**Современные интеллектуальные инструменты для обеспечения качественного бурения наклонно-направленных скважин**

Булгаков А.А., Лугуманов М.Г., Иванов В.Я., Салов Е.А (ОАО НПФ «Геофизика»)

Исхаков И.А., Гибадуллин Н.З., Юмашев Р.Х., Иконников И.И.(АНК «Башнефть») г. Уфа

В последние годы в России созданы и внедряются в производство интеллектуальные инструменты, обеспечивающие контроль и документирование всего цикла строительства скважины в режиме реального времени, а главное, позволяющие управлять процессом бурения на основе надежных и точных характеристик технологических параметров бурения.

АНК «Башнефть» в результате тесного сотрудничества с научно-производственной фирмой ОАО НПФ «Геофизика» получила в свои руки несколько таких инструментов, оказывающих серьёзное влияние на технологию всех буровых работ.

В 1998г. в ОАО НПФ «Геофизика» разработана и прошла ведомственные испытания информационно-измерительная система (ИИС) контроля процесса бурения «Леуза-1», названная в честь сверхглубокой Леузинской скважины, где она проходила обкатку в процессе своего создания.

В настоящее время разработана новая модификация – станция контроля процесса бурения «Леуза-2».

Станция «Леуза-2» предназначена для непрерывного контроля и регистрации основных технологических параметров бурения. Станция включает комплект датчиков технологических параметров, табло бурильщика и рабочее место инженера-технолога или бурового мастера (рис. 1).



Рис.1.

В серийном варианте станции регистрируются 8 первичных параметров:

- вес колонны на крюке;

- крутящий момент на роторе;

- давление промывочной жидкости (ПЖ) на манифольде (на входе);

- плотность ПЖ в приемной емкости;

- уровень ПЖ в приемной емкости;

- индикатор потока ПЖ на выходе;

- расход ПЖ на входе, измеряемый электромагнитным методом;

- датчик глубины.

При необходимости станция «Леуза-2» может комплектоваться дополнительным набором датчиков, контролирующих электропроводность раствора на входе и на выходе, температуру раствора на входе и на выходе, момент на ключе, суммарное газосодержание и др., всего до 32 параметров.

Информация с первичных датчиков поступает на табло бурильщика и визуализируется на цифровых и линейных индикаторах в наглядном для бурильщика виде. В последующем вся информация после оцифровки и первичной обработки поступает в компьютер на рабочем месте мастера.

Программное обеспечение (ПО) станции «Леуза-2» состоит из двух частей: ПО регистрации технологических данных и ПО просмотра и обработки сохраненных данных.

ПО регистрации технологических данных предназначено для сбора, хранения и обработки информации, поступающей с датчиков, расположенных на буровой, и позволяет в масштабе реального времени решить следующие задачи:

прием и оперативную обработку информации от датчиков технологических параметров бурения, расположенных на буровой;

расчет вторичных параметров;

визуализацию информации на мониторе в виде диаграмм и в табличном виде;

формирование базы данных реального времени в масштабах времени, глубины и «исправленной» глубины с дальнейшим сохранением всей информации на жестком диске;

расчет и рекомендация наиболее оптимальных нагрузок;

выдачу оперативной информации на печать.

ПО просмотра и обработки сохраненных данных предназначено для последующего просмотра, анализа и интерпретации зарегистрированных данных, записанных предварительно в базу данных реального времени. По регистрируемым материалам в автоматическом режиме составляются суточные рапорта, а также рапорта по каждому долблению и по всей скважине. Рассчитываются и выдаются технико-экономические показатели бурения.

Сейчас станции «Леуза-2» надежно работают в АНК «Башнефть», ОАО «Татнефтегеофизика», ОАО «Коминефтегеофизика» и в ряде других регионов.

В АНК «Башнефть» станциями «Леуза-2» оснащены практически все буровые установки - всего 45 комплектов. С каждой буровой информация по спутниковому каналу связи поступает в диспетчерский пункт УБР, а в дальнейшем - в центр обработки информации объединения. Ведущие специалисты (геологи, технологи) не выходя из офиса, могут в реальном масштабе времени контролировать и корректировать процесс бурения на местах.



Рис.2.

Одновременно с созданием ИИС «Леуза-1» уфимские ученые-геофизики предложили нефтяникам современную станцию геолого-технологических исследований «Геотест-5».

Станция размещается в специализированном благоустроенном вагон-прицепе (рис. 2), который разделен на три отсека: аппаратурный, геологический и бытовой (рис. 3).



Рис.3.

В отличие от своих предшественников эта станция ни в чем не уступает зарубежным аналогам, кроме своей цены, которая почти на порядок ниже. Созданная на современном производстве дочернего предприятия фирмы ООО НПК «Нефтегеофизика» станция размещается на шасси прицепа или автомобиля КАМАЗ; имеет систему жизнеобеспечения европейского стандарта и оснащена высокоточной современной аналитической аппаратурой, датчиками технологических параметров, вычислительной техникой и программным обеспечением, представляющим собой комплекс аппаратно- программных средств для автоматизированного сбора, обработки и интерпретации информации о вскрываемом разрезе, в режиме реального времени, обеспечивающий безаварийный и оптимальный режим проводки скважин и высокую геологическую эффективность поисково-разведочного бурения.

Для контроля основных параметров процесса приготовления тампонажного раствора и цементирования скважин создана в 2001г. и прошла ведомственные испытания станция контроля цементирования скважин «КС-цемент». Станция монтируется на базе а/м УРАЛ, первичные преобразователи - в технологической линии. Измеряются: давление в нагнетательной линии, мгновенный расход, плотность и температура закачиваемой жидкости, уровень и плотность жидкости в осреднительной емкости, объем закачиваемого тампонажного раствора и др. с погрешностью не более 1,5%.

Промышленные образцы станции «КС-цемент» работают на буровых предприятиях АНК «Башнефть», в том числе и в Западной Сибири. Информация обрабатывается в режиме реального времени и позволяет технологам управлять качеством тампонажного раствора, предотвращая нежелательные гидроразрывы пластов, недоподъемы раствора в затрубном пространстве, исключать аварийные ситуации.

В последние годы в зарубежной и отечественной практике ведения буровых и промысловых работ получают все более широкое распространение высокоэффективные мобильные установки с использованием стальной длинномерной безмуфтовой гибкой трубы (так называемая колтюбинговая техника), предназначенные для проведения капитального ремонта и бурения нефтяных, газовых и газоконденсатных скважин, в том числе в условиях депрессии, т. е. при отрицательном перепаде давления в системе «скважина-пласт», без глушения.

Традиционная колтюбинговая установка представляет собой комплекс, смонтированный на полуприцепе с тягачом, и включает: барабан с гибкой трубой, механизм подачи трубы (инжектор), направляющую дугу («гусак»), кабину оператора с панелью управления и автономный силовой блок для обеспечения энергией барабана, инжектора и органов управления поста оператора.

КНБК имеет существенные различия, обусловленные конструктивными особенностями колтюбинговой установки, исключающей возможность вращения бурильной колонны и использования традиционых УБТ. Это обстоятельство делает невозможным бурение скважин роторным способом и требует применения гидравлических забойных двигателей.

ОАО НПФ «Геофизика», имея 30-летний опыт разработки и изготовления геофизических приборов для исследований бурящихся скважин, была привлечена нефтяной компанией «Башнефть» для создания технологии колтюбингового бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин.

Так как основной объем буровых работ планируется выполнять на облегченных растворах в условиях депрессии, АНК «Башнефть» закуплена специальная закрытая циркуляционная система с управляемой дроссельной заслонкой на выходе из скважины (производство НПО «Бурение»), которая позволяет поддерживать требуемый перепад давления в системе «скважина - пласт».

Для успешного функционирования данной циркуляционной системы и безаварийной проводки скважин крайне важен оперативный контроль всех основных параметров циркулирующей промывочной жидкости. Для этих целей специалистами ОАО НПФ «Геофизики» разработан и изготовлен наземный аппаратурно-программный комплекс по оперативному контролю за параметрами ПЖ в данной циркуляционной системе. Комплекс позволяет контролировать 16 различных параметров, таких как:

давление, плотность, расход, электропроводность и температура ПЖ на входе и выходе из скважины;

уровень и давление ПЖ в приемных и циркуляционных емкостях;

концентрация углеводородных газов в сепараторе или на факельной линии.

В состав комплекса входят:

комплект датчиков на 16 параметров;

модуль сопряжения с датчиками;

модуль управления исполнительными механизмами циркуляционной системы;

компьютер оператора по растворам со специализированным ПО;

компьютер оператора по бурению.

Информация с комплекта датчиков через модуль сопряжения поступает в компьютер оператора по растворам. Программное обеспечение работает в многооконном режиме и позволяет отобразить на экране компьютера всю информацию в цифровом или графическом виде.

Данный комплекс позволяет контролировать и оперативно корректировать тот или иной параметр, задавая наиболее оптимальные режимы вскрытия продуктивного пласта.

Для проводки боковых стволов из фонда старых скважин в ОАО НПФ "Геофизика" разработан комплекс технических средств. В этот комплекс входит инклинометрическая малогабаритная телесистема с кабельным каналом связи ОРБИ-3, которая в процессе проводки скважины позволяет измерять азимут, зенитный угол и ориентацию бурового инструмента. Наземная часть телесистемы компьютеризирована. В процессе бурения осуществляются измерения глубины по кабелю.

ОРБИ-3 работает совместно с кабельной линией связи КЛС-2М. Ввод кабеля осуществляется через уплотнительное устройство, через вертлюг.

Для осуществления точности проводки боковых стволов в фирме выпускаются серийно непрерывные инклинометры ИММН-36 и ИММН-60. Эти приборы измеряют азимут и зенитный угол в непрерывном режиме в открытом стволе, а также предназначены для ориентирования отклонителя во время остановки бурения.

Инклинометр ИММН-60 по требованию заказчика комплектуется геофизическим модулем для измерения естественной радиоактивности пород (ГК). Инклинометры имеют широкую географию применения в Волго-Урале, Западной Сибири (г. Урай, Стрежевой, Нефтеюганск, Нижневартовск) и в Калининграде.

Все выпускаемые фирмой инклинометры метрологически обеспечены поверочными установками УПИ-1, УПИ-2, УПИ1М, которые изготавливаются инженерно-производственным центром "Гео-Инком".

По техническому заданию АНК «Башнефть» разработана и находится на стадии изготовления забойная телеметрическая система с кабельным каналом связи «Надир» (рис 4). Колтюбинговая установка М40, закупаемая АНК «Башнефть» у группы компаний ФИД ( Белоруссия), дает возможность бурения скважин глубиной до 2000 м. Гибкая труба имеет диаметр 60,3 мм. Диаметр забойного двигателя 95 мм, ориентатора 92 мм, максимальный угол отклонения от оси корпуса телесистемы 3’.

В качестве линии связи создаваемой системы «Надир» используется три жилы семижильного бронированного кабеля диаметром 10,84 мм, встроенного внутри рабочей трубы.

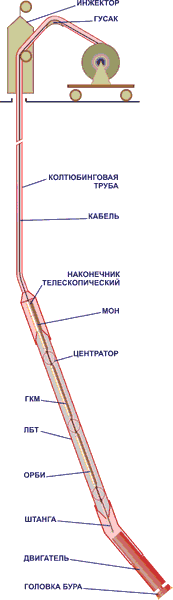


Рис.4

Телесистема размещается в немагнитной трубе, в качестве которой используется стандартная ЛБТ диаметром 90 мм.

Телесистема «Надир» предназначена для измерения инклинометрических параметров азимута и зенитного угла, положения корпуса телесистемы, естественной гамма-активности пород и давления промывочной жидкости над винтовым двигателем, а также измерения осевой нагрузки и затрубного давления при бурении с использованием колтюбинговых труб.

В своем составе телесистема включает несколько модулей:

модуль инклинометрии типа ОРБИ, который служит для измерения инклинометрических параметров азимута и зенитного угла, а также положения корпуса телесистемы относительной апсидальной плоскости (с точностью до полутора угловых градусов);

модуль гамма-каротажа и манометра внутреннего давления (ГКМ) для измерения естественной гамма-активности пород и давления промывочной жидкости перед забойным двигателем;

модуль осевой нагрузки и затрубного давления (МОН), который измеряет осевую нагрузку и внешнее давление;

телескопический наконечник;

наземный обрабатывающий комплекс, который обеспечивает питание телесистемы, прием данных со скважинного прибора, обработку, визуализацию информации и регистрацию полученных данных.

Наружные диаметры у всех скважинных приборов составляют 36 мм, общая длина - 5,5 м, что позволяет разместить их в одной ЛБТ. При этом минимальный зазор на сторону составляет 17,5 мм, что обеспечивает минимальное гидродинамическое сопротивление для промывочной жидкости.

Разность измеренных внутреннего и внешнего давлений, которое составляет 2,5 - 4,1 МПа, представляет собой перепад давления на забойном двигателе и на долоте, по которому можно судить о процессе бурения.

Канал гамма-каротажа (неколлимированного исполнения) служит для корреляции пройденных при бурении пластов и результатов геофизических исследований. При необходимости телеметрическая система может быть дополнена другими геофизическими модулями.

Кроме того, измерительные модули соединены между собой с помощью гибких центраторов, которые одновременно являются гасителями радиальных и осевых нагрузок.

Измеряемые параметры передаются в процессе бурения непрерывно, кроме азимута и зенитного угла, которые измеряются во время остановки процесса бурения.

Скважинная измерительная техника выполнена с использованием лучших отечественных и импортных компонентов, устойчивых к вибрациям и ударам и отличается повышенной надежностью.

В частности, в инклинометрах используются импортные акселерометры, рассчитанные на удары с ускорением до 6000 q.

Сцинтилляционный детектор модуля гамма-каротажа выполнен из ударо- и вибропрочного кристалла на основе германата висмута отечественного производства, который, кроме того, обладает повышенной эффективностью. Фотоэлектронный умножитель японской фирмы Hamamatsu, имеет защиту от внешних факторов в виде металлического корпуса, рассчитан на удары с ускорением до 1000 q.

Программное обеспечение включает следующие модули:

регистрации и первичной обработки инклинометрических, геофизических и технологических параметров;

визуализации и корректировки траектории скважин в реальном масштабе времени;

визуализации геофизических параметров в реальном масштабе времени;

визуализации технологических параметров в реальном масштабе времени;

построения заданной траектории скважины;

сопровождения и визуализации банка накопленных данных по скважинам.

К концу года оборудование будет поставлено АНК «Башнефть» для промышленного применения. Система «Надир» позволит буровикам вести проводку скважин колтюбинговой установкой с получением геолого-технологической и геофизической информации в режиме реального времени, оперативно управлять режимом бурения.

В настоящее время ведутся научно-исследовательские работы по созданию автономного инклинометра. Отличительной особенностью такого инклинометра должна стать конструкция скважинного прибора, способная работать в процессе бурения в различных режимах: одноточном и многоточном на скребковой проволоке с использованием спуско-подъемного оборудования, имеющегося на скважине; сбросовом, когда инклинометр сбрасывается внутрь колонны бурильных труб, а измерения выполняются по команде датчика движения или таймера во время подъема бурильной колонны; сбросовом, для замера в горизонтальных скважинах, когда доставка на забой осуществляется путем прокачки бурового раствора.

Создание такого прибора позволит выполнять: ориентирование инструмента в процессе бурения, с использованием кабельного канала связи КЛС-2М; в процессе бурения с запоминанием информации в электронной памяти (съем информации должен осуществляться во время остановки процесса бурения при помощи кабеля с "мокрым контактом"); для геофизических замеров в открытом стволе в непрерывном режиме со скоростью до 1500 м/ч; в колонне ЛБТ в режиме с локацией стальных замковых соединений.