

3. Дела скважин №№ 1013, 1017, 1124 Арчинского месторождения.
4. Сайт компании ООО «Газпромнефть-Восток». <http://pda.gazprom-neft.ru/>
5. Каталог продукции компании «Weatherford».

АНАЛИЗ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С РАЗЛИЧНЫМ КАНАЛОМ СВЯЗИ «ЗАБОЙ-УСТЬЕ»

О.Н. Ермак

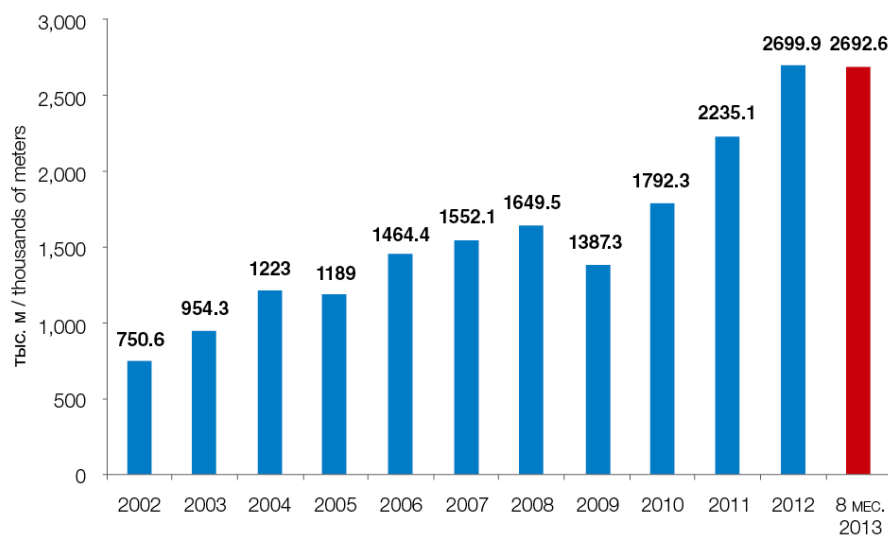
Научный руководитель: ассистент А.В. Епихин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Специфика работы основана на непосредственном участии в производственном процессе. Представленные исследования получены в ходе работы со специалистами Западной Сибири, изучении и сбора документальных и практических материалов на месторождениях Ханты-мансийского автономного округа - г. Югра.

Независимо от требуемого типа забойной телеметрической системы и видов замеров в ходе бурения, телеметрическое сопровождение скважины на нефть является всё более востребованным как при освоении любых по степени изученности месторождений. Телеметрические системы MWD (Measurement While Drilling) стали неотъемлемой частью при бурении наклонных и горизонтальных скважин, на которые приходится большая часть суммарных ежегодных нефтесервисных работ в России. На рис. 1 представлен график роста объемов горизонтального бурения в России в 2007-2012 гг., который на 80% был обеспечен двумя регионами – ХМАО и Восточной Сибирью [ЦДУ ТЭК, анализ RPI от 2014 г.].

Горизонтальное Бурение / Horizontal Drilling



Источник: ЦДУ ТЭК, анализ RPI
Source: CDO of the F&EC, RPI analysis

Рисунок 1. График динамики горизонтального бурения в России

Телеметрическая система предназначена для определения и передачи в режиме реального времени информации о процессе бурения, например, данных инклинометрии (магнитный азимут и зенитный угол) для постановки направления toolface (пер. с англ. «лицо инструмента») или другими словами определения траектории скважины. Как правило, при использовании модуля инклинометрии в компоновку низа буровой колонны (КНБК) включают модуль гамма-каротажа LWD (Logging While Drilling). Датчики данного модуля производят замеры естественной радиоактивности горной породы, разделяя геологический разрез на глинистую и неглинистую составляющие, что особенно востребовано в условиях терригенного разреза Западной Сибири. В настоящее время, при строительстве скважин в данном регионе, становится всё более актуальным проведение дополнительных исследований резистивиметрии. Это обусловлено высокой обводнёностью месторождений. В результате комплекса исследований полученные данные с забоя отображаются в виде графика, где кривые резистивиметрии позволяют определить зоны активного водообмена и выделить места притоков подземных вод в скважину.

Название MWD и LWD являются общепринятыми для всех мировых производителей забойных телеметрических систем (ЗТС). Применение данной технологии позволяет не только сократить время бурения и минимизировать интенсивность искривления ствола скважины, но и снизить экономические риски, связанные с нарушением технологии бурения. Приборы измерения и каротажа в процессе бурения обеспечивают специалистами данными, необходимыми для навигации и оценки коллекторских свойств пласта, а также информацией о параметрах бурения, температуре на забое и гамма-каротажом.

Долгое время проблемы использования телеметрических систем были связаны с поиском и выбором оптимального канала связи «забой-устье», с помощью которого информация с забоя передается на компьютер оператора. Канал связи является базисным и определяющим фактором, так как именно от него зависит компоновка, конструкция телесистем, удобство работы, информативность, надежность, а также условия прохождения сигналов. В настоящее время классификация каналов весьма широка, и представлена гидравлическим, электромагнитным, акустическим, электропроводным, сейсмическим, комбинированным.

В результате многолетних исследований и практического использования в реальных условиях бурения широкое применение нашли три канала связи:

- Электропроводный;
- Электромагнитный;
- Гидравлический.

Не смотря на это, забойные телеметрические системы с другими каналами связи не отходят на второй план. Стоит отдельно отметить, класс ЗТС с акустическим каналом связи «забой-устье». Рассматриваемые телесистемы работают по принципу создания звуковых колебаний, распространяющиеся по промывочной жидкостив створе скважине, окружающей породе или колонне бурильных труб.

Они классифицируются на три вида: сейсмические, акустомеханические, гидроакустические. Слабую изученность гидроакустического канала (ГАК) объясняется сложностью сигнала. На сегодняшний день известно, что телесистема с ГАК не использовалась в полевых условиях. Главной проблемой неосвоенности рассматриваемого типа ЗТС, заключается в трудностях связанных с разработкой низкочастотного (до 100...200 Гц) излучателя, способного эффективно возбуждать колебания внутри колонны бурильных труб в процессе бурения скважины.

Из трех видов ЗТС с акустическим каналом связи сейсмические системы применялись только для пассивного контроля координат забоя. Однако, в настоящее время фирма Schlumberger предложила передачу акустических сигналов в процессе бурения скважин (заявка на патент Великобритании № 2357527). Независимость запатентованной технологии является её характерной особенностью и заключается в использовании бурового раствора на любой из известных основ, так как акустический сигнал распространяется по трубам, и только на дневной поверхности он трансформируется в электромагнитные колебания. Устройство включает в себя полую штангу, на которой располагаются датчики, помещенную в буровую трубу и связанную с ней с помощью механических и электрических контактов [1].

По заявлению пресс-службы Роснедр от 16 января 2014 года: «Результаты сейсмической разведки северо-восточных участков Тимано-Печорской провинции позволяют сделать вывод о наличии крупных газовых запасов в данном районе» [2]. Таким образом, есть надежда на широкое применение сейсмического канала связи в будущем при исследованиях в газодобывающем секторе.

Электропроводной канал связи (ЭПКС)

Линией передачи информации служит электрический каротажный кабель, являющийся многофункциональным элементом ЗТС. Выполняет задачу троса, несущим скважинные приборы в химически- и механически агрессивной среде скважины. Кабель обладает высоким разрывным усилием (до нескольких тонн), что накладывает ряд ограничений на его характеристики, как линии связи. Ещё одним фактором, существенно сдерживающий развитие и совершенствование технологий геологического исследования скважины ГИС, является действительная скорость передачи информации современных кабелей. Диапазон их действия до 10-100 кГц, в зависимости от их длины.

Каротажные кабели классифицируются по количеству токопроводящих жил (ТПЖ) на три основных вида: одно-, трех- и семижильные. Оплеткой каротажного кабеля является стальная броня без поверхностной изоляции (для кабеля на барабане лебедки броня представляет в какой-то мере сплошной металлический монолит, для кабеля в скважине – линейный заземленный электрод). Как следствие, каротажный кабель имеет значительные потери электромагнитной энергии сигналов – на перемагничивание стальной брони электромагнитными полями токопроводящих жил и межпроводниковыми электромагнитными полями (при двухпроводной передаче сигналов), а также на потери электромагнитной энергии обратного тока в окружающей среде. С увеличением частоты тока потери возрастают и приводят к частотному ограничению импульсной пропускной способности кабеля [3].

Этот канал обладает перечнем достоинств перед всеми известными каналами связи:

- это максимально возможная информативность, быстродействие, многоканальность, помехоустойчивость, надежность связи;
- не требует мощного передатчика и забойного источника электрической энергии;
- возможность двусторонней связи; отсутствие затрат гидравлической энергии;
- возможно использование при работе с продувкой воздухом и азрированной промывочной жидкости.

К недостаткам электропроводного канала связи относятся:

- кабеля в бурильной колонне и за ней, что создает трудности при бурении;
- потеря времени при его прокладке;
- необходимость предотвращения механических повреждений кабеля; невозможность вращения колонны (неактуально при применении токосъемника, устанавливаемого под вертлюгом);
- при нахождении кабеля за колонной бурильных труб есть существенная опасность в связи с невозможностью закрытия превенторов;

- необходимость доставки (продавки) забойного модуля или контактной муфты до места стыковки (посадки) при зенитных углах более 60°, с помощью продавочного устройства (имеются варианты проложения кабеля внутри труб через вертлюг).

- Также, по заявлению инженеров по бурению в Западной Сибири ЭПКС не нашёл должного применения. Связано это с продолжительными аномально низкими температурами в зимний период.

В Ханты-мансийском АО, существует опыт применения комбинированного канала связи проводного и электромагнитного, о котором пойдёт речь далее. Такой способ работы ограничивает максимальное расстояние до 1500 метров от приёмного устройства на конце спущенного провода, который закреплён с помощью переводника в середине буровой колонны до забойной части телесистемы.

Электромагнитный канал связи (ЭМКС)

ЭМКС работает по принципу токов растекания, представляет собой электромагнитные волны между изолированным участком колонны бурильных труб и горной породой. На поверхности земли принимающее устройство фиксирует сигнал с забоя как разность потенциалов от растекания тока по породе между бурильной колонной и приемной антенной, устанавливаемой в грунт на определенном расстоянии от буровой установки.

К недостаткам ЭМКС относятся:

- дальность связи, зависящая от проводимости и перемещаемости горных пород (в низкоомных разрезах сигнал сильно шунтируется и затухает, в высокоомных - передающий диполь телесистемы электрически изолирован пластинами и сигнал проходит плохо);

- низкий уровень помехоустойчивости;
- сложность установки антенны в труднодоступных местах;
- отсутствие возможностей исследования в море и в соленосных отложениях;
- достаточно высокая сложность электронного управляющего блока.

К достоинствам ЭМКС относятся:

- меньшая требовательность к качеству бурового раствора;
- более высокая информативность по сравнению с ГКС;
- дешевизна.

Гидравлический канал связи (ГКС).

В отличие от других ЗТС, телесистема с ГКС отличается наличием в них устройства, создающего импульсы давления в потоке бурового раствора. За генерирование импульсов давления в потоке бурового раствора отвечают устройства, которые классифицируются по нескольким типам. Сигнал создаваемый этими устройствами делится на три вида: отрицательный импульс, положительный импульс или непрерывная волна.

Отрицательные импульсы — генерируются посредством создания кратковременных перепусков через боковой клапан части жидкости в затрубное пространство. Положительные импульсы создаются путём кратковременного неполного перекрытия бурового раствора подаваемого на забой. Гидравлические сигналы, генерируются с помощью электродвигателя, который вращает клапан пульсатора. Гидравлические импульсы поднимаются по столбу бурового раствора на устье скважины со скоростью около 1250 м/с, где информация закодированная различными способами декодируется и отображается в виде графиков и числовых значений, приемлемом для восприятия оператором.

Телесистемы с ГКС пользуются спросом на производстве по причинам:

- относительной простоте осуществления связи по сравнению с другими каналами связи;
- ремонтпригодность, устранение существенных неполадок без привлечения компании производителя;
- канал не нарушает (по сравнению с ЭКС) технологические операции при бурении и не зависит от геологического разреза (по сравнению с ЭМКС).

Недостатки данного канала связи:

- относительно низкая скорости передачи, как следствиенизкая информативность;
- низкая помехоустойчивость, последовательность в передаче информации;
- необходимость в источнике электрической энергии (батарея, турбогенератор);
- отбор гидравлической энергии для работы передатчика и турбогенератора или винтового забойного двигателя (ВЗД);
- невозможность работы с продувкой воздухом и аэрированными жидкостями [3].

В ходе исследования был изучен и проанализирован материал конференц-встречиинженеров MWD и LWD таких компаний как BakerHughes, GEOil&Gas, Halliburton, Phoenix Technology Services Russia, Weatherford. Целевая аудитория: инженерный состав. Главным вопросом был: «При широком спектре доступных на рынке MWD систем, как оператору не ошибиться с выбором?».

BakerHughes: В процессе работы, ведется сбор и анализ статистических данных по ключевым параметрам эффективности, так что операторы имеют очень четкое представление об отличиях, преимуществах и недостатках оборудования различных сервисных компаний. В конечном итоге, кроме конструкции и спецификаций самой системы MWD, на эффективность работы в огромной степени влияет квалификация линейного персонала сервисной компании и уровень обслуживания оборудования в ремонтных и сервисных центрах – так что, я бы рекомендовал операторам при выборе телеметрической системы так же оценивать профессиональную подготовленность персонала, затраты на обучение и повышение квалификации сотрудников,

оснащение ремонтной базы, наличие системы контроля качества обслуживания, строгое следование процедурам и политикам сервисной компании.

GE Oil&Gas: Принимая решение о покупке телеметрических MWD систем, оператору необходимо учитывать ряд факторов и эксплуатационных требований. Оператору необходимо понимать ожидаемые условия эксплуатации и выбирать оборудование, отвечающее соответствующим требованиям. Критические параметры, которые имеют значение при выборе телеметрического оборудования: максимальная температура и давление; характеристики бурового раствора; планируемые траектории скважин и их размеры; возможные осложнения при бурении, такие как зоны поглощения промывочной жидкости; концентрация H₂S и геологический профиль удельных сопротивлений. Рассмотрение этих факторов позволит выбрать правильный для конкретной области применения тип телеметрического оборудования – с гидромпульсным или электромагнитным каналом связи, фиксированной установкой или извлекаемого типа. При выборе телеметрической системы также следует рассмотреть ее совместимость с прочими компонентами КНБК, такими как Роторные Управляемые Системы и возможность компоновки забойной части телеметрической системы дополнительным КВБ оборудованием.

Halliburton: Примерно треть трудноизвлекаемых запасов относятся к карбонатным коллекторам. Рекомендуется использовать приборы акустического каротажа, такие как новая услуга ХВАТ по проведению азимутального акустического и ультразвукового каротажа и азимутальные датчики для фокусированного измерения сопротивления AFR. Для сложных в геологическом отношении пластов с сильной латеральной и вертикальной изменчивостью будет полезно использовать прибор для гамма-каротажа около долота и инклинометр (GABI™). Очень важно, чтобы сервисный инженер тесно работал с заказчиком для обеспечения правильного выбора сенсоров, что поможет принять самое действенное и эффективное решение.

Phoenix Technology Service sRussia: Прежде всего, это должна быть проверенная система, обеспечивающая качественное решение поставленных задач: точные измерения и надежную передачу данных на поверхность. Например, как телесистема MWD “P-360” компании PhoenixTechnologyServices – простая и надежная, с гарантированным ресурсом не менее 350 часов. В тоже время, кроме характеристик забойного оборудования, необходимо учитывать уровень и качество сервиса по наклонно-направленному бурению предоставляемого той или иной компанией. Уровень и качество сервиса во многом определяется подходом компании к организации бизнеса и производства в целом. Это и квалификация персонала, и качественное обслуживание оборудования, и наличие ресурсной базы, и многое другое.

Weatherford: Прямое и открытое обсуждение проекта с сервисными компаниями позволит оператору подобрать наиболее оптимальный комплекс приборов. Затем необходимо решить, каким должен быть объем требуемой информации, следует ли воспользоваться дополнительными инструментами, и будет ли это рентабельно и эффективно. Какие датчики необходимы для того, чтобы оставаться в нужном пласте и избежать лишней метров проходки? Какие приборы понадобятся для получения необходимой информации для заканчивания скважины и достижения всех поставленных целей? Каким может быть результат в случае получения дополнительной информации? Каковы потенциальные риски в случае отсутствия замеров давления при репрессии на пласт? Вот те важнейшие вопросы, которые должны быть обязательно заданы и на которые необходимо получить ответы оператора при технической поддержке и сопровождении операций сервисной компанией [4].

Исходя из вышесказанного, можно сделать ряд заключений относительно рационального подхода к выбору телеметрической системы:

1. Нецелесообразность использования ещё одного канала связи «забой-устье» - комбинированного. Он состоит из наиболее сложной компоновки по сравнению с другими типами каналов связи, что повышает риски связанные со случаями аварий в скважине и неисправности оборудования. Подразумевает расширенный комплекс мероприятий по безопасности на буровой и как следствие увеличивает время сборки компоновок, её проверку и запуск.

2. Выбор телесистемы напрямую зависит от требований заказчика к проекту. Какие данные по завершению скважины он хочет получить от компании подрядчика или от собственного инженера оператора-телеметриста. Из этого следует, что выбор телесистемы зависит от её комплексности. Но с использованием одного канала связи, который подходит по всем экономическим, геологическим и техническим параметрам, может быть не соответствие с требованиями заказчика, так как с данным каналом связи является невозможным использование необходимых приборов и датчиков в забойной части телесистемы.

3. Выбор телесистемы обусловлен географическим положением места работ, климатическими и горно-геологическими условиями. т.к. каждая из телесистем имеет особенности, которые дают преимущество в определённых геологических условиях характерных для каждой нефтегазоносной провинции, будь то территории Волго-Уральского региона или Западной и Восточной Сибири.

На основе документальных и практических материалов полученных на буровой Аганского и Краснотенинского месторождений и мнению инженеров по бурению, следует заключение, что наиболее универсальной, рациональной а главное эффективной телеметрической системой, является телесистема с гидравлическим каналом связи. Особенно это актуально при сооружении скважин с горизонтальными участками ствола, реализация которых невозможна без использования MWD и LWD. Горизонтальные скважины предполагают, что набор угла кривизны скважины выходит на 90 градусов зенитного угла, а в некоторых случаях, по условию заказчика проекта, превышает 90 градусов. Достижение подобного угла исключает возможность использования оборудования с ЭПКС, а использование ЭМКС невозможно, так как низкое удельное сопротивление горных пород Западной Сибири и изолирующие пласты соли в Волго-Уральском регионе (Оренбург, Пермь) в значительной степени затрудняют работу рассматриваемой телесистемы на данных

территориях. В обеих нефтегазоносных провинциях сигнал имеет низкую помехозащищённость. Также гидравлический канал связи обладает преимуществом при проектировании профиля, имея возможность большей удалённости от устья по сравнению с любым другим каналом связи «забой-устье».

Литература

1. Электронная библиотека Альметьевского государственного нефтяного института. Электронный ресурс/ <http://elibrary.agni-rt.ru>. Дата обращения: 4.04.2014 г.
2. Сайт pronedra.ru. Электронный ресурс/ <http://pronedra.ru/gas/2014/01/16/komi-zalezhi-gaza>. Дата обращения: 25.03.2014 г.
3. Рогачов О.К., Лышенко А.А. По-русски телеметрия, по-английски – MWD. Электронный ресурс/<http://www.sovmash.com/node/62>. Дата обращения: 1.04.2014 г.
4. Сайт журнала ROGTEC. Электронный ресурс/ http://issuu.com/rogtecmagazine/docs/issue34_lowres. Дата обращения: 15.03.2014 г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ЗОН ПОГЛОЩЕНИЯ БУРОВОГО РАСТВОРА

С.О. Жижина, А.Д. Харитонов

Научный руководитель: доцент О.А. Нечаева

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Поглощение буровых растворов - осложнение процесса строительства скважины, приводящее к значительным затратам времени и материальных ресурсов. Своевременное предупреждение или быстрое и эффективное устранение поглощений экономит много времени и средств при строительстве скважин. Поэтому вопросы, связанные с выбором методов борьбы с потерей циркуляции бурового раствора, остаются актуальными.

Основные причины поглощений – это превышение столба жидкости в скважине под действием пластового давления и характер объекта поглощения. Существует несколько классификаций типов потерь и поглощений, методов определения зон поглощений и десятки методов их профилактики и ликвидации, но тем не менее, на настоящий момент не найдено универсальной и 100% эффективной технологии борьбы с поглощениями раствора. Обычно, технология борьбы с поглощениями предусматривает постепенный переход от простого к сложному. Профилактика и борьба с поглощениями начинается с очевидных и логичных технологических мероприятий, таких как снижение плотности и вязкости раствора, уменьшение подачи насосов, ограничения скорости СПО, ввод (при необходимости) кольматирующих инертных наполнителей. В случае, если данные меры оказались малоэффективными, обычно переходят к использованию специальных приемов, реагентов и процедур, направленных на изоляцию и укрепление зоны поглощений, таких как вязко-упругие составы, цементные мосты изолирующие составы на основе водоотверждаемых флуоретановых предполимеров. А также методы последовательной закачки в пласт двух изоляционных составов, взаимодействующих с образованием закупоривающего осадка.

В поисках новой рецептуры изоляционного вещества, направленного на борьбу с поглощениями бурового раствора, изначально было принято решение использовать в качестве основы гель-раствор, который был разработан ранее на кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин». Путём изменения концентрации веществ, входящих в его состав, были получены следующие результаты (табл.1).

Первоначально полученные составы не отвечали поставленным требованиям, так как не обладали необходимыми тампонажными свойствами, однако аналитический обзор интервалов загустевания соленых растворов, дал нам понимание об отношении концентраций входящих в раствор солей, крахмала и технической воды.

Таблица 1

Рецептуры экспериментальных изоляционных составов на основе гель-раствора

№ раствора	Крахмал, %	КМЦ, %	NaOH, %	Al ₂ (SO ₄) ₃ , %	Na ₂ SiO ₃ , %	Техническая вода, %	ИККАРБ, %	T ₁	T ₂
1	4	-	1	3,5	3,5	88	-	*	45
2	4	-	1	5	5	85	-	2	15
3	3,8	-	1	4,7	4,7	82	3,8	2	12
4	-	4	1	3,5	3,5	88	-	6	35
5	3	-	1	5	7	84	-	3	12

T₁ – время гелеобразования раствора, мин

T₂ – общее время приготовления раствора, мин.

*-невозможно указать время загустевания раствора, так как реагенты вводились поэтапно.

Технология приготовления предлагаемых составов следующая: первоначально берутся все вещества и реагенты в необходимых пропорциях, смешиваются и измельчаются до состояния мелкодисперсной фазы. Затем полученная сухая смесь затворяется водой при постоянном перемешивании. В течение 3-5 минут раствор приобретает гелеобразные свойства.

Сравнивая крахмалсодержащие растворы с образцом №4 был сделан вывод, что крахмал не подлежит замене на КМЦ, так как полученная композиция растекается, не приобретает форму пластичного камня.