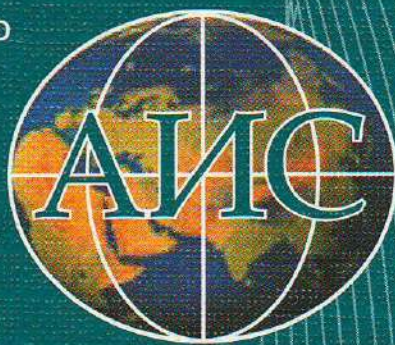


МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
И ДЕЛОВОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ
ИССЛЕДОВАНИЯМ И РАБОТАМ В СКВАЖИНАХ

ISSN 1810-5599



3

(237)



ООО НПФ «АМК ГОРИЗОНТ»

15 лет

КАРОТАЖНИК

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

ТВЕРЬ 2014

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Н. С. Березовский

Зам. гл. редактора,
научный редактор

Ю. И. Кузнецов, д. г.-м. н., проф.

Отв. редактор С. В. Ларева

Редактор И. В. Шункова

Члены редакционной коллегии:

Ю. Н. Бармаков, д. т. н., проф.

Я. Н. Басин, д. т. н., проф. (США)

А. М. Блюменцев, д. т. н., проф.

А. Ф. Боярчук, к. г.-м. н.

Р. А. Валиуллин, д. т. н., проф.

В. А. Велижанин, к. т. н.

И. Н. Гайворонский, д. т. н., проф.

С. А. Дудаев, д. т. н.

Ф. Х. Еникеева, д. т. н.

В. Ю. Зайченко, д. г.-м. н.

В. И. Иванников, д. т. н., проф.

Л. Е. Кнеллер, д. т. н., проф.

Н. Г. Козыряцкий, к. т. н.

В. Ф. Козяр, д. т. н., проф.

А. К. Коньсов, д. т. н. (Казахстан)

М. Д. Красножон, д. геол. н.

(Украина)

А. А. Кременецкий, д. г.-м. н., проф.

О. Л. Кузнецов, д. т. н., проф.

Э. Е. Лукьянов, д. т. н.

А. В. Малинин, к. г.-м. н.

Ф. П. Митрофанов, д. г.-м. н.,

проф., академик РАН

А. А. Молчанов, д. т. н., проф.

Т. Н. Нестерова, к. т. н.

Г. А. Павленко, к. т. н.

В. А. Трофимов, д. г.-м. н., проф.

В. Г. Фоменко, д. г.-м. н., проф.

Р. Т. Хаматдинов, д. т. н., проф.

М. И. Эпов, д. т. н., проф.,

академик РАН

Г. Г. Яценко, д. г.-м. н.

Издательство "АИС"

Россия, 170041, г. Тверь,
ул. Зинаиды Коноплянниковой,
д. 17, корп. 1

Лицензия ЛР № 030838

от 29 июня 1998 г.

Свидетельство ПИ № 77-36891

от 20 июля 2009 г.

Индекс Роспечати – 82015.

ISSN 1810-5599.

Подписано в печать 3.03.2014.

Формат 60/84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 10,5. Уч.-изд. л. 10,5.

Тираж 1130. Зак. № 1444.

Компьютерная верстка, макет

ООО "Издательство "Триада".

Отпечатано в ООО "Тверская
фабрика печати".

© Издательство "АИС", 2014



Научно-технический вестник

(рецензируемое издание)

Год издания двадцать третий

КАРОТАЖНИК

Выпуск 3 (237)

Посвящен 15-летию

ООО НПФ "АМК ГОРИЗОНТ"

**ТВЕРЬ
2014**

$$GZ_1 - A_1 \ 0,50 \ M \ 0,25 \ N \ 0,50 \ B_1$$

$$GZ_2 - A_2 \ 0,75 \ M \ 0,25 \ N \ 0,75 \ B_2$$

$$GZ_3 - A_3 \ 1,00 \ M \ 0,25 \ N \ 1,00 \ B_3$$

$$GZ_4 - A_4 \ 1,25 \ M \ 0,25 \ N \ 1,25 \ B_4$$

$$GZ_5 - A_5 \ 1,50 \ M \ 0,25 \ N \ 1,50 \ B_5$$

$$GZ_6 - A_6 \ 1,75 \ M \ 0,25 \ N \ 1,75 \ B_6$$

Благодаря этому существенно расширяются функциональные и методические возможности многоэлементных зондов электрического каротажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леготин Л. Г. Электрическое поле в трехслойной цилиндрической среде // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2011. Вып. 5 (203). С. 118–124.
2. Леготин Л. Г. Расчет поля в скважине для симметричного градиент-зонда с заземленными концами // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2011. Вып. 5 (203). С. 125–133.

Рукопись статьи рассмотрена на НТС АМК "ГОРИЗОНТ" и рекомендована к публикации

УДК 550.832

*Л. Г. Леготин, В. Г. Рафиков, Д. В. Крюков,
А. Г. Шакиров, Р. Х. Минияров, А. Н. Юсупов
ООО НПФ "АМК ГОРИЗОНТ"*

АКУСТИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЕМЕР ДЛЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

Рассмотрены принцип построения акустического профилемера и алгоритмы обработки измеряемой информации. На практических примерах показаны особенности применения акустического профилемера при геофизических исследованиях скважин.

Ключевые слова: скважина, диаметр, каверна, акустический профилемер, отраженный сигнал.

В настоящее время основной объем геофизических исследований горизонтальных скважин выполняется с использованием автономных комплексных приборов, спускаемых на бурильных трубах. Широкое применение получили аппаратурно-методические комплексы (АМК) «ГОРИЗОНТ», с использованием которых можно за один спуск проводить измерение в горизонтальной скважине различных методов – радиоактивного, электрического, акустического каротажа, инклинометрии, температуры и т. д.

На результаты измерений практически всех геофизических методов при исследовании скважин в той или иной степени оказывает влияние диаметр скважины. При этом в горизонтальных скважинах в процессе бурения зачастую образуются желоба сложной конфигурации в поперечном сечении скважины, а на ее нижнюю стенку из бурового раствора в виде шлама оседают разбуренные частицы породы.

Однако проблема измерения диаметра скважины в горизонтальном стволе была решена лишь в 2012 г. Связано это с рядом технических трудностей в реализации автономных каверномеров и профиломеров, спускаемых на бурильных трубах.

В автономных скважинных приборах применение традиционных рычажных профиломеров невозможно по следующим причинам:

- отсутствие канала связи между скважинным прибором и наземным оборудованием, по которому можно было бы управлять рычагами профиломера;
- высокая аварийность работ в скважине, так как любое изменение направления движения бурового инструмента может привести к поломке рычагов.

Поэтому в результате многолетних исследований был разработан принципиально иной метод определения диаметра скважины, основанный на измерении интервала времени распространения акустического сигнала между излучателем в скважинном приборе и стенкой скважины.

Принцип работы акустического профиломера показан на рис. 1. В корпусе скважинного прибора через 45° по окружности установлены восемь излучателей акустических импульсов. Акустические импульсы проходят через слой жидкости, отражаются от стенки скважины и регистрируются акустическим приемником в скважинном приборе.

В результате измеряются восемь интервалов времени распространения акустического импульса от излучателя до стенки скважины

и обратно ($T_i, i = 1, 2, \dots, 8$). Зная диаметр скважинного прибора и скорость распространения акустического сигнала в окружающей среде, для каждого датчика можно определить расстояние от оси скважинного прибора до точки отражения акустического сигнала на стенке скважины ($R_i, i = 1, 2, \dots, 8$). Для определения скорости распространения акустического сигнала в жидкости $V_{\text{ж}}$ используется еще один контрольный датчик, который измеряет интервал времени распространения акустического импульса в жидкости между двумя фиксированными расстояниями. Используя полученные данные, можно определить диаметр скважины.

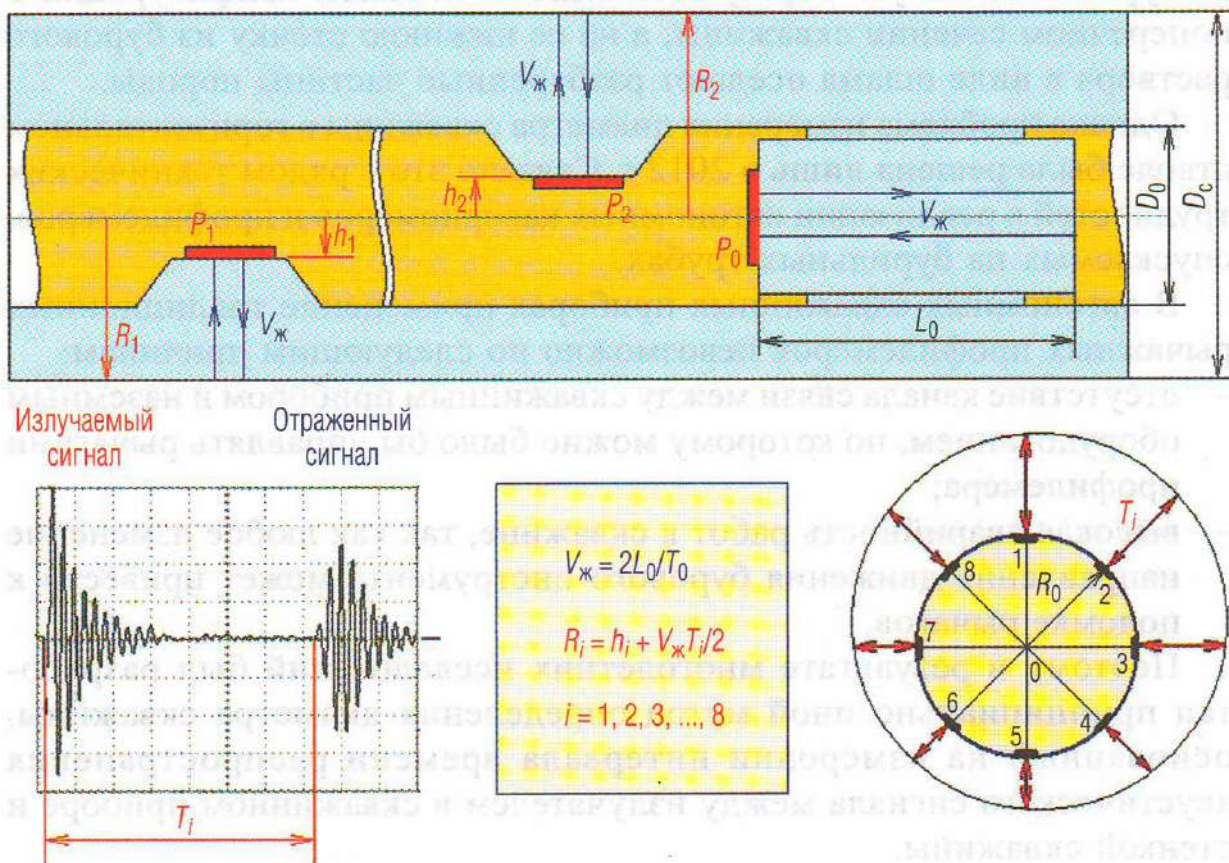


Рис. 1. Принцип работы акустического профиломера

На рис. 2 приведен фрагмент планшета, где показаны фазовые корреляционные диаграммы для четырех приемников акустических колебаний с выделенными временами прихода отраженного сигнала, а также рассчитанные значения радиусов и диаметров скважины.

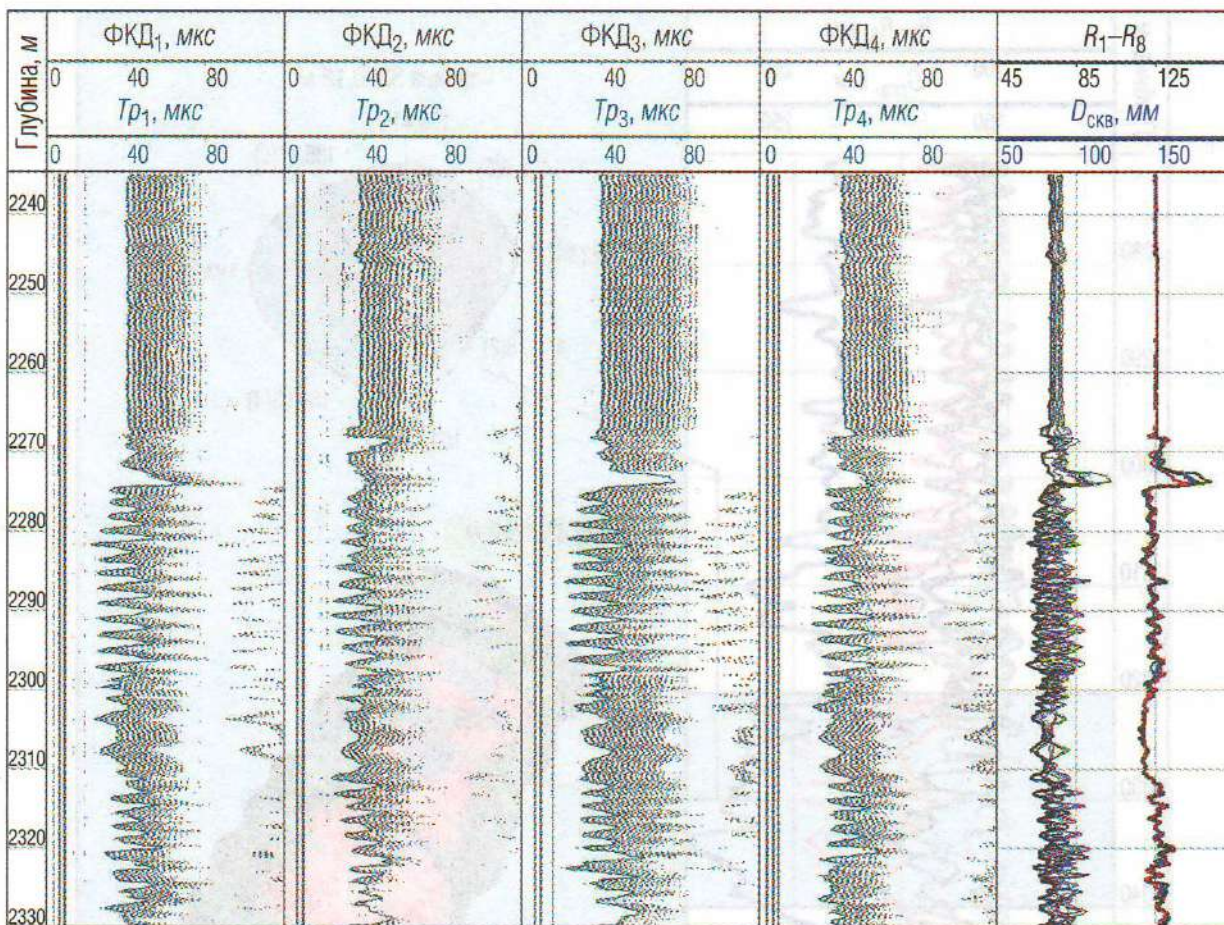


Рис. 2. Пример обработки первичной информации акустического профилемера

При исследовании вертикальных скважин рычажный профилемер на кабеле достаточно хорошо центрируется по оси скважины. В этом случае диаметр скважины вычисляется по среднему значению измеренных радиусов профилемера.

В горизонтальных скважинах ось даже центрированного скважинного прибора может существенно отклоняться от оси скважины. Часто профиль сечения скважины отличается от круглого сечения при наличии желоба и глубоких каверн, в результате чего становится неопределенным само понятие диаметра скважины. При этом измеренные значения радиусов по разным направлениям значительно отличаются, и при определении диаметра по среднему значению радиусов могут возникнуть большие погрешности (рис. 3).

Поэтому по данным профилометрии целесообразно вычислять эффективный диаметр скважины, который определяется из площади круга, равной реальной площади поперечного сечения скважины.

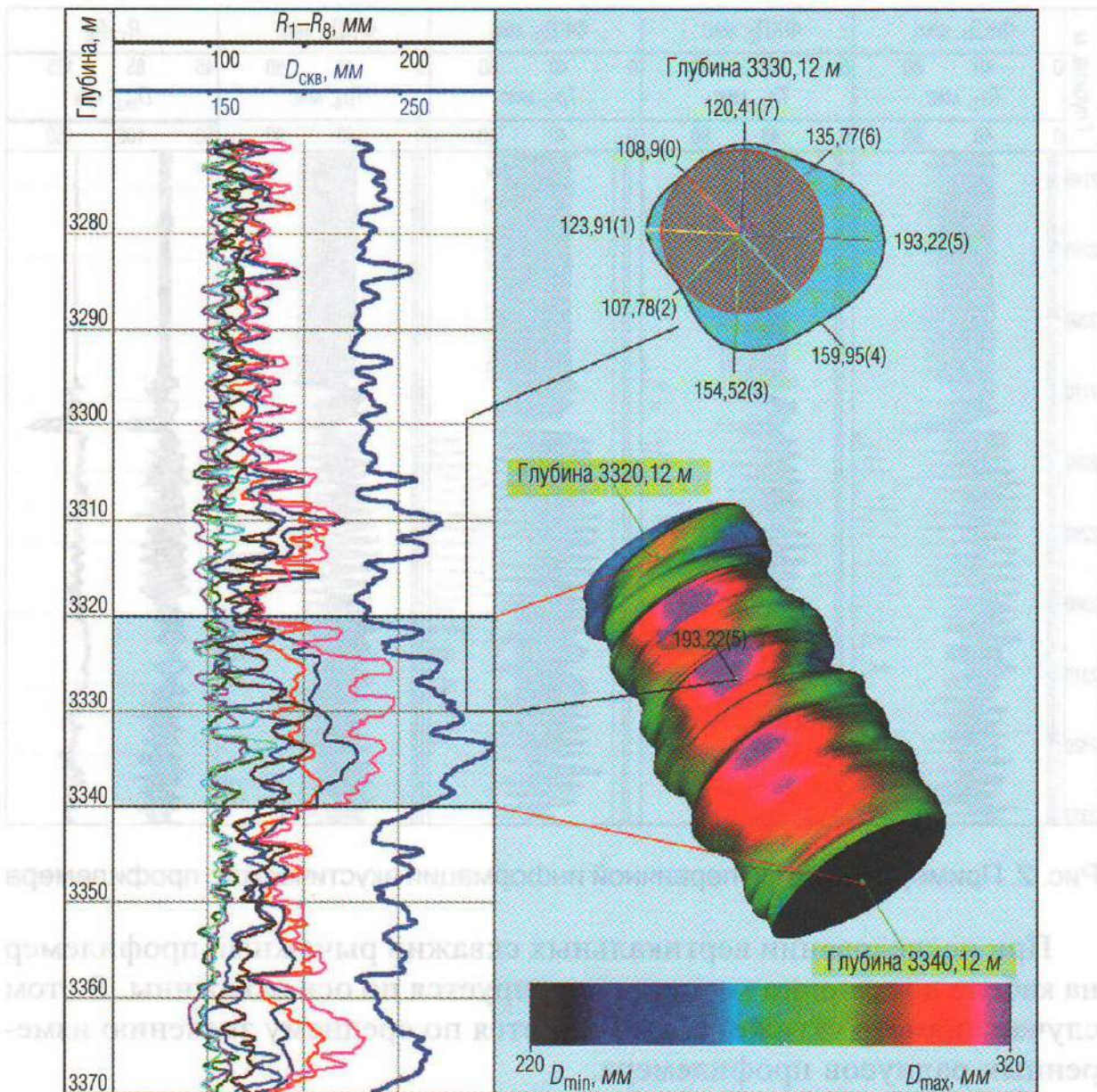


Рис. 3. Пример сложного профиля ствола скважины

Площадь поперечного сечения скважины в свою очередь определяется как сумма площадей секторов, образованных радиусами и стенкой скважины (рис. 4).

Эффективный диаметр скважины, определенный по такому алгоритму, может использоваться не только для внесения поправок за диаметр при обработке и интерпретации геофизических материалов, но и при расчете объема цемента, необходимого для закачки в скважину при установке обсадной колонны.

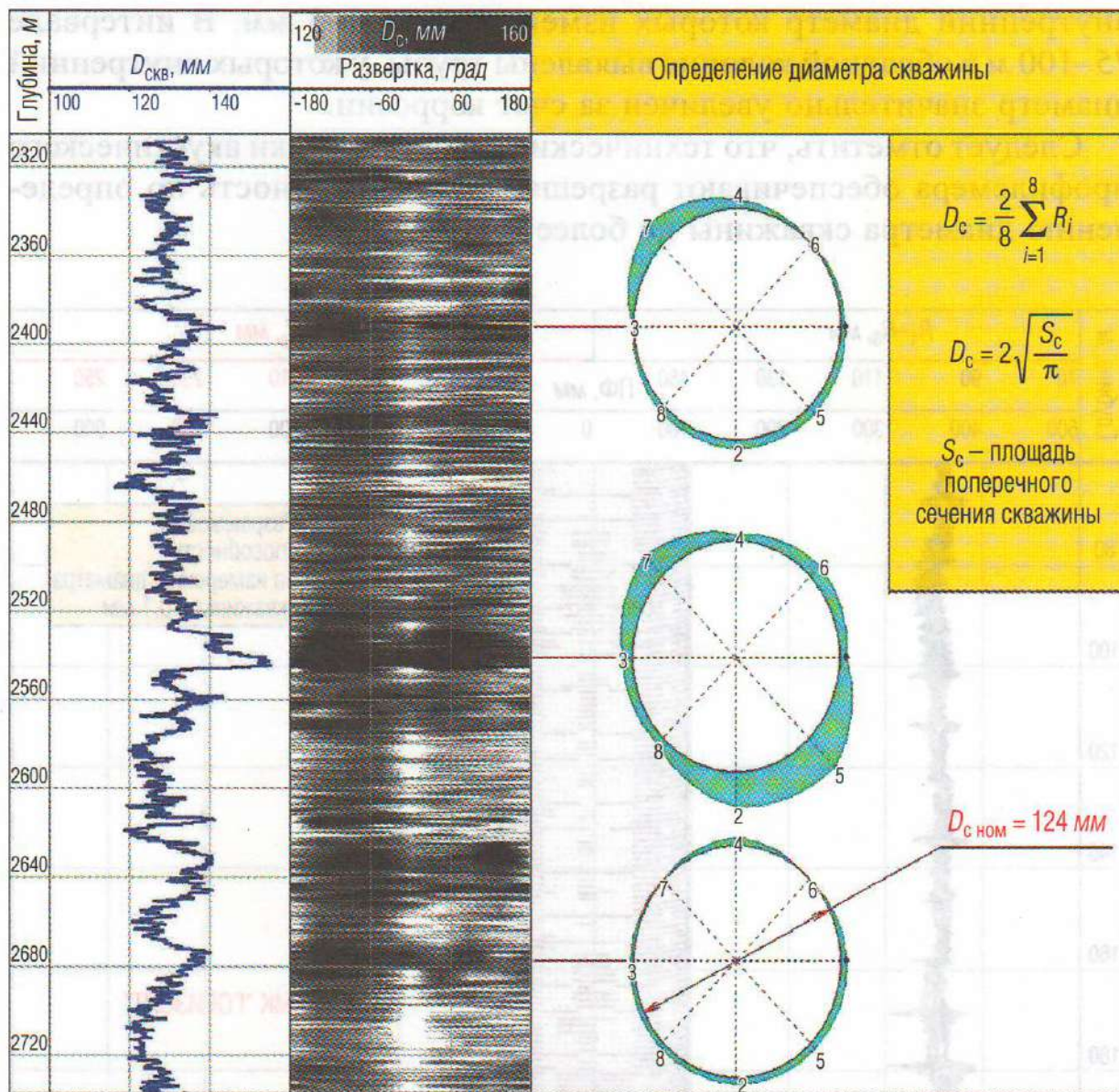


Рис. 4. Определение диаметра скважины по данным акустического профилемера

На рис. 5 приведен фрагмент записи профилемера в интервале обсаженного и открытого ствола испытательной скважины. В интервале открытого ствола ($> 200 \text{ м}$) приведены диаграммы измеренного эффективного диаметра акустического профилемера и диаметра, полученного рычажным профилемером АК ИПС. Сопоставление диаграмм показывает их достаточно хорошее совпадение.

В обсаженном стволе скважины ($< 200 \text{ м}$) по данным акустического профилемера четко выделяются отдельные трубы обсадной колонны,

внутренний диаметр которых изменяется на 1–3 мм. В интервале 75–100 м в обсадной колонне выявлены трубы, у которых внутренний диаметр значительно увеличен за счет коррозии.

Следует отметить, что технические характеристики акустического профилемера обеспечивают разрешающую способность по определению диаметра скважины не более 0,1 мм.

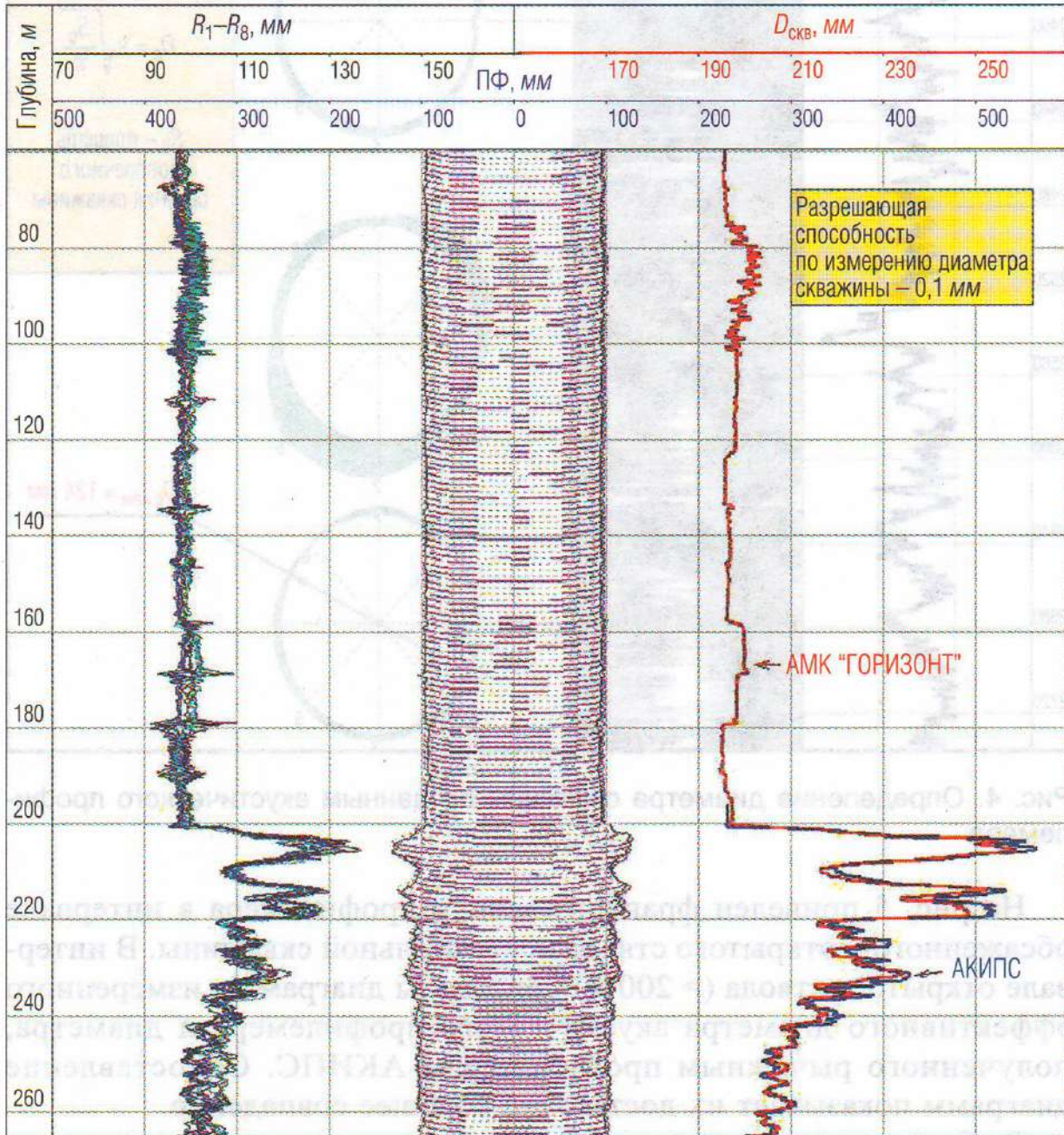


Рис. 5. Пример записи профилемера в испытательной скважине

К сожалению, в открытом стволе скважины реальная точность измерения диаметра в несколько раз хуже. Связано это с целым рядом факторов, влияющих на точность измерений. Амплитуда, направление и характер отраженного акустического сигнала сильно зависят от состояния стенки скважины. Шероховатость стенки скважины, наличие глинистой корки и шлама на ее стенке, большой диаметр скважины приводят к значительному уменьшению амплитуды отраженного сигнала. Помимо этого глубокие каверны и нарушение центровки профилемера относительно оси скважины приводят к тому, что отраженный сигнал попадает в приемник лишь частично, так как большая его часть отражается в другом направлении.

Поэтому для обеспечения более высокой точности измерений акустический профилемер должен надежно центрироваться относительно оси скважины и иметь возможность измерения и регистрации амплитуды отраженного сигнала в широком диапазоне ее изменения.

На рис. 6 приведены результаты измерения профиля скважины с номинальным диаметром 155,3 мм, пробуренной в карбонатном разрезе. По данным акустического профилемера после выхода из обсадной колонны в открытом стволе диаметр скважины имеет изрезанный характер, а развертка по окружности расстояний до стенки скважины показывает, что в горизонтальном стволе при бурении скважины образуется характерная винтовая нарезка. Это было неожиданностью для заказчика, так как считалось, что в карбонатном разрезе диаметр скважины выдержан и близок к номинальному. Видимо, данное явление связано с тем, что при измерениях рычажным профилемером в аналогичных скважинах подобного изменения диаметра не наблюдалось.

Спустя три месяца в этой же скважине после ремонтных работ по просьбе заказчика были проведены повторные измерения, в результате которых было определено положение металлического гофра и выявлено увеличение диаметра каверн на 5–7 мм в интервале 1680–1708 м. В остальном характер изменения диаметра подтвердил полученные ранее результаты. При этом как в колонне, так и в большей части открытого ствола измеренные значения диаметра скважины практически совпали, что говорит о стабильности и высокой точности измерений акустического профилемера.

Значительное изменение диаметра наблюдается почти во всех горизонтальных скважинах, где проводились измерения с акустическим профилемером.

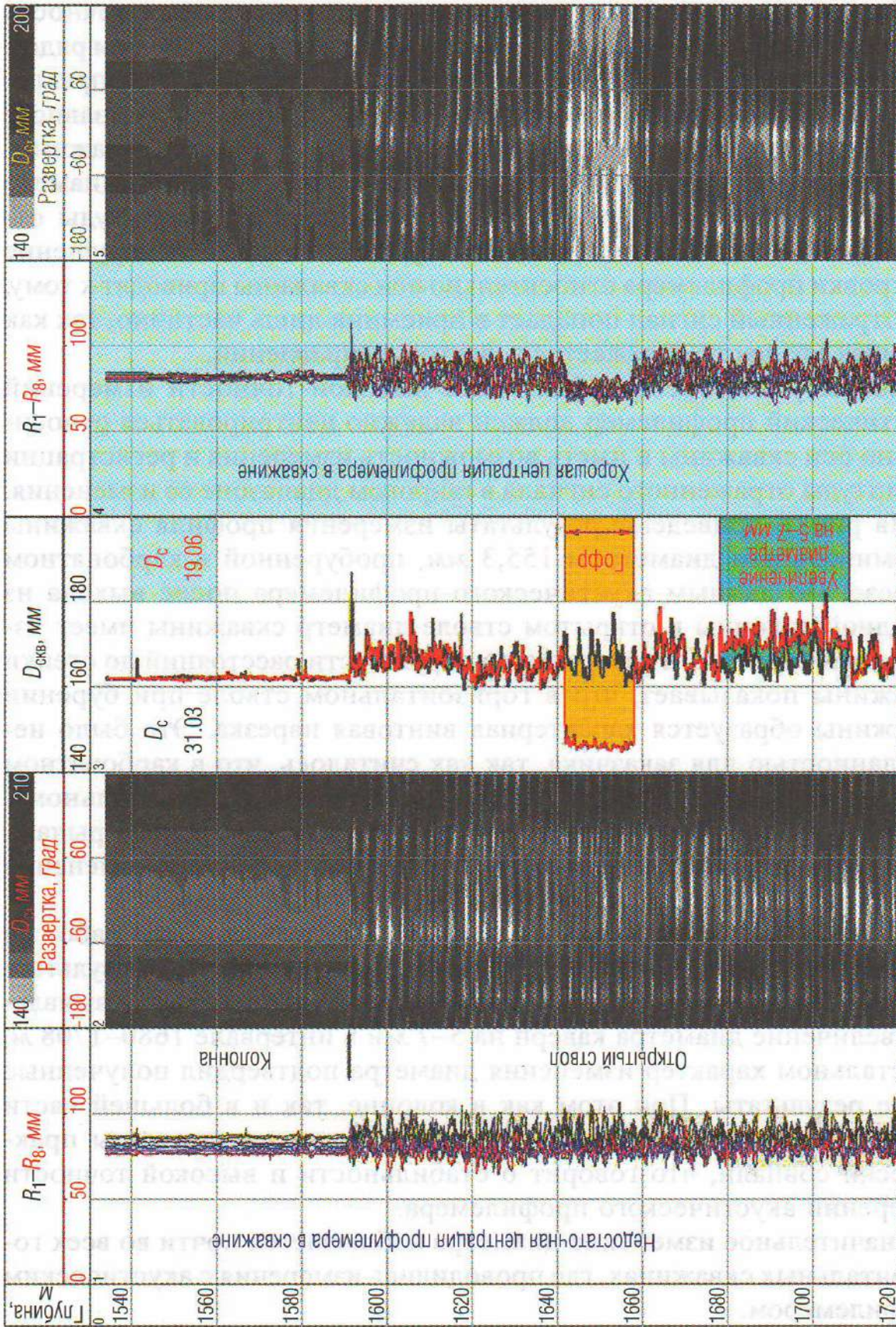


Рис. 6. Результаты повторных измерений акустическим профилемером

На рис. 7 приведены результаты исследования горизонтального ствола скважины, пробуренной в терригенном разрезе, где отчетливо видна зависимость данных измерения плотностного гамма-гамма- и нейтрон-нейтронного каротажей от изменения диаметра скважины. Такая же зависимость от диаметра имеется в данных измерения электрических и электромагнитных методов. Поэтому для повышения точности определения фильтрационно-емкостных свойств коллекторов разработаны и разрабатываются специальные алгоритмы и программы, создается новое методическое и метрологическое обеспечение, с использованием которых в результаты измерения электрических и радиоактивных методов вносятся не усредненные, а текущие поправки за диаметр скважины. Лишь после этого можно производить интерпретацию полученных материалов и определение всех параметров коллектора.

В 2012 г. в НПФ «АМК ГОРИЗОНТ» проведены приемочные испытания и получены соответствующие сертификаты на два типа акустических профилемеров: АМК «ГОРИЗОНТ-90-АП» и АМК «ГОРИЗОНТ-170-АП». Первый из них предназначен для исследования боковых стволов диаметром 120–195 мм с горизонтальным окончанием, а второй – для исследования горизонтальных скважин диаметром 216 мм.

Обе модификации аппаратуры позволяют измерять и регистрировать профиль сечения скважины по восьми направлениям в течение 20 ч непрерывного измерения, могут использоваться как самостоятельно, так и в комплексе с другими видами автономных скважинных приборов.

*Рукопись статьи рассмотрена на НТС АМК «ГОРИЗОНТ»
и рекомендована к публикации*

