.

Технологическая схема передвижной исследовательской установки представлена на мнемосхеме (рис. 4), включающей информацию о контролируемых параметрах в виде текущих числовых значений с указанием проектной позиции и единиц измерения.

Для управления отсекателем предусмотрена панель управления с индикацией текущей команды, поданной на отсекатель. Управление доступно только пользователям, зарегистрированным в системе. Идентификация операторов осуществляется по паролю, который должен быть введен с клавиатуры рабочей станции.

В нижней части экрана выполняется вывод информационных, предаварийных и аварийных сообщений, а также сообщений о действиях оператора.

Аварийные и предаварийные сообщения сопровождаются звуковой сигнализацией и требуют квитирования. К предаварийным сообщениям также относятся сообщения о выходе из строя датчика или нарушении связи с



Рис. 4. Мнемосхема исследовательской установки

© 2002, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

ним. При потере связи с датчиком, кроме генерации соответствующего сообщения, система сохраняет последнее полученное от него значение параметра, но отображает его на мнемосхеме синим цветом на белом фоне.

В окне архивных сообщений возможен просмотр содержимого архива за любой промежуток времени его ведения. При этом сообщения можно отфильтровать по их типу и по имени параметра.

Для просмотра информации в графическом виде имеется окно графиков (рис. 5), в котором могут отображаться текущие или исторические данные об изменении восьми технологических параметров. Графики масштабируются по оси X (время) или Y (шкала изменения параметра).

Таблицы лабораторных анализов содержат информацию о компонентном составе потоков исследуемых скважин в числовом и графическом (диаграммы) виде с указанием даты выполнения анализа. Информация в сводной таблице автоматически обновляется при получении новых значений результатов анализов по каждой отдельной скважине.

Для завершения исследований и автоматического опорожнения сепаратора предусмотрена программа останова, выполнение которой необходимо для подготовки к транспортировке исследовательской платформы.

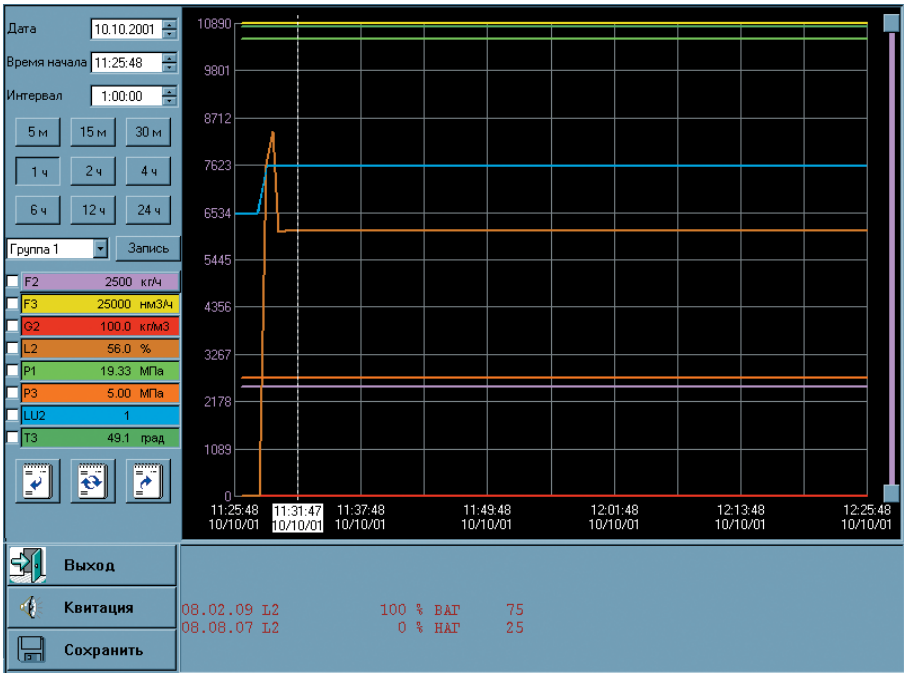


Рис. 5. Окно графиков и трендов

Программное обеспечение

В качестве системного программного обеспечения рабочей станции оператора используется операционная система Windows NT 4.0 WorkStation ServicePack 5.

В состав прикладного программного обеспечения системы входит программное обеспечение рабочей станции, программы регулирования уровня конденсата в сепараторе и завершения работы, пакет визуализации информации, а также средства ведения таблиц компонентного состава потоков скважин.

Для реализации функций АСКУ, в том числе программ управления установкой, использован SCADA-пакет ViSA 6.0, разработанный НТФ «Инкотех». Применение данного пакета позволило в кратчайшие сроки реализовать интуитивно понятный интерфейс, для работы с которым оператору не требуется каких-либо особых навыков, кроме знания процесса управления. Практический опыт показал, что уже после нескольких часов работы с системой оператор полностью ориентируется и успешно справляется со всеми функциями, а использование объемных изображений, максимально приближенных к реальному виду сепаратора, облегчает его работу.

Программное обеспечение АСКУ включает в себя несколько подсистем.

Подсистема контроля технологических параметров предназначена для ввода аналоговых сигналов в соответствии с заданным периодом опроса от датчиков расхода, температуры, плотности и уровня конденсата, расхода, температуры и давления газа, температуры и давления газожидкостной смеси.

Менеджер скважин. Эта подсистема предназначена для разделения потоков информации по каждой из скважин в отдельные области хранения архивов, а также обобщения данных, полученных за время исследования скважин (при просмотре информации, характеризующей работу скважины за продолжительный период, автоматически исключаются промежутки времени, в течение которых на скважине не проводились исследования, а также выдается дата предыдущего исследования скважины). Взаимодействие оператора с Менеджером скважин реализуется в диалоговом режиме (рис. 6), в котором доступны функции по выбору определённой скважины и изменению списка исследуемых скважин.

Подсистема управления обеспечивает поддержание уровня конденсата в сепараторе, причем оператор имеет возможность управления отсекателем только в пределах, допустимых рабочими границами уровня конденсата. При выходе уровня за регламентные границы подсистема управления получает более высокий, чем у оператора, приоритет и выполняет действия, направленные на предотвращение развития аварийной ситуации.

Подсистема сигнализации реализует функции контроля регламентных границ параметров, положения исполнительного механизма и состояния каналов связи. Работа подсистемы сигнализации сопровождается выдачей сообщений, содержащих полную информацию о событии, и звуковым сигналом, если сообщение имеет аварийный или предаварийный характер. Все сообщения подсистемы фиксируются в архивах.

Подсистема архивирования предназначена для фиксации и хранения значений технологических параметров. Выполняя архивирование данных с частотой один раз в 2 секунды и зоной нечувствительности 0,5% от шкалы прибора, подсистема обеспечивает наличие достоверных данных в сочетании с относительно небольшим объемом архивов. Кроме того, архивированию подлежат все сообщения, генерируемые АСКУ, а также ведется протокол действий оператора при работе с АСКУ.

Подсистема аналитических параметров. Для реализации таблиц лабораторных анализов использована русифицированная версия Microsoft Excel.

© 2002, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

Такой выбор был обоснован наличием у этого продукта широкого набора встроенных функций обработки данных, а также необходимостью вести архивы таблиц в стандартном формате с целью их последующего просмотра в главном офисе ОАО «Томскгазпром».

Подсистема рапортов. В качестве средства просмотра подсистема использует ActiveX-компонент — окно Internet Explorer. Таким образом, рапорт оператора после сохранения представляет собой обычную html-страницу. Особенностью подсистемы рапортов является то, что рапорт представляет собой шаблон, в котором указаны запросы к данным подсистемы архивирования параметров. Такой принцип позволяет варьировать форму запросов и применять ее к уже наработанным архивным данным, чтобы оценить их в новом ракурсе.

Подсистема калибровки Engineering Assistant's представляет собой фирменное программное обеспечение для настройки интеллектуального многопараметрического датчика 3095M измерения расхода, температуры и давления газа. С помощью этого пакета выполняется коррекция измерения расхода в соответствии с компонентным составом газа.

Для последующей передачи в главный офис результатов исследований скважин месторождения или при необходимости получения распечатки вся архивная информация (графики, сообщения, рапорты, таблицы материальных потоков) может быть сохранена на дискете.

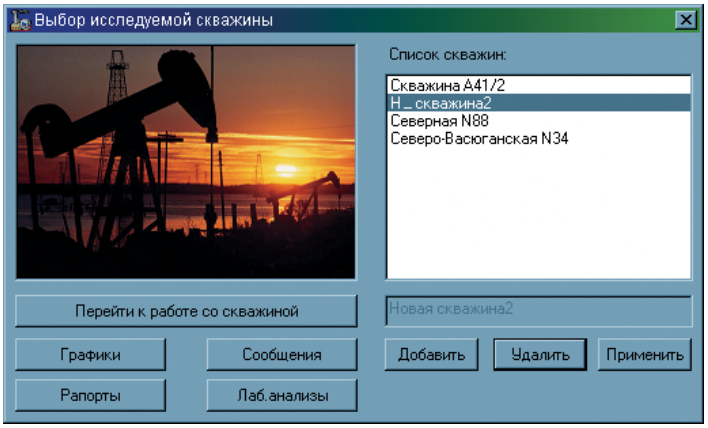


Рис. 6. Окно диалога Менеджера скважин

О безопасности

Нарушение регламентных границ технологических параметров сопровождается звуковой сигнализацией и сообщением с указанием текущего значения параметра, которое фиксируется в архиве.

При отключении внешнего энергоснабжения ~220 В обеспечивается автоматическое переключение на аккумулятор автомашины с временем переключения не более 10 мс.

В случае прекращения электропитания обеспечивается переход технологического объекта в безопасное состояние.

Технические средства системы, находящиеся под напряжением, имеют защитное заземление, в качестве которого используются естественные заземлители согласно п. 1.7.35 ПУЭ.

Напряженность постоянного или переменного (частота 50 Гц) магнитного поля составляет не более 400 А/м.

Электрические и трубные проводки КИПиА имеют соответствующую антикоррозионную защиту от внешних воздействий.

Все силовые цепи электропитания исполнительных механизмов оснащены защитой от короткого замыкания и перегрузки.

Вывод

Современные аппаратные и программные средства послужили базой для создания надежной и гибкой системы контроля и управления передвижной установкой для исследования газоконденсатных месторождений. Применение интеллектуальных устройств контроля технологических параметров позволило обеспечить на основе HART-протокола передачу данных от датчиков с минимальным количеством линий связи и одновременно отказаться от использования модулей УСО и контроллера.

В сентябре 2001 года две установки для исследования газоконденсатных месторождений прошли приемку в ОАО «Томскгазпром» и начали свою работу на скважинах. ●

Авторы — сотрудники научно-технической фирмы «Инкотех»
Телефон/факс: (10 380 6452) 50-853

© 2002, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru