

При использовании АСТ в режиме “Имиджер” приборы комплекса взаимно уточняют и дополняют друг друга при выявлении дефектов колонны, а также дают возможность определять внутреннее сечение и видеоизображение внутренней поверхности колонны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Даниленко В. Н., Даниленко В. В., Кнеллер Л. Е., Потапов А. П. Магнитоимпульсная дефектоскопия-толщинометрия скважин – эффективное средство информационного обеспечения контроля технического состояния обсадных колонн // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2005. Вып. 7 (134). С. 172–185.
2. Зубарев А. П., Аментьев Е. П., Одеров В. В., Венско С. А. и др. Информативность методов диагностики технического состояния эксплуатационных скважин ПХГ // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2000. Вып. 74 (134). С. 125–127.
3. Дефектоскоп-толщиномер магнитоимпульсный сканирующий кабельный МИД-СК-100. Руководство по эксплуатации. ЗАО НПФ “ГИТАС”.
4. Терехов О. В. Применение метода отраженных волн при оценке технического состояния скважин // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2007. Вып. 8 (161). С. 56–59.
5. Терехов О. В., Стрелков В. И. Физическое моделирование по определению области применения акустического телевизора // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2008. Вып. 7 (172). С. 65–70.
6. Broding R. A. Application of the Sonic Volumetric Scan Log to Cement Evaluation // SPWLA 25th Annual Logging Symposium Transactions (1984). Paper JJ.
7. Cathignat D., Sapozhnicov, and Theillere, Y. Comparison of Acoustic Fields Radiated from Piezoceramic and Piezocomposite Focused Radiators // JASA 105 (5). May 1999. P. 2612–2617.
8. Catala G., Stowe I., and Henry D. Method for Evaluation the Quality of Cement Surrounding the Casing of a Borehole. Патент США № 4 703 427. 1987.
9. Havira R. M. Ultrasonic Cement Bond Evaluation // SPWLA 23^d Annual Logging Symposium Transactions, 1982. Paper N.
10. Strozetski B. B., Hilliker D. J., and Oliver D. W. Theoretical and Experimental Development of the Ultrasonic Diplog System // SPWLA 30th Annual Logging Symposium Transactions, 1989. Paper I.
11. Tello L. N., Molder S. D., and Holland R. M. The Fourier Transform Applied to Cased-hole Ultrasonic Scanner Measurements // SPWLA 49th Annual Logging Symposium Transactions, 2008. Paper OO.

*Рукопись рассмотрена на научно-техническом совете
ООО “Нефтегазгеофизика” и рекомендована к публикации*

УДК 550.832

А. С. Варыхалов, В. В. Рыбаков, Н. Е. Пивоварова, А. С. Мухин
ООО “Нефтегазгеофизика”

ДЕФЕКТОСКОПИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН С ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ БОЛЕЕ 10 мм АКУСТИЧЕСКИМ СКАНИРОВАНИЕМ

Представлены результаты разработки электроакустического преобразователя (метод акустического сканирования на отраженных волнах) для исследования обсадных колонн толщиной более 10 мм.

Ключевые слова: скважина, толщина колонны, электроакустический преобразователь, реверберация, акустический сканер, интерференция.

Одним из основных методов изучения технического состояния обсадных колонн нефтегазовых скважин является метод акустического сканирования. Акустический сканер-телевизор обеспечивает данные для определения толщины стенки обсадной трубы и плотности контакта трубы с цементным камнем. Интерпретация производится путем обработки данных, содержащихся в волновых картинах отражений, вызванных импульсными посылками электроакустического преобразователя, непрерывно вращающегося вокруг оси прибора. Чаще всего сканирование осуществляется методом отраженных волн на прямом луче (метод эхо-сигнала).

При облучении стальной трубы акустическим импульсом с ведущей частотой $F \approx V/2h$, (где h – толщина стенки трубы, V – скорость продольных колебаний в стали), возникает реверберация акустических колебаний. В результате сигнал отражений содержит пакет первого отражения на границе “труба – промысловая жидкость” и колебания реверберации в самой трубе. Ведущая частота последних зависит от толщины стенки трубы, а амплитуда и длительность – от плотности контакта трубы и цементного кольца. При плотном контакте реверберация минимальна, колебания имеют малую амплитуду и высокий декремент затухания.

Разработанный в 2004 г. и находящийся в эксплуатации в настоящее время сканер АСТ-1 имеет существенный недостаток, обусловленный узким диапазоном измерения толщины стенки в 6–10 мм и, следовательно, определения качества цементирования колонн, в то время

как эксплуатационные колонны на предприятиях Газпрома имеют толщину стенки до 15 мм.

Измеряемый сканером диапазон толщин обусловлен спектром излучения электроакустического преобразователя. Поскольку примененная в преобразователе отечественная пьезокерамика не позволяет получить акустический импульс с шириной спектра в диапазоне 200–600 кГц, необходимый для возбуждения колебаний реверберации в трубах с толщиной стенки от 5 до 15 мм, то для перекрытия всего диапазона толщин необходимо использовать минимум два преобразователя с разными ведущими частотами излучения. В частности, для толщин 10–15 мм необходим преобразователь с основной частотой около 300 кГц.

При переходе на низкую частоту возникли следующие проблемы:

- возрастала механическая добротность преобразователя и, соответственно, сужался спектр излучения;
- повышался уровень собственных шумов преобразователя из-за слабого затухания колебаний в демпфере, экранирующем обратное излучение.

В ООО «Нефтегазгеофизика» выполнен большой объем опытных работ по разработке электроакустических преобразователей, перекрывающих весь возможный интервал толщин (5 ... 15 мм). В результате удалось изготовить преобразователи, значительно расширившие возможности серийного акустического сканера АСТ.

Для практической реализации метода необходимы скважинный прибор, регистратор данных и программное обеспечение обработки данных. Серийный прибор АСТ непригоден для осуществления универсального сканирования колонн с любой толщиной стенки, так как у него отсутствует возможность быстрой замены сканирующей головки. Исходя из поставленной задачи разработан новый скважинный прибор, способный обеспечить весь комплекс акустического сканирования и телевидения независимо от скважинных условий. Главной отличительной особенностью этого сканера является привод с сухим присоединением сканирующих головок различного назначения (рис. 1).

Данный пример комплектации акустического сканера показывает возможности этого прибора. В зависимости от конкретных технических условий и задач исследований могут изготавливаться головки различных размеров и снабжаться различными преобразователями,

что позволяет минимизировать количество перестановок головок и, соответственно, упростить технологию каротажа.

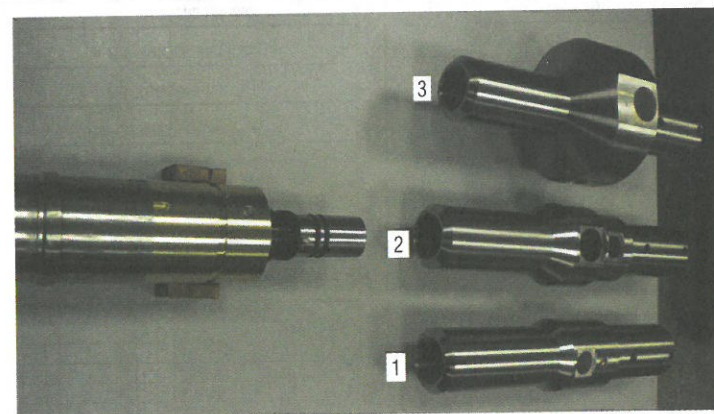


Рис. 1. Зонд прибора АСТ со сменными сканирующими головками:

1 – головка для сканирования колонн диаметром 146–168 мм с толщиной стенки до 10 мм и получения телевизионного изображения стенки (преобразователи 400 и 1000 кГц); 2 – головка для сканирования колонн диаметром 146–178 мм с толщиной стенки 5–15 мм (преобразователи 280 и 400 кГц); 3 – головка для сканирования обсадных колонн диаметром 245 мм

Для получения конкретных результатов были проведены опытно-методические работы на двух скважинах Астраханского газоконденсатного месторождения с диаметром колонн 168 и 178 мм. Проведенные исследования показали следующее:

1. С использованием модернизированного сканера возможно проведение оценки технического состояния скважин, обсаженных толстостенными трубами (толщина стенки до 15 мм). На рис. 2 показаны примеры измерения толщины колонны. На рис. 3 представлен сводный планшет обработки данных прибора USIT фирмы Schlumberger и обработка данных прибора АСТ производства ООО «Нефтегазгеофизика». На планшете USIT левая развертка показывает акустический импеданс среды за колонной, правая – распределение цемента по акустическому импедансу. На планшете АСТ представлено пространственное и усредненное распределение сцепления цемента с колонной (колонка 2) и его усредненное по всем каналам значение.

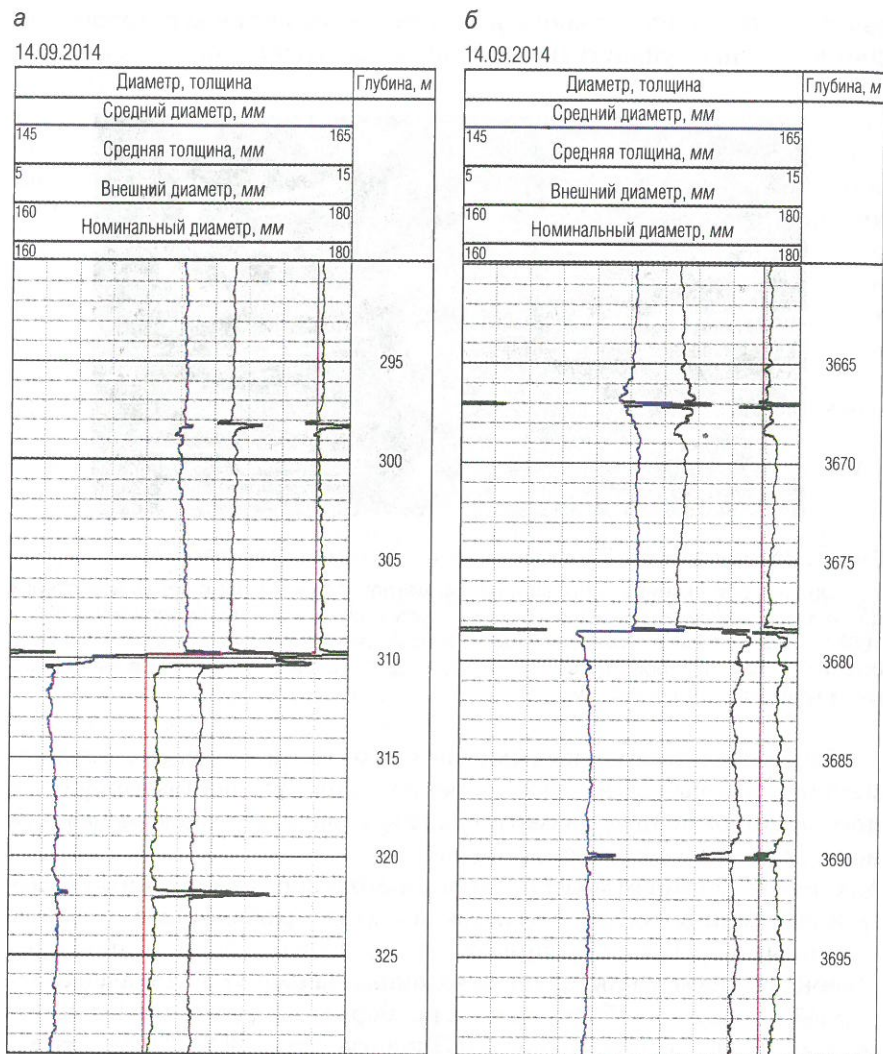


Рис. 2. На планшете слева (а) представлен переход обсадной колонны с номинального диаметра 168 мм на 178 мм; справа (б) показано изменение толщины колонны с 11,5 мм на 12,5 мм (при изменениях внутреннего диаметра и толщины отклонение рассчитанного внешнего диаметра от номинала не превышает 1 мм, что не противоречит стандарту на обсадные трубы)

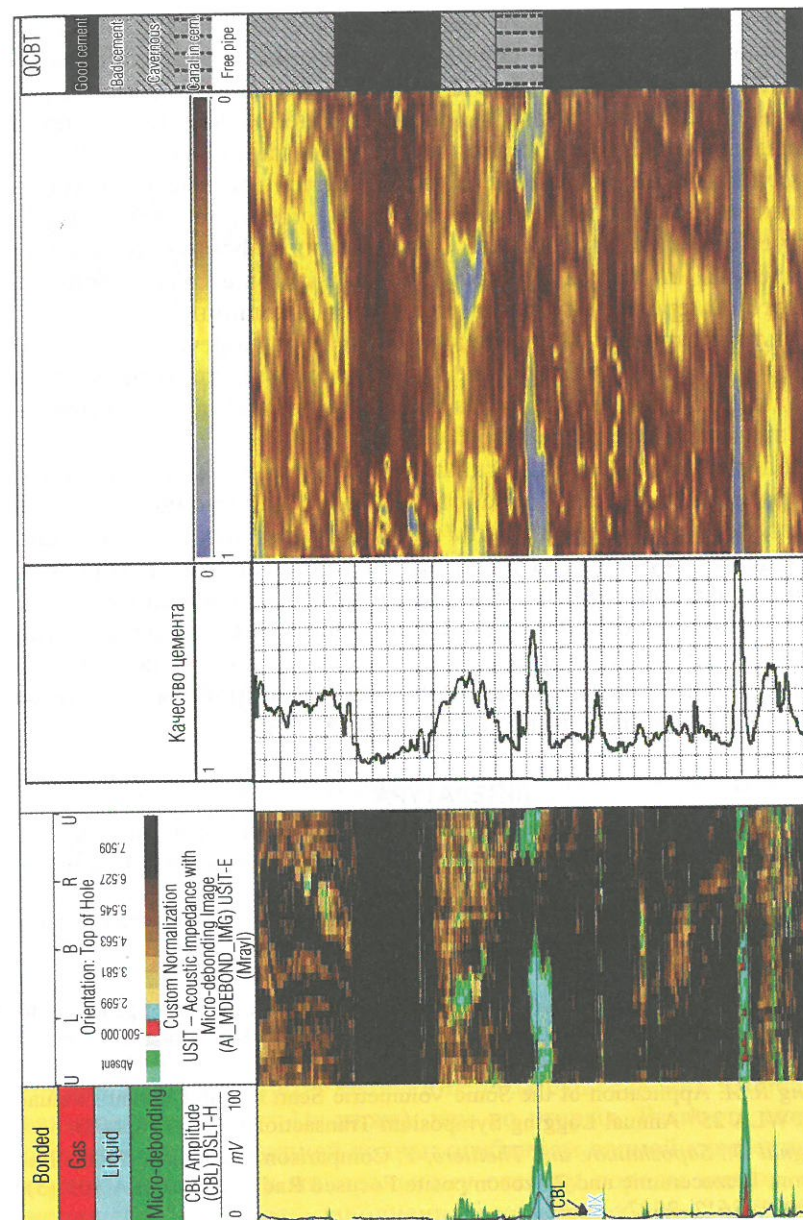


Рис. 3. Сводный планшет обработки данных прибора USIT фирмы Schlumberger и обработка данных прибора АСТ производства ООО "Нефтегазгеофизика"

На обоих планшетах свободной колонне соответствует голубой цвет, плотному контакту – коричневый. Интервалы дефектов цементирования, полученные по данным приборов, соответствуют друг другу, а различное пространственное расположение объясняется вращением приборов во время проведения каротажа.

Проведенные скважинные испытания сканера доказывают возможности его применения в скважинах глубиной свыше 4000 м. Особо следует отметить способность определения дефектов колонны на внутренней или наружной стенке, поскольку имеется возможность точного измерения внутренних радиусов и толщины.

2. Результаты скважинных исследований не противоречат априорным данным. В частности, определенные значения внешних диаметров обсадных колонн не выходят за пределы отклонений от номинальных значений, предписанных ГОСТ.
3. Методика исследований, скважинный прибор, регистратор и программные средства обработки данных достаточно просты в использовании. Полевые работы и обработка данных были успешно проведены без участия разработчиков технологии. Авторы провели проверку и анализ результатов с точки зрения реализации метода и поиска путей его совершенствования. Основываясь на результатах проведенных опытно-методических работ, можно заключить, что отечественная технология акустического сканирования пригодна для использования в производственных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новохатский М. И. Опыт применения высокочастотного акустического дефектомера в условиях подземных хранилищ газа // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2007. Вып. 9 (162). С. 117–121.
2. Терехов О. В. Применение метода отраженных волн при оценке технического состояния скважин // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2007. Вып. 8 (161). С. 56–59.
3. Терехов О. В., Стрелков В. И. Физическое моделирование по определению области применения акустического телевизора // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2008. Вып. 7 (172). С. 65–70.
4. Broding R. A. Application of the Sonic Volumetric Scan Log to Cement Evaluation // SPWLA 25th Annual Logging Symposium Transactions, 1984. Paper JJ.
5. Cathignat D., Sapozhnicov, and Theillere, Y. Comparison of Acoustic Fields Radiated from Piezoceramic and Piezocomposite Focused Radiators // JASA 105 (5). May 1999. P. 2612–2617.

6. Catala G., Stowe I., and Henry D. Method for Evaluation the Quality of Cement Surrounding the Casing of a Borehole. Патент США № 4 703 427. 1987.
7. Strozetski B. B., Hilliker D. J., and Oliver D. W. Theoretical and Experimental Development of the Ultrasonic Diplog System // SPWLA 30th Annual Logging Symposium Transactions, 1989. Paper I.
8. Havira R. M. Ultrasonic Cement Bond Evaluation // SPWLA 23^d Annual Logging Symposium Transactions, 1982. Paper N.
9. Tello L. N., Molder S. D., and Holland R. M. The Fourier Transform Applied to Cased-hole Ultrasonic Scanner Measurements // SPWLA 49th Annual Logging Symposium Transactions, 2008. Paper OO.

*Рукопись рассмотрена на научно-техническом совете
ООО "Нефтегазгеофизика" и рекомендована к публикации*

УДК 550.832

*В. Ф. Козяр, Н. В. Козяр
ООО "Нефтегазгеофизика"*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАВЕРНОВОЙ ЕМКОСТИ ПО ДАННЫМ АКУСТИЧЕСКОГО КАРОТАЖА

Выполнены оценки минимальной каверновой емкости, размеров каверн и их количеств, базирующиеся на дифракционных явлениях. Показано, что термин "каверновая емкость" различным образом трактуется в геологии и в акустике, хотя они близки друг к другу.

Ключевые слова: акустический каротаж, каверновая емкость.

Современное состояние вопроса

Общепризнано, что при равных значениях емкости кавернозных пород и пород с межзерновым типом пор скорость распространения (v) продольной упругой волны в первых существенно выше (интервальное время $\Delta t = 1/v$ ниже), чем во вторых. Разность скоростей обусловлена дифракцией волны: огибанием волной каверн по более высокоскоростному минеральному скелету породы вместо ее движения сквозь емкость, заполненную низкоскоростной жидкостью.