

**ООО «Нефтегазгеофизика»**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО**  
по применению аппаратуры акустического каротажа АСТ-К-80

г. Тверь 2011

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАНО ООО «Нефтегазгеофизика»

Исполнители: Н. А. Смирнов, А. С. Варыхалов, А. С. Мухин,  
Н. Е. Пивоварова

2 УТВЕРЖДЕНО Генеральным директором ООО «Нефтегазгеофизика»  
Хаматдиновым Р. Т.

3 РАЗРАБОТАНО ВПЕРВЫЕ

Методическое руководство по применению аппаратуры акустического каротажа АСТ-К-80. – Тверь, ООО «Нефтегазгеофизика», 2011 г.

Даны физические основы метода, технические характеристики аппаратуры АСТ-К-80, ее устройство и методика калибровки. Изложены технологии проведения измерений в скважинах с открытым и обсаженным стволом, критерии оценки качества измерений, основные особенности программ предварительной обработки результатов измерений и критерии оценки качества полученных результатов.

Методическое руководство предназначено для инженерно-технических работников геофизических предприятий, использующих аппаратуру АСТ.

**Содержание**

|   |    |
|---|----|
| Введение  | 4  |
| 1. Принципиальные особенности аппаратуры АСТ      | 4  |
| 2. Техническая характеристика аппаратуры АСТ-К-80 | 6  |
| 3. Калибровка                                     | 10 |
| 4. Проведение каротажа                            | 11 |
| 5. Обработка данных                               | 13 |
| Заключение  | 32 |
| Список литературы                                 | 32 |

## **Введение**

Уже более трёх десятилетий в мировой геофизической практике используются методы акустического сканирования для телевизионного изображения стенки скважины (так называемые имиджеры) и оценки качества цементирования нефтяных скважин (сканеры) [1], [3]-[7]. Метод получил дополнительный толчок к развитию после появления в восьмидесятые годы XX века низкодобротной пьезокерамики и цифровой техники. Задачей акустического сканирования обсаженных скважин является уточнение результатов стандартной акустической цементометрии, а именно: выявление типа дефектов цементного камня, которые могут нарушать герметичность обсадки (продольных каналов и кольцевых зазоров). В высокоскоростных разрезах, когда скорости продольной волны по породе и волны по обсадной колонне имеют близкие значения, метод акустического сканирования становится единственным при оценке качества цементирования. Параллельно сканирование решает задачи определения технического состояния обсадной колонны (толщина стенки, внутренний профиль).

Акустическое телевидение позволяет получить изображение стенки скважины как в открытом, так и в обсаженном стволе. Его задача – определение наличия каверн, трещин, формы напластования и дефектов колонны (трещины, разрывы, перфорация).

Аппаратура АСТ-К-80 реализует методы акустического сканирования и телевидения и позволяет в полном объёме решать все перечисленные задачи.

## **1. Принципиальные особенности аппаратуры АСТ**

Принципиальной частью аппаратуры ультразвуковых методов является электроакустический преобразователь, который установлен во вращающуюся головку и работает по принципу эхо-локации. Преобразователь выполняет функции излучателя и приёмника акустических колебаний.

Акустическое сканирование основано на измерении параметров сигналов радиального резонанса облучаемого сегмента обсадной трубы, возникающих при нормальном падении акустического импульса на внутреннюю стенку трубы (сигналы реверберации). Чтобы эти колебания возникли, а их параметры были зарегистрированы и измерены, необходимо выполнение двух условий.

1. Длительность падающего на стенку акустического импульса должна быть достаточно малой (около двух периодов), а амплитуда собственных колебаний электроакустического преобразователя гораздо меньше амплитуды сигнала реверберации, чтобы имелась возможность приёма сигнала реверберации вне импульса первого отражения.

2. Частотный спектр падающего импульса должен содержать гармоники, соответствующие резонансной частоте стенки трубы.

Как известно [5], частота радиального резонанса стенки обсадной колонны  $F_k$  определяется формулой:

$$F_k = \frac{C}{2h},$$

где  $C$  – скорость продольных колебаний в стали;

$h$  – толщина стенки обсадной колонны.

Обычно толщина стенки  $h$  обсадной колонны находится в пределах 5-12 мм и, соответственно, значение  $F_k = 250-600$  кГц. Чтобы проводить измерения одним преобразователем в обсадных колоннах с различными толщинами стенок, необходимо возбуждать акустический импульс, имеющий ширину частотного спектра близкую к диапазону  $F_k$ . Такую ширину частотного спектра излучения можно достигнуть в акустическом импульсе с ведущей частотой  $F_0 \approx 400$  кГц и длительностью 1,5-2,0 периода.

К преобразователю акустического телевизора предъявляются два основных требования:

- узкая диаграмма направленности, обеспечивающая высокое геометрическое разрешение изображения стенки скважины. Это требование удовлетворяется применением преобразователя с основной частотой излучения 1-2 МГц;

- высокое подавление боковых и обратного (направленного внутрь зонда) лепестков диаграммы излучения.

Кроме того, оба преобразователя должны иметь низкий уровень шумов (маленькие амплитуды собственных колебаний пьезоэлемента по сравнению с амплитудами излучаемого акустического импульса). Амплитуда шума должна быть в десятки раз меньше амплитуды излучаемого акустического импульса.

Чтобы сформировать короткий акустический импульс с высоким подавлением собственных шумов, в преобразователях сканеров применяются специальные виды керамики, например, композитной [2]. Именно такая пьезокерамика применена в приборе АСТ-К-80. На рисунке 1 приведены волновые картины излучённых и принятых преобразователями акустических импульсов. Активные элементы преобразователей выполнены из обычных пьезопластин ЦТС (рисунок 1а) и композитной керамики (рисунок 1б).

Преобразователи установлены на расстоянии 50 мм от стального бруска, в воде. Толщина бруска 20 мм. Собственные шумы преобразователя из ЦТС керамики по амплитуде и длительности многократно превосходят шумы преобразователя из композитной керамики.

Длительность реакции на электрический импульс позволяет приближать преобразователь из композитной керамики к отражающей поверхности на расстояние 20 мм. Низкие значения амплитуд собственных шумов благоприятны для регистрации сигналов радиальной реверберации обсадной колонны.

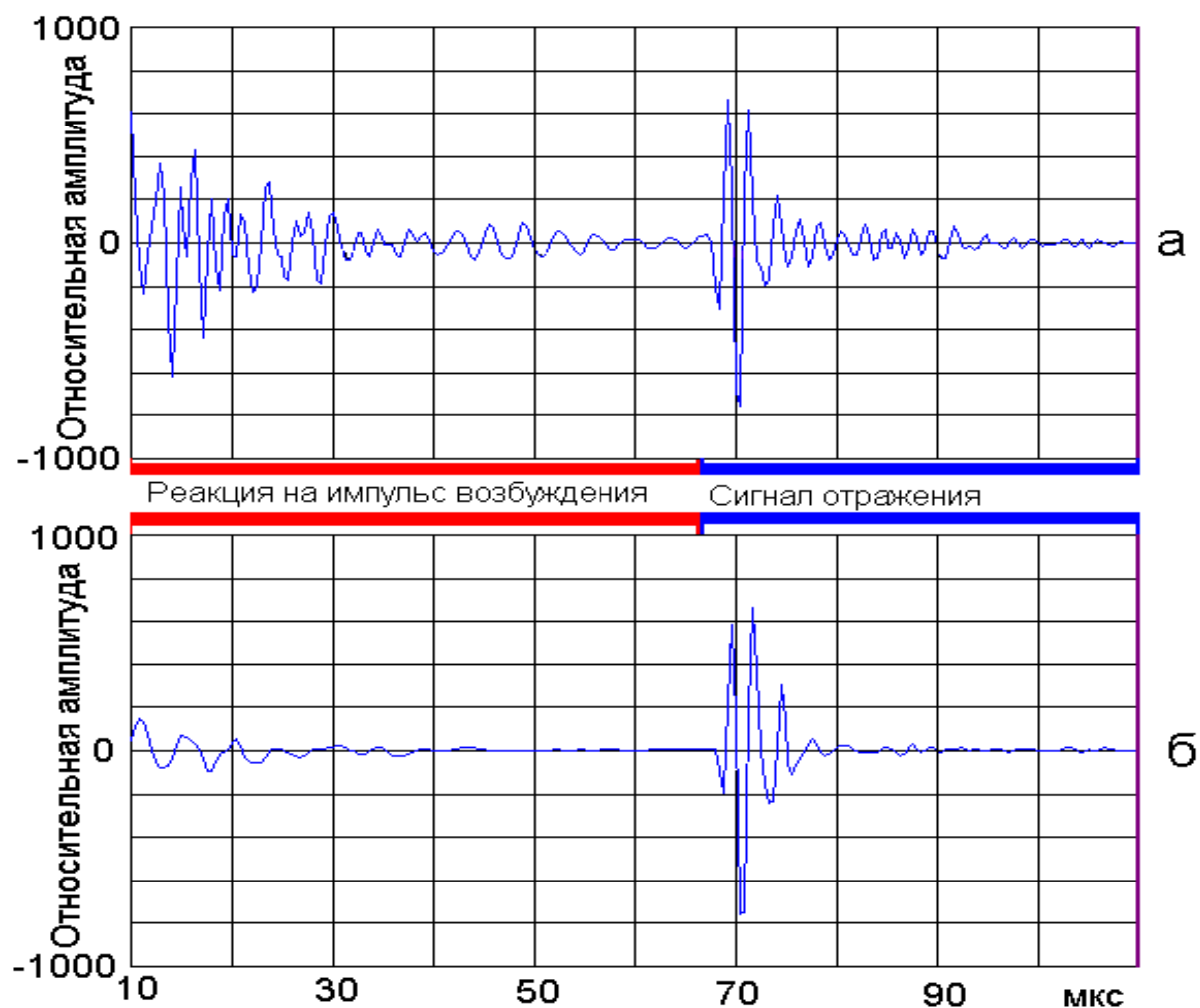


Рисунок 1 – Волновые картины эхо-сигналов электроакустических преобразователей (а – ЦТС керамика, б – композитная керамика).

## 2. Технические характеристики аппаратуры АСТ-К-80

Акустический сканер-телевизор АСТ реализует определение акустических свойств стенки скважины методом отражённых волн на прямом луче (метод эхо-локации). Акустический сканер-телевизор АСТ является комплексным прибором, работающим в двух режимах: режим сканирования обсадной колонны (цементомер) и режим визуального изображения стенки скважины (имиджер). Данные, получаемые в обоих режимах, позволяют вычислить радиусы и средний диаметр скважины.

Скважинный прибор в режиме сканирования применяется в обсаженных скважинах с целью определения распределения цемента вокруг обсадной колонны и толщины стенки обсадной трубы. В режиме телевизора прибор применяется как в обсаженных скважинах, так и в открытом стволе с целью выявления механических нарушений стенки скважины. Ограничением к применению являются тяжёлые вязкие промывочные жидкости с плотностью более  $1,2 \text{ г/см}^3$ .

Сканирующая головка содержит два преобразователя с разными собственными частотами излучения – 1000 и 400 кГц. Первый преобразователь используется для получения телевизионного изображения стенки скважины, второй – сканирования стенки обсадной трубы с целью определения дефектов цементного камня. Преобразователи выполнены из композитной пьезокерамики, обладающей низкой добротностью. Головка непрерывно вращается вокруг продольной оси прибора со скоростью 2 об/сек, таким образом, каждую секунду происходит, как минимум, один полный оборот головки. В первом режиме производится 128 зондирований на один оборот, во втором – 30. Зондирования (циклы излучение-приём) синхронизированы по углу поворота головки так, чтобы они располагались равномерно. В режиме «имиджер» каждый цикл излучение-приём отстоит от соседних на  $2,81^\circ$ , в режиме «цементомер» - на  $12^\circ$ . Начало каждого оборота преобразователя фиксировано относительно образующей прибора. Угол поворота образующей прибора, к которой привязан первый цикл (канал данных), учитывается по данным системы акселерометров. Этот параметр имеет мнемонику ROTA и представляет угол отклонения первого канала от вертикальной плоскости, проходящей через ось симметрии прибора/скважины. Угол отсчитывается по часовой стрелке (вид сверху).

Каждая принятая волновая картина (ВК), синхронизированная с моментом излучения, оцифровывается в приборе 12-разрядным аналого-цифровым преобразователем (АЦП) и передаётся на поверхность регистратору в коде «Манчестер-2», скорость передачи 100 кбод. Волновые картины сканера оцифровываются 256 точками с шагом 0,4 мкс. Волновые картины имиджера упаковываются в виде массива, состоящего из 128 каналов амплитуд и времён экстремумов, по 32 слова на канал.

Измерение скорости упругих колебаний в промывочной жидкости осуществляется дополнительным преобразователем, установленным на фиксированном расстоянии от отражателя. Волновая картина этого канала представлена массивом из 256 точек с шагом оцифровки 0,1 мкс в режиме «имиджер» или 128 точек с шагом 0,4 мкс в режиме «цементомер».

Сканирующие измерения проводятся путём обработки данных, содержащихся в волновых картинах отражений, вызванных импульсными посылками электроакустического преобразователя. Поскольку диаметр излучающей поверхности преобразователя в несколько раз превосходит длину волны излучаемого акустического импульса, то телесный угол раскрытия диаграммы направленности излучателя не превосходит  $30^\circ$ , что обеспечивает пятно «засветки» стенки скважины на уровне 0,5 интенсивности в центре луча диаметром примерно 30 мм на удалении 50 мм. Таким образом, вращением преобразователя, периодически излучающего упругие колебания узким пучком, обеспечивается дискретно-непрерывное обследование стенки скважины.

**2.1. Технические характеристики скважинного прибора**

Технические характеристики скважинного прибора АСТ-К-80 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики скважинного прибора

| Параметры и характеристики  | Количественное значение                |
|---|--|
| Диапазон измерений внутреннего радиуса скважины, мм                               | 55-120                                 |
| Погрешность измерений внутреннего радиуса скважины, мм                            | ±0,4                                   |
| Диапазон измерений толщины обсадной колонны, мм                                   | 6,5-10                                 |
| Погрешность измерений толщины обсадной колонны, мм                                | ±0,4                                   |
| Диапазон определения индекса цементирования                                       | 0-1                                    |
| Резонансная частота преобразователя в режиме «Цементомер», МГц                    | 0,4                                    |
| Резонансная частота преобразователя в режиме «Имиджер», МГц                       | 1,0                                    |
| Количество волновых картин записываемых за 1 оборот головки в режиме «Цементомер» | 30                                     |
| Количество волновых картин записываемых за 1 оборот головки в режиме «Имиджер»    | 128                                    |
| Количество точек оцифровки одной волновой картины в режиме «Цементомер»           | 256                                    |
| Шаг оцифровки в режиме «Цементомер», мкс  | 0,4                                    |
| Шаг оцифровки в режиме «Имиджер», мкс   | 0,1                                    |
| Скорость каротажа в режиме «Цементомер», м/ч, не более (при шаге измерений)       | 150 (10 см)<br>300 (20 см)             |
| Скорость каротажа в режиме «Имиджер», м/ч, не более (при шаге измерений)          | 300 (10 см)<br>150 (5 см)<br>60 (2 см) |
| Диаметры исследуемых обсадных колонн в режиме «Цементомер», мм                    | 110-168                                |
| Диаметры исследуемых скважин в режиме «Имиджер», мм                               | 110-220                                |
| Номинальное напряжение питания, В   | 220                                    |
| Номинальная частота питающего напряжения, Гц                                      | 50                                     |
| Потребляемая мощность, Вт, не более   | 120                                    |
| Частота вращения сканирующей головки, с-1   | 2                                      |
| Максимальная рабочая температура, °С  | 120                                    |
| Максимальное рабочее давление, МПа  | 80                                     |
| Удельная плотность скважинной жидкости, г/см <sup>3</sup> , не более              | 1,2                                    |
| Максимальный диаметр (без центраторов), мм  | 80                                     |
| Масса, кг, не более   | 70                                     |
| Длина, мм, не более   | 2500                                   |
| Положение в скважине  | центрированное                         |



## **2.2. Состав аппаратуры и её программное обеспечение**

В состав аппаратуры входят:

- скважинный прибор;
- комплект запасных частей и инструмента;
- программное обеспечение регистрации данных для регистратора КАСКАД;
- программное обеспечение обработки данных в пакете LogPwin;
- технические описания и инструкции по эксплуатации скважинного прибора и программных средств.

Подробные сведения об аппаратуре и программных средствах приведены в соответствующих технических описаниях [8], [9].

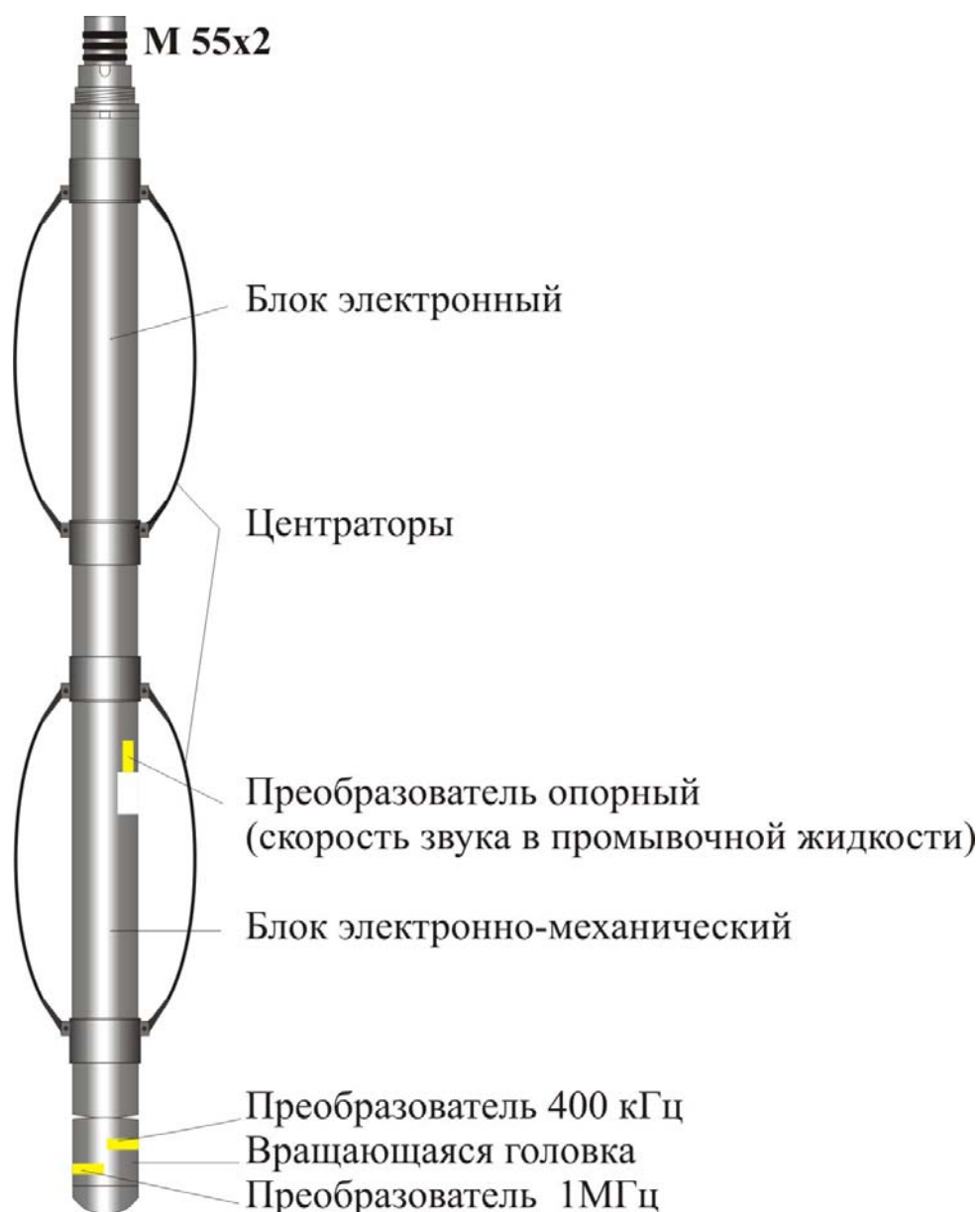
## **2.3. Конструкция скважинного прибора**

Скважинный прибор АСТ-К-80 (рисунок 2) содержит электронный и электромеханический блоки, которые соединены уплотнителем и скреплены накидной гайкой. На корпусах обоих блоков установлены центраторы. Электронный блок содержит схемы возбуждения преобразователя, приёма и оцифровки сигналов отражений и схему телеметрии. Электромеханический блок содержит электродвигатель и понижающий редуктор, установленный между валом электродвигателя и валом с прикреплённой головкой. Во вращающейся головке установлены два преобразователя с частотами излучения 400 и 1000 кГц. Опорный преобразователь, служащий для измерения скорости звука в жидкости, установлен в корпусе электромеханического блока на расстоянии 50 мм от отражателя. Электрически преобразователи соединены с электронным блоком через коллектор, расположенный в электромеханическом блоке, и разъём на узле стыковки блоков.

## **2.4. Регистрируемые сигналы и измеряемые параметры**

В процессе каротажа на жёсткий диск регистратора записываются волновые картины, синхронизированные с моментом излучения и углом поворота сканирующей головки, и волновые картины опорного (калибровочного) канала. Волновые картины измерительных каналов в файлах регистрации имиджера обозначены одной мнемоникой – WF1T, а цементмера (сканера) – WF1-WF31. Волновые картины калибровочного канала обозначены мнемоникой WFC. Кроме того регистрируются значения угла отклонения оси прибора от вертикали (DEVI) и угол поворота прибора (ROTA) и другие технологические параметры. Параметры отражённых волн измеряются программами обработки данных. Основными измеренными параметрами являются времена распространения и амплитуды. По измеренным параметрам производятся расчёты и построения изображений. Расчётными параметрами являются радиусы и диаметры скважины, индексы цементирования.

Рисунок 2 – Схематичный чертёж скважинного прибора АСТ-К-80.



### 3. Калибровка

При обработке данных определяется время от момента излучения до прихода отражённого сигнала. Моментом излучения является электрический импульс, возбуждающий пьезоэлемент. Однако в реальном преобразователе существует временная задержка между электрическим импульсом и акустическим импульсом на излучающей поверхности преобразователя. С целью определения этой задержки проводится калибровка преобразователей, в результате которой устанавливаются значения поправок времён каждого преобразователя.

Для определения временных поправок поочередно проводятся измерения на двух цилиндрических образцах из оргстекла разной длины (длина нанесена на поверхности образца).

Временные поправки  $dt$  вычисляются по формуле:

$$dt = \frac{2l_k}{c} - t_{изм},$$

где  $l_k$  – высота калибровочного образца,

$t_{изм}$  – измеренное время,

$c$  – скорость звука в оргстекле:

$$c = \frac{2(l_{k2} - l_{k1})}{t_{изм2} - t_{изм1}},$$

где  $l_{k2}$ ,  $l_{k1}$ ,  $t_{изм2}$ ,  $t_{изм1}$  – высоты и измеренные времена для первого и второго калибровочных образцов.

Вычисленные поправки, а также измеренные с погрешностью  $\pm 0,02$  мм расстояния от оси прибора до излучающих поверхностей преобразователей сканирующей головки и от опорного преобразователя до отражателя заносятся в таблицу базовых калибровок. Эта таблица автоматически заносится в файл регистрации и используется при обработке данных.

Подробное описание методики калибровки преобразователей, а также акселерометров приведено в руководстве по эксплуатации [8].

## 4. Проведение каротажа

Разработчик гарантирует достоверные измерения только при использовании регистрирующего оборудования и программного обеспечения, поставляемые вместе со скважинными приборами.

### 4.1. Дискретность регистрации данных по глубине, скорость каротажа

Дискретность регистрации данных по глубине (расстояние между соседними квантами – шаг по глубине) определяется масштабом исследований. В свою очередь шаг по глубине зависит от скорости каротажа и времени полного опроса прибора. Скважинный прибор работает с цифровым каротажным регистратором КАСКАД, который производит опрос прибора по времени. Время опроса прибора в режиме «Цементмер» - 2 секунды, в режиме «Имиджер» - 1,1 секунды. Таким образом, чтобы обеспечить расположение кадров данных с шагом 0,2 метра необходимо соблюдать скорость каротажа не более 360 м/ч и 650 м/ч, соответственно. Однако в режиме «имиджер» для повышения контрастности изображения необходимо, чтобы пятна засветки стенки скважины перекрывались, поэтому шаг по глубине следует уменьшить до 0,05 – 0,02 метра, что приведёт к соответствующему снижению скорости

каротажа. Рекомендуемые скорости каротажа в зависимости от шага по глубине приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Рекомендуемые скорости каротажа в зависимости от шага измерений по глубине

| Режим «Имиджер»  |                        | Режим «Цементомер» |                        |
|------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| Шаг измерений, м | Скорость каротажа, м/ч | Шаг измерений, м   | Скорость каротажа, м/ч |
| 0,02             | 60                     | 0,1                | 160                    |
| 0,05             | 150                    | 0,2                | 320                    |
| 0,10             | 300                    |                    |                        |

## 4.2. Порядок работы

4.2.1. Соединить прибор с каротажным кабелем, а последний с регистратором, соблюдая соответствие жил.

4.2.2. Снять защитный колпак со сканирующей головки.

4.2.3. Включить регистратор.

4.2.4. Включить прибор.

4.2.5. Убедиться, что сканирующая головка вращается равномерно.

4.2.6. Настроить линию связи и убедиться в приёме данных от преобразователей. Прочитать калибровочную таблицу и номер прибора.

4.2.7. Спустить прибор в скважину. Следить за тем, чтобы скорость спуска была не более 5000 м/ч.

4.2.8. Установить задержку для окна оцифровки сигнала измерительного преобразователя («мертвую зону») в соответствии с диаметром скважины. Для колонн диаметром 139 и 146 мм установить «мертвую зону» 24 мкс, для колонны диаметром 168мм – 32 мкс. «Мертвая зона» в режиме «Имиджер» в обсаженных скважинах устанавливается такой же, как и у сканера. В открытом стволе она выбирается из следующего ряда: 16 мкс при внутреннем диаметре скважины до 160 мм и 40 мкс при диаметре более 160 мм. Для опорного преобразователя «мертвая зона» – 48 мкс.

4.2.9. В процессе спуска работоспособность прибора проверяется по наличию эхо-сигналов. По достижении глубины исследуемого интервала следует произвести подстройку коэффициента усиления. Коэффициент усиления устанавливается максимально допустимым, т. е. не должно быть ограничения амплитуд первых отражений.

4.2.10. Провести основную и контрольную записи, соблюдая скорость каротажа.

4.2.11. После проведения записи выключить прибор и поднять его на поверхность. Скорость подъема не более 5000 м/ч.

4.2.12. Более подробно работа прибора с регистратором КАСКАД изложена в файле справки (ACT1.cbm), входящем в комплект программного обеспечения регистратора, которая вызывается по кнопке «СПРАВКА» в модуле, обслуживающем прибор.

### **4.3. Контроль качества зарегистрированных данных**

Предварительная оценка качества каротажа проводится непосредственно после записи (на скважине). Необходимо конвертировать файл регистрации в формат Lis и загрузить полученный файл в программу обработки пакета LogPWin. Оценка качества проводится по следующим критериям:

1. Волновые картины сканера должны содержать пакеты первого отражения и реверберации, причём первое отражение должно находиться в 30-50 мкс от начала волновой картины. Это условие автоматически выполняется, если была правильно установлена «мёртвая зона».

2. Амплитуда первого отражения сканера на одном обороте головки в недеформированной трубе не должна изменяться более чем на 50%. Большие колебания амплитуды первого отражения указывают на большое отклонение прибора от оси скважины.

3. Амплитуды первого отражения имиджера в колонне должны удовлетворять первым двум условиям, только сигнал реверберации отсутствует. В открытом стволе сигналы имиджера могут сильно изменяться вплоть до полного исчезновения, однако, не по всему интервалу записи.

Окончательно оценить качество материала можно только после обработки данных и сопоставления результатов с данными других методов ГИС.

## **5. Обработка данных**

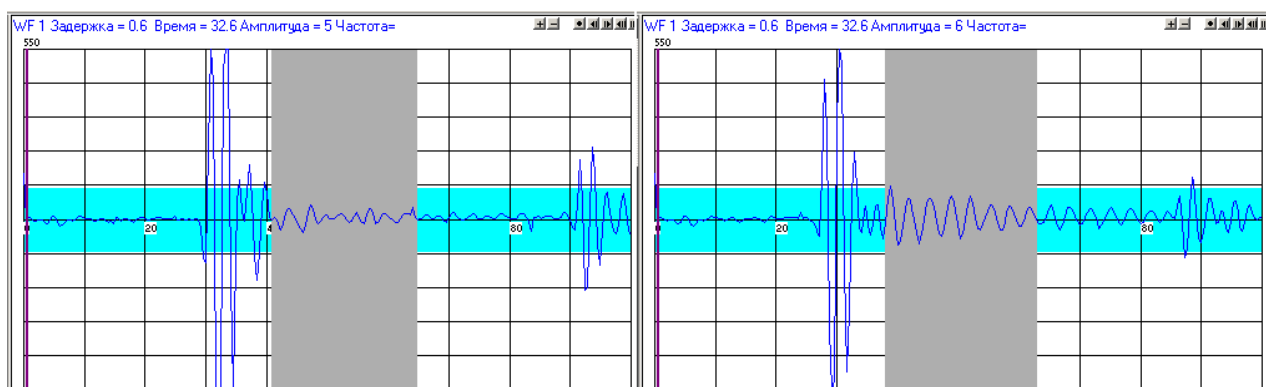
Обработка данных заключается в измерении параметров волн (времен вступления и амплитуд), вычислении расчётных параметров (радиусов и индексов цементированности) и визуализации измеренных и вычисленных параметров в виде кривых и объёмных моделей. Программы обработки включены в программный пакет LogPWin [9]. Обработка данных сканера входит в пакет для обсаженных скважин, а имиджера – для открытого ствола.

### **5.1. Обработка данных, зарегистрированных в режиме акустического сканирования (цементмер)**

Обработка данных акустического сканера позволяет определить распределение цемента вокруг колонны, а также толщины стенки стальной колонны, её профиля и дефектов.

### 5.1.1. Физические основы оценки плотности контакта цемента и колонны

При облучении стальной трубы акустическим импульсом с ведущей частотой  $F \approx C/2h$ , где  $h$  – толщина стенки трубы,  $C$  – скорость продольных колебаний в стали, возникает реверберация акустических колебаний. В результате сигнал отражения наряду с волновым пакетом первого отражения на границе «труба-промывочная жидкость» содержит колебания реверберации в самой трубе. Ведущая частота этих колебаний зависит от толщины стенки трубы, а амплитуда и длительность – от плотности контакта трубы и цементного кольца. При плотном контакте реверберация минимальна, т. е. колебания имеют малую амплитуду и высокий декремент затухания. В «свободной» трубе наблюдается обратная картина – амплитуда и длительность реверберации максимальны. Измерения в моделях обсадки показывают, что сигнал реверберации уменьшается в четыре раза за счёт эффекта демпфирования трубы цементным кольцом (рисунок 3).



а) плотный контакт цемент- колонна

б) свободная колонна

Рисунок 3 – Сигнал сканера, отражённый от стенки стальной колонны (сигнал реверберации отмечен серым прямоугольником)

Таким образом, измеряя амплитудный спектр сигнала реверберации, можно определить не только толщину трубы, но и наличие контакта с цементным кольцом. Производя измерения направленным узким пучком, можно получить распределение дефектов трубы и цемента по образующей трубы.

### 5.1.2. Методика обработки данных сканера

Данные сканера представлены в файле формата Lis тридцатью двумя волновыми картинками (WF). Каждая волновая картина измерительных каналов (номера каналов с 1 по 31, крайние каналы – повтор) и калибровочного канала (канал 32) оцифрованы 256-ю точками с шагом 0,4 мкс.

Программа обработки данных позволяет определить индексы цементирования в тридцати секторах и их среднее значение для оценки распределения цементного камня за колонной, а также толщины колонны в тех

же секторах и среднее значение толщины колонны. В процессе обработки также определяются тридцать радиусов скважины, скорость звука в промывочной жидкости (FVEL), минимальный (CAMN), максимальный (CAMX) и средний (CALU) диаметры скважины. Список мнемоник регистрируемых данных и расчетных параметров приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Список регистрируемых данных и расчетных параметров

| Мнемоника | Название   |
|-----------|--|
| WF1-WF32  | Волновые картины, каналы 1-32, ед. АЦП   |
| TT1-TT32  | Время прихода отраженного сигнала, каналы 1-32, мкс  |
| IR1-IR31  | Радиусы скважины, каналы 1-31, мм  |
| FVEL      | Скорость звука в промывочной жидкости, м/с   |
| CALU      | Средний диаметр скважины, мм   |
| CAMX      | Максимальный диаметр скважины, мм  |
| CAMN      | Минимальный диаметр скважины, мм   |
| AT1-AT31  | Спектральное значение амплитуды первого отражения, у. е.   |
| TH1-TH31  | Значения толщины колонны, мм   |
| THAV      | Среднее значение толщины колонны, мм   |
| WN1-WN31  | Относительные значения амплитуд сигналов реверберации, у. е.                                     |
| WWM       | Среднее значение (WN1-WN30) параметров, у. е   |
| WR1-WR31  | Нормированные по свободной колонне значения параметров (WN1-WN30), у. е.- индексы цементирования |
| WRM       | Среднее значение индексов цементирования, у. е.  |
| QCBT      | Код для представления колонки цементирования   |
| DEVI      | Угол отклонения прибора от вертикали, град.  |
| ROTA      | Угол поворота прибора относительно вертикальной плоскости, град.                                 |
| ECSE      | Овальность колонны, у. е   |

### 5.1.2.1. Выбор программы

Выбор программы производится из меню на основной панели LogPWin по пути: «Закрытый ствол – Акустический каротаж – Обработка данных акустического сканера» (рисунок 4).

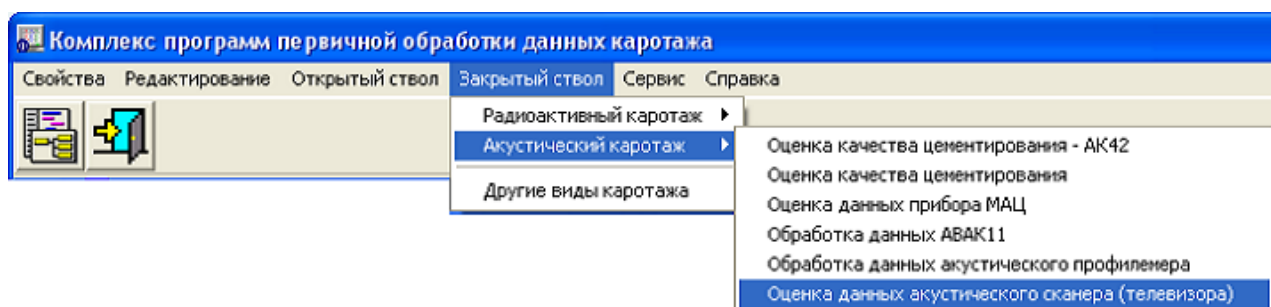


Рисунок 4 – Вид меню выбора программы обработки данных

### 5.1.2.2. Открытие Lis-файла и визуализация данных

Выбор и открытие Lis-файла сопровождается контролем его состава и дополнением расчетными параметрами. Со всеми предложениями надо соглашаться. Предлагается просмотр калибровочной таблицы. Значения в таблице используются по умолчанию, но если при каротаже был введен неверный номер прибора, таблица считывается из внешнего файла для этого прибора. Выбор таблицы производится из меню на основной панели LogPWin по пути: «Сервис – Базовая калибровка – Калибровочная таблица» (рисунок 5).

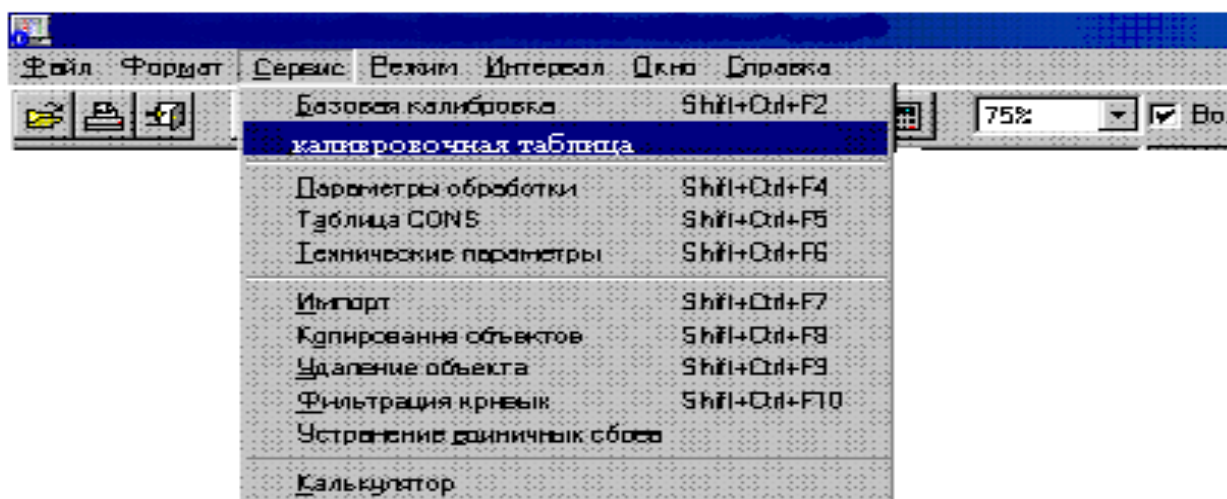


Рисунок 5 – Вид меню выбора калибровочной таблицы

Таблица калибровки состоит из двух частей: базовая таблица и рабочая (рисунок 6). При правильно прописанном номере прибора обе части таблицы эквивалентны. В том случае, когда номер прибора при каротаже не введен и внешний файл на данный прибор отсутствует, в рабочую часть таблицы калибровки вносятся значения калибровок данного прибора из паспорта и с ними проводятся вычисления. Такая временная таблица сохраняется только на один сеанс работы. Если таблица калибровки отсутствует, то её следует считывать из внешнего файла.

The image shows a dialog box titled 'Калибровочные параметры' (Calibration parameters). It contains a table with the following data:

|                         | IR1  | IR2  | IRC  |
|-------------------------|------|------|------|
| БАЗОВЫЕ                 | 34.0 | 33.0 | 50.8 |
|                         | -1.9 | -1.2 | -1.3 |
| R до излучателя (мм)    | 34.0 | 33.0 | 50.8 |
| Временная поправка, мкс | -1.9 | -1.2 | -1.3 |

At the bottom of the dialog box, there are several buttons: 'Возврат' (Return), 'Базовая калибровка' (Basic calibration), 'Сохранить' (Save), 'Ok', and 'Отмена' (Cancel).

Рисунок 6 – Калибровочная таблица



Формат изображения (планшет), необходимый для визуализации исходных данных и параметров обработки, соответствует стандартному формату LogPWin с особенностями, присущими данной программе. Планшет выбирается из заготовок во всплывающем окне, расположенном под панелью управления (рисунок 7).

Визуализация волновых картин производится в режиме курсора (для этого необходимо нажать клавишу «Space»). Волновые картины изображаются на правой стороне планшета. При перемещении курсора происходит перерисовка волновых картин. Вверху экрана отображается волновая картина одного (выбранного) измерительного канала, а внизу – опорного (калибровочного). Выбор канала производится клавишами, расположенными над полем волновых картин измерительного канала. На этом же поле визуализируется положение первого канала по отношению к вертикальной плоскости (2) и форма поперечного сечения колонны (1).

Обработка данных акустического сканера состоит из ввода технических параметров обработки и проведения собственно обработки данных.

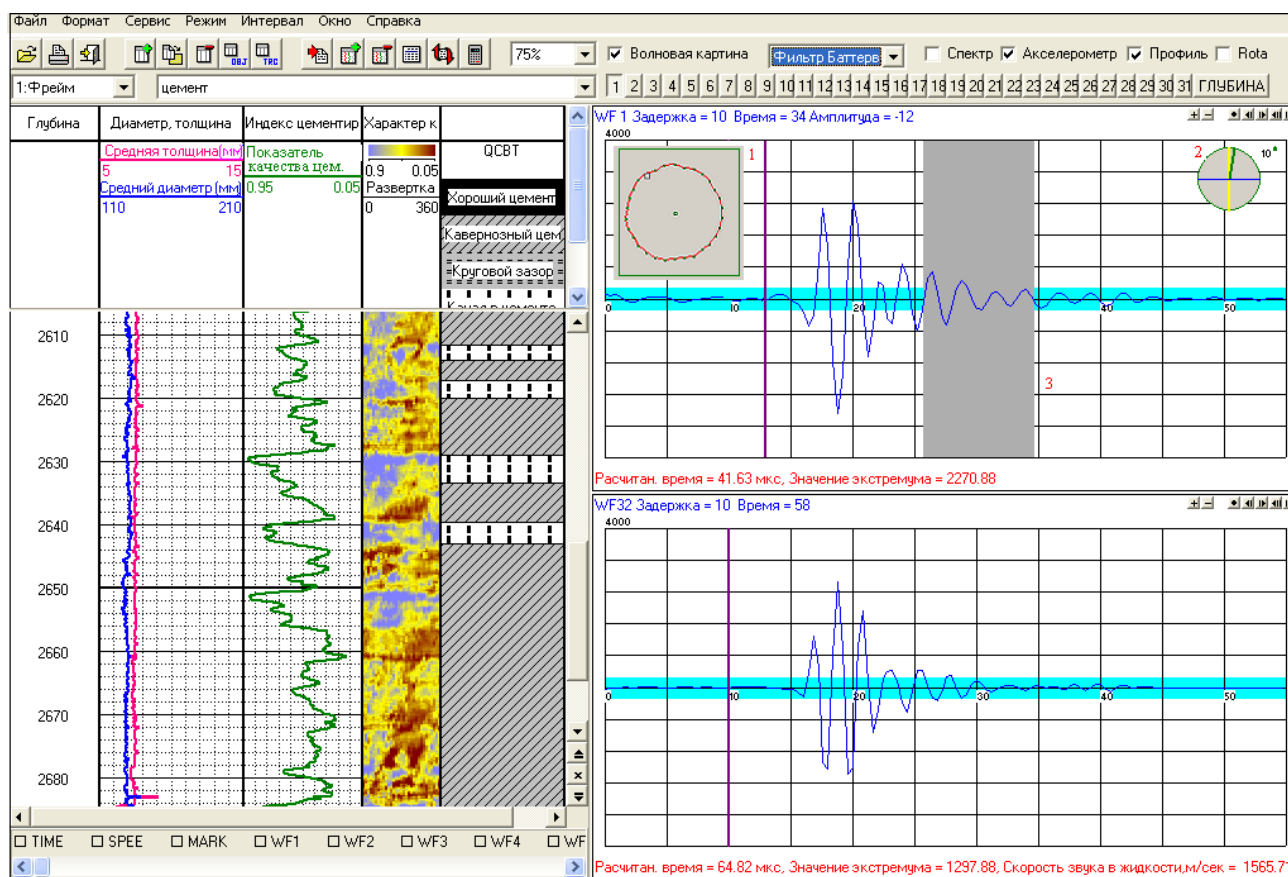


Рисунок 7 – Вид окна программы обработки данных сканера АСТ

### 5.1.2.3. Ввод технических параметров обработки

Параметры обработки находятся в таблице «Технические параметры обработки» (рисунок 8).

| Таблица технических параметров обработки                   |            |          |
|--|------------|----------|
| Параметры обработки   Стр.2                                |            |          |
|  | Название   | Значение |
| Уровень дискриминации для измерительных каналов,ед.АЦП     | DSM        | 50.0     |
| Временная блокировка для измерительных каналов,мкс         | DELM (US)  | 10.0     |
| Уровень дискриминации для опорного канала,ед.АЦП           | DSC        | 100.0    |
| Временная блокировка для опорного канала, мкс              | DELC (US)  | 10.0     |
| Номер канала (0 -все каналы,100-только сред.знач.толщины)  | ALPM       | 0.0      |
| Скорость звука в обсадной колонне, м/сек                   | USTF (M/S) | 5800.0   |
| Номинальный внешний диаметр колонны, мм                    | CS (MM)    | 168.0    |
| Режим вычисления среднего диаметра (0 без, 1 с учетом смещ | CWID (MM)  | 0.0      |
| Максимальная толщина колонны, мм.                          | NUMB       | 10.0     |
| Минимальная толщина колонны, мм.                           | ALSH (US)  | 5.0      |
| Левая граница временного окна для TH,W/N(кол-во полупериод | THWD (US)  | 7.0      |
| Ширина временного окна для TH,W/N(кол-во полупериодов)     | ADCS       | 7.0      |
| Величина сдвига АЦП, ед.АЦП                                | ALIM (US)  | 0.0      |
| Шаг дискретизации ВК для измерительных датчиков, мкс       | WSH (US)   | 0.4      |
| Шаг дискретизации ВК для калибровочного датчика мкс        | WSHC (US)  | 0.4      |
| Сдвиг измерительных датчиков, мкс                          | APP (US)   | 16.0     |
| Сдвиг калибровочных датчиков, мкс                          | SHAP (US)  | 48.0     |
| Нижняя граница частотного окна, кГц                        | FMN (KHZ)  | 200.0    |
| Верхняя граница частотного окна, кГц                       | FMX (KHZ)  | 700.0    |
| Знак экстремума  | IS         | 1.0      |

Сохранить     Ок     Отмена

Рисунок 8 – Таблица технических параметров обработки

Уровень дискриминации для измерительных каналов должен в 2-3 раза превышать уровень шума, по умолчанию он равен 100 ед. АЦП.

Временная блокировка для измерительных каналов устанавливается так, чтобы отсечь наводку от импульса запуска преобразователя, по умолчанию это 10 мкс.

«Уровень дискриминации для опорного (калибровочного) 32-го канала», по умолчанию равен 100 ед. АЦП.

«Временная блокировка для опорного канала», по умолчанию равна 10 мкс.

«Номер канала» (0 – все каналы, 100 – только среднее значение толщины). Если установлено значение от 1 до 31, то в режимах «первичная обработка» или «расчет радиусов» операции проводятся только с выбранным каналом. Это используется при повторной обработке данных отдельных каналов, чтобы не затрагивать данные других каналов.

«Скорость звука в обсадной колонне», по умолчанию равна 5800 м/с.

«Номинальный внешний диаметр колонны», по умолчанию равен 168 мм.

«Режим вычисление среднего диаметра» («0» – без учёта смещения прибора с оси скважины; «1» – с учетом смещения прибора относительно оси

скважины).

«Максимальная толщина колонны, мм. Минимальная толщина колонны, мм». Значения толщины колонны определяют границы поиска экстремума в спектре сигнала реверберации.

«Левая граница временного окна для TN, WN. Ширина временного окна для TN, WN». Эти два параметра задают положение временного окна на волновой картине. Обработка сигналов, попадающих в это окно, даёт значение толщины колонны и индекса цементирования. Параметры измеряются в количестве полупериодов сигналов. Следует задавать значения «10» и «12» соответственно.

«Величина сдвига АЦП», (ед. АЦП). По умолчанию 0. Параметр введен для возможности чтения данных приборов, имеющих разрядность АЦП, отличающуюся от 12.

«Шаг дискретизации ВК» соответствует шагу оцифровки волновой картины – 0,4 мкс.

«Сдвиг измерительных датчиков. Сдвиг калибровочного датчика». Сдвиг окна оцифровки относительно импульса запуска преобразователя («мёртвая зона»), измеряется в микросекундах и считывается из калибровочной таблицы .lis файла.

«Нижняя и верхняя границы частотного окна» соответствуют граничным частотам полосы пропускания фильтра Баттерворта на уровне 0,7 ( $f_1=200$ ,  $f_2=700$ ), задаются в кГц, (частота преобразователя 400 кГц); фильтрация исходного сигнала производится, чтобы увеличить отношение сигнал/шум.

«Знак экстремума» показывает знак фазы – положительная (1) или отрицательная (-1) фаза. Этот параметр используется в режиме «Первичная обработка/(пороговая)».

«Скорость звука в жидкости» – используется при отсутствии значения времени прихода отраженного сигнала на калибровочный преобразователь (32 канал). По умолчанию это значение равно 1500 м/сек.

«Минимальное и максимальное значения WN» используются для вычисления нормированных значений (WR1-WR30) сцепления цемента с колонной. Они вычисляются автоматически в пункте меню режим «Нормирование WN» и записываются в «Таблицу технических параметров», по умолчанию это 0 и 1.

«Минимальное и максимальное значения пика» используются в пункте меню режим «Вычитание пиков из сигнала». Это минимальное и максимальное значения разности двух соседних точек сигнала. По умолчанию это 4000 и 4200 ед. АЦП. Находятся на стр.2 таблицы технических параметров. Режим «Вычитание пиков из сигнала» используется при низком качестве данных в случае сбоя системы приёма регистратора.

#### **5.1.2.4. Обработка данных сканера**

Обработка данных проводится автоматически после выбора соответствующего пункта меню раздела «Режим» (рисунок 9). Предварительно должна быть правильно заполнена таблица технических параметров. Чтобы

увеличить отношение сигнал/помеха, данные следует профильтровать полосовым фильтром, задав в таблице технических параметров нижнюю и верхнюю частоту фильтра. Частотная фильтрация данных производится в процессе обработки, если выбран фильтр в окне на основной панели, при этом исходные данные, содержащиеся в файле, остаются в прежнем виде. Обработка проводится одновременно по всем измерительным каналам. Повторная обработка отдельных интервалов может производиться по каждому каналу в отдельности. Для этого в таблице технических параметров в строке «номер канала (0 – все каналы)» задаётся номер канала и этот канал визуализируется на экране.

Сигнал акустического сканера состоит из отраженного от стенки обсадной колонны импульса (сигнал первого отражения), кратных отражений (сигнал реверберации) и шумов. Временем прихода первого отражения считается время максимального значения амплитуды первого положительного вступления. Чтобы определить положение сигнала реверберации в волновой картине, по параметрам которого определяется толщина стенки трубы и индекс цементирования, необходимо найти время вступления первого отражения. Для определения радиусов обсадной колонны необходимо также определить скорость упругих колебаний в промывочной жидкости по параметрам распространения сигнала калибровочного канала. Определение скорости в промывочной жидкости производится в соответствующем пункте меню «режим». Определение времён первых отражений может производиться двумя способами: пороговым и спектральным. Оба способа позволяют получить времена прихода первого отражения для каждого канала. Первый способ предпочтителен при хорошем качестве первичных данных, второй – при низком качестве данных, обусловленном большим отклонением прибора от оси скважины или акустической неоднородностью промывочной жидкости.

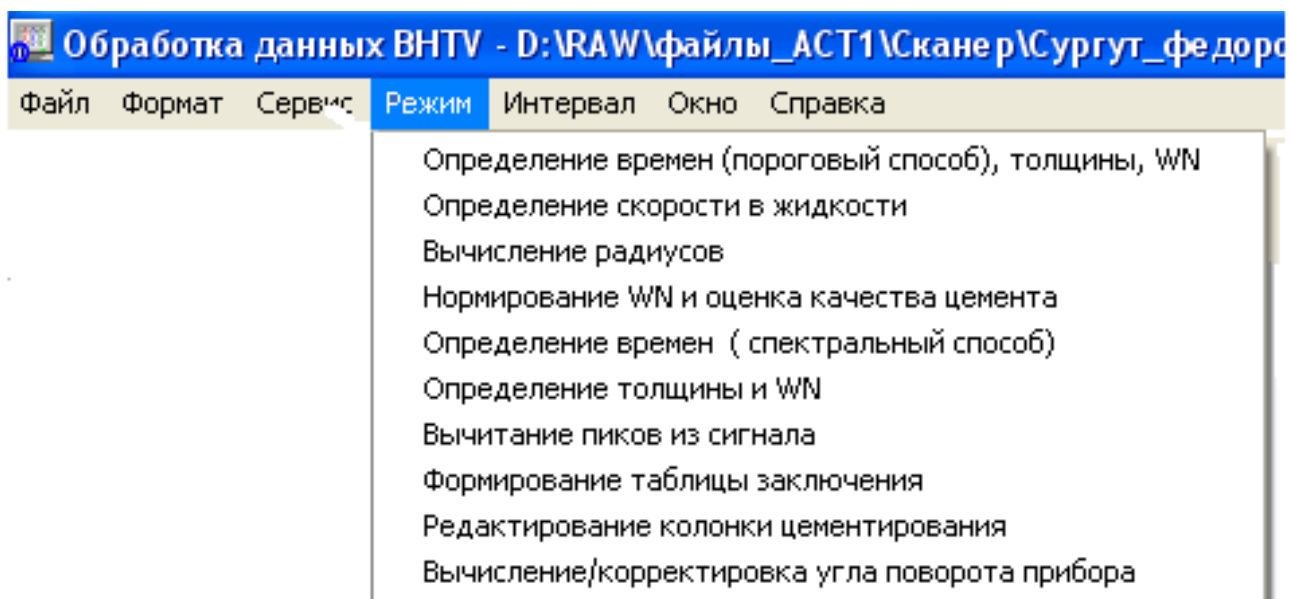


Рисунок 9 – Режимы обработки данных

#### **5.1.2.5. Определение времён пороговым способом, толщины обсадной колонны, относительных значений амплитуд сигналов реверберации**

Поскольку пороговый способ используется при обработке качественных данных, одновременно с процедурой определения времён производится определение толщины колонны и относительных значений амплитуд сигналов реверберации (WN). Пороговый способ реализует принцип определения времени первого экстремума заданного знака, амплитуда которого превышает уровень дискриминации, а время вступления – значение времени блокировки. Знак фазы, уровень дискриминации (порог) и блокировка по времени заданы в таблице технических параметров.

Уровень дискриминации должен превышать уровень шума на всех каналах. В поле волновых картин уровень дискриминации обозначен синим цветом на волновой картине, задержка – фиолетовой вертикальной линией.

Достоинством этого способа является наглядность производимых действий, что облегчает корректировку параметров обработки в интервалах сбоев. Недостаток заключается в необходимости подбора уровня дискриминации.

На сбойных интервалах, меняя уровень дискриминации и положение блокировки так, чтобы отсечь шумы, обработка проводится заново. Следует иметь в виду, что корректный расчет данных невозможен в газифицирующих скважинах.

#### **5.1.2.6. Определение времён (спектральный способ)**

Учитывая тот факт, что частота излучаемого сигнала (~400 кГц) практически не меняется при отражении от стенки скважины, а первое отражение имеет максимальную амплитуду в волновой картине, для определения времени его вступления удобно использовать спектральное представление сигнала. Определение времени прихода производится скользящим временным окном, в котором вычисляются амплитудные спектры и находится максимум их максимальных значений в частотном диапазоне, соответствующем полосе пропускания фильтра. Поиск начинается от времени блокировки. Отсчёт времени прихода отраженного сигнала (ТТ) соответствует началу окна, в котором найден максимум максимумов спектров. Рекомендуется использовать этот метод как основной, особенно при низком качестве первичных данных, т. к. в нем не используется уровень дискриминации и меньше срывов на кривых определяемых параметров.

#### **5.1.2.7. Вычисление радиусов обсадной колонны**

Определение радиусов обсадной колонны производится после определения времён прихода отраженных сигналов и скорости звука в жидкости. Радиусы рассчитываются с использованием времен вступлений по тридцати измерительным каналам, скорости звука в промывочной жидкости и известного расстояния от оси прибора до излучающей поверхности электроакустического преобразователя.

Вычисление радиусов обсадной колонны проводится с учетом смещения прибора относительно оси скважины. Результатом выполнения этого пункта меню «Режим», кроме определения значений радиусов, является определение значений среднего, минимального и максимального диаметров скважины.

#### **5.1.2.8. Определение толщины и относительных значений амплитуд сигналов реверберации**

Спектральный анализ сигнала реверберации производится во временном окне. Границы временного окна задаются в таблице технических параметров как «Левая граница окна для определения ТН, WN» (число полупериодов от начала сигнала первого отражения); «Ширина окна для определения ТН, WN» (число полупериодов в окне). Положение временного окна на волновой картине показывается закраской. Измеренное значение амплитуды ведущей частоты сигнала реверберации нормируется на амплитуду сигнала первого отражения, причём той же частоты. Таким образом, учитывается изменение относительных значений амплитуд сигналов реверберации (WN) не только за счёт плотности контакта цемента и обсадной трубы, но и за счёт изменения толщины стенки трубы.

#### **5.1.2.9. Нормирование относительных значений амплитуд сигналов реверберации и оценка качества цементирования**

В процессе выполнения этого пункта меню оценивается как характер контакта (параметр QCBT), так и степень заполнения затрубного пространства цементом – показатель цементирования WR1-WR30, среднее значение – WRM.

Основными параметрами, используемыми для определения плотности контакта обсадной колонны и цемента, являются относительные амплитуды сигналов реверберации, нормированные на амплитуды первых отражений (мнемоники этих параметров – WN1.....WN30, их среднее значение обозначено как WWM).

Нормированные значения амплитуд дополнительно нормируются по их значениям в свободной колонне и при плотном контакте колонны и цемента. Полностью нормированные параметры имеют мнемоники WR1...WR30, а их среднее значение – WRM. Эти параметры имеют значения от 1 до 0. Параметр WRM аналогичен индексу цементирования VI стандартного цементомера и, как правило, коррелируется с ним.

Оценка характера контакта проводится по распределению значений показателя цементирования (WR) по периметру обсадной трубы и их среднему значению (WRM). Предлагается 4 градации контакта: QCBT=0 – отсутствие контакта ( $0,9 \leq WRM$ ), QCBT=4 – плотный контакт ( $0 \leq WRM \leq 0,2$ ), QCBT=5 – канал в цементе (от 3 до 10 каналов подряд имеют значение  $0,8 \leq WR$ ), QCBT=6 – кавернозный цемент ( $0,2 < WRM < 0,9$ ). Для визуализации результатов оценки качества цементирования служит формат «Цемент» (рисунок 10). На рисунке 10 последовательно в треках представлены: средняя толщина и средний внутренний диаметр колонны, среднее значение индекса цементирования,



объемная модель показателей цементирования (WR1...WR30), колонка цементирования.

**5.1.2.10. Редактирование колонки цементирования**

Индекс цементирования на муфтовых соединениях имеет завышенные значения, поэтому формализованные оценки качества цементирования следует скорректировать. В процедуре редактирования колонки качества цементирования производится исключение из колонки интервалов длиной менее двух метров. Каждый из исключаемых интервалов относится по характеру контакта к нижележащему интервалу.

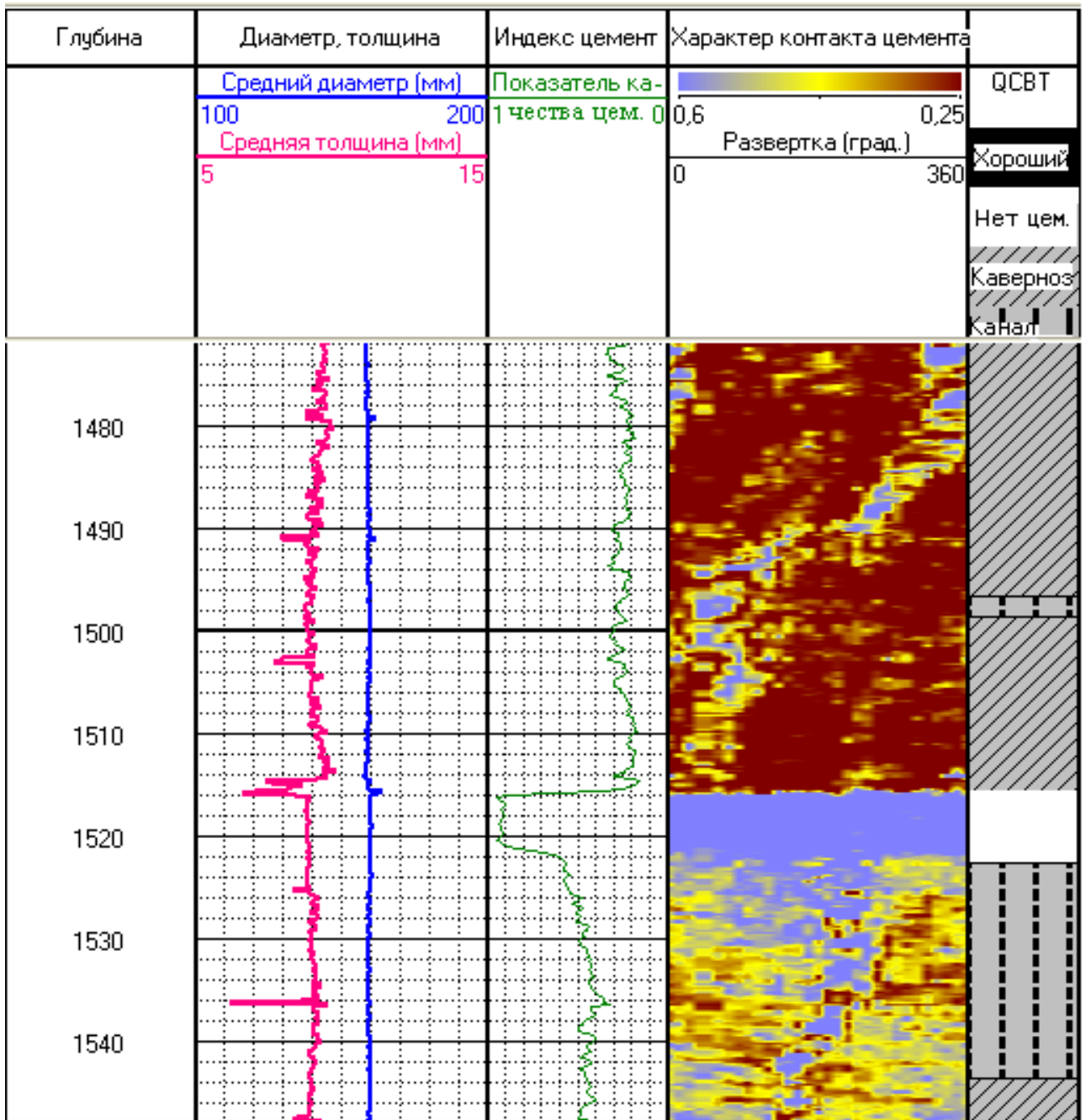


Рисунок 10 – Планшет результатов обработки данных сканера

#### **5.1.2.11. Формирование таблицы заключения**

После оценки качества цементирования имеется возможность сформировать таблицу заключения. Эта таблица строится в соответствии с колонкой цементирования и содержит шапку и три колонки: в одну записывается интервал, в другую – характер контакта, в третью – мощность (т.е. длина интервала по глубине в метрах). Таблица представляется в формате Microsoft Word™ или Microsoft Excel™.

**5.1.2.12. Пересчет и корректировка угла поворота и вычитание пиков из сигнала** – две процедуры ручной корректировки, подробно изложенные в техническом описании программы обработки. Эти процедуры призваны корректировать исходные данные очень низкого качества и не относятся к принципам получения результатов.

#### **5.1.2.13. Порядок проведение обработки данных сканера**

Резюмируя, обработку данных акустического сканера в программе пакета LogPwin можно представить в следующем порядке действий:

- открыть файл с данными и убедиться, что имеется калибровочная таблица;
- просмотреть и скорректировать таблицу технических параметров;
- определить времена вступления первых отражений (спектральный или пороговый способ);
- произвести расчет радиусов и среднего диаметра колонны, убедиться, что полученные значения находятся в допустимых пределах; положительный результат указывает на хорошее качество исходных данных;
- произвести определение толщины колонны и относительных значений амплитуд сигналов реверберации (WN);
- выполнить нормирование относительных значений амплитуд сигналов реверберации (WN) и оценку качества цемента;
- отредактировать колонку цементирования;
- сформировать таблицу заключения.

### **5.2. Обработка данных, зарегистрированных в режиме акустического телевидения (имиджер)**

Обработка данных, зарегистрированных в режиме акустического телевидения, предназначена для построения визуального изображения стенки скважины по распределению значений радиусов скважины и амплитуд первых отражений от стенки скважины в каждом поперечном сечении. Чтобы изображение было чётким, необходимо иметь измерения, перекрывающиеся по глубине скважины, т. е. каждый цикл вращения акустического преобразователя не должен отстоять от соседних более чем на два сантиметра, что соответствует скорости каротажа примерно 60 м/час.



### 5.2.1. Методика обработки данных имиджера

В отличие от данных сканера, волновые картины измерительных каналов телевизора представлены в виде массива, состоящего из 128-ми каналов амплитуд и времен экстремумов, по 32 слова на канал. Волновая картина калибровочного канала представлена массивом из 128-ми точек с шагом оцифровки 0,1 мкс.

Список мнемоник регистрируемых данных и расчетных параметров приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Список регистрируемых данных и расчетных параметров

| Мнемоника | Название   |
|-----------|--|
| WF1T      | Массив волновых картин, фазовое представление, каналы 1-128, ед. АЦП |
| WFC       | ВК калибровочного канала, ед. АЦП                                    |
| TT        | Массив времен прихода отраженного сигнала, каналы 1-128, мкс         |
| R1-R128   | Радиусы скважины, каналы 1-128, мм                                   |
| A1-A128   | Значения амплитуд первого отражения сигнала, каналы 1-128, у.е.      |
| FVEL      | Скорость звука в промывочной жидкости, м/с                           |
| CALU      | Средний диаметр скважины, мм   |
| CAMX      | Максимальный диаметр скважины, мм                                    |
| CAMN      | Минимальный диаметр скважины, мм                                     |
| AA        | Массив значений амплитуд первого отражения, у.е.                     |
| AAS       | Массив спектральных значений амплитуд первого отражения, у. е.       |
| WWW       | Смещение оси прибора от оси скважины, мм                             |

#### 5.2.1.1. Выбор программы

Выбор программы производится из меню на основной панели LogPWin по пути: «Открытый ствол – Акустический каротаж – Обработка данных акустического телевизора» (рисунок 11).

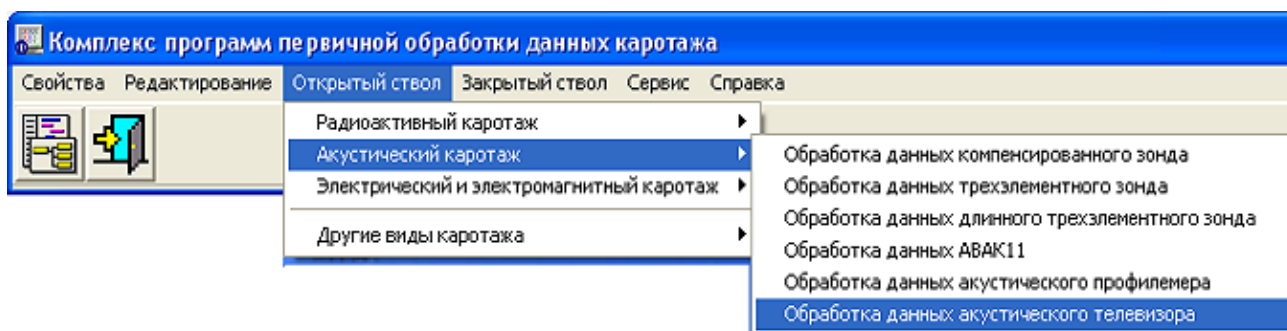


Рисунок 11 – Вид меню выбора программы обработки данных

#### 5.2.1.2. Открытие Lis-файла и визуализация данных

Выбор и открытие Lis-файла, просмотр калибровочной таблицы, визуализация данных производятся аналогично этим действиям при обработке

данных сканера. Планшет аналогичен планшету, используемому при обработке данных сканера (рисунок 12). Отличительной особенностью является то, что по умолчанию визуализируются волновые картины первых 32 каналов. Для визуализации других каналов в режиме «Имиджер» нужно в таблице технических параметров изменить «Номер пачки». Номер пачки «2» – это визуализация с 33-го по 64-ый каналы, «3» – с 65-го по 96-ой каналы, «4» – с 97-го по 128-ой каналы. При активном окне «Профиль», в поле волновых картин появится профиль скважины на данной глубине. Если контур профиля выходит за рамки окна вывода, то в таблице технических параметров следует увеличить номинальный диаметр скважины. При активном окне «Акселерометр» в поле волновых картин появится круг и значение угла между вертикалью и первым радиусом. При активном окне «Спектр» в поле волновых картин в режиме «Имиджер» появится вертикальная полоса, указывающая положение сигнала, принятого как первое отражение от стенки скважины.

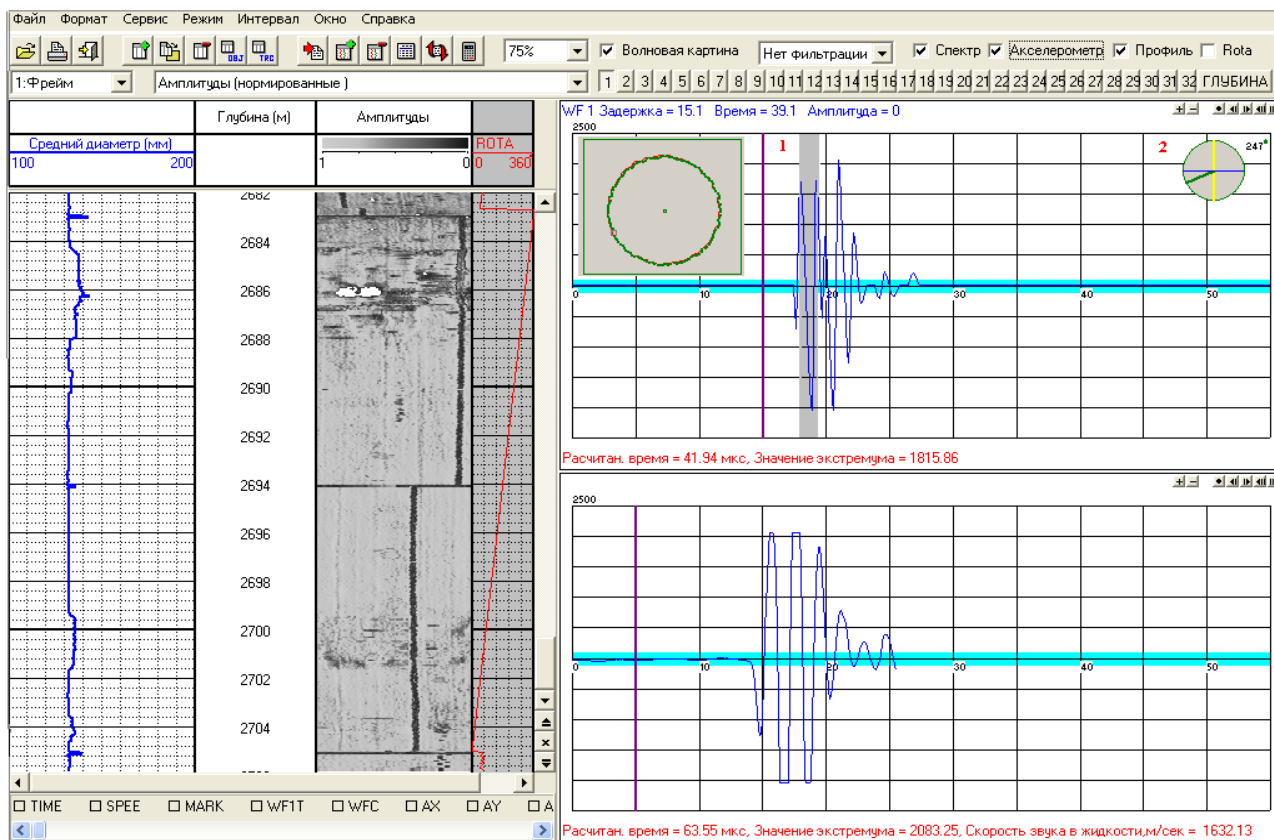


Рисунок 12 – Вид окна программы обработки данных «Имиджер»

Волновые картины фильтруются полосовым частотным фильтром, если активизирован фильтр. Горизонтальный и вертикальный масштабы изображения волновой картины регулируются в окне, появляющемся при двойном нажатии левой клавиши манипулятора «мышь» в поле одной из волновых картин или кнопками **+** **-** в правом верхнем углу.

Обработка данных акустического телевизора (имиджера) состоит в выполнении следующих действий:

### 5.2.1.3. Ввод технических параметров обработки

Параметры обработки находятся в таблице «Технические параметры обработки» (рисунок 13), которая появляется автоматически при открывании файла или при активизации пиктограммы на основной панели. Корректировка таблицы производится на основе оценок, сделанных при просмотре волновых картин, только если указанные по умолчанию значения параметров обработки явно не подходят.

| Параметры обработки                                      | Название  | Значение |
|--|-----------|----------|
| Уровень дискриминации для измерительных каналов, ед. АЦП | DSM       | 100.0    |
| Временная блокировка для измерительных каналов, мкс      | DELM (US) | 10.0     |
| Уровень дискриминации для опорного канала, ед. АЦП       | DSC       | 100.0    |
| Временная блокировка для опорного канала, мкс            | DELC (US) | 5.0      |
| Номер канала (0 - все каналы)                            | NUMB      | 0.0      |
| Номинальный диаметр скважины, мм                         | BS (MM)   | 168.0    |
| Режим вычисления среднего диаметра (0;1)                 | REGM (MM) | 0.0      |
| Величина сдвига АЦП, ед. АЦП                             | ADCS (US) | 0.0      |
| Номер пачки  | PR1 (US)  | 1.0      |
| Сдвиг измерительных датчиков, мкс                        | T0 (US)   | 72.0     |
| Сдвиг калибровочных датчиков, мкс                        | T9 (US)   | 56.0     |
| Нижняя граница частотного окна, кГц                      | FMN (KHZ) | 100.0    |
| Верхняя граница частотного окна, кГц                     | FMX (KHZ) | 1000.0   |
| Шаг дискретизации ВК, мкс                                | WFS (US)  | 0.1      |
| Знак экстремума  | IS        | 1.0      |
| Скорость звука в жидкости, м/с                           | SW (M/C)  | 1500.0   |
| Способ выбора макс. значения ампл. (0-расчет; 1 из табл) | FLGA      | 0.0      |
| Максимальное значение амплитуды                          | AMAX      | 2052.0   |

Рисунок 13 – Таблица технических параметров обработки данных имиджера

«Уровень дискриминации для измерительных каналов» не должен превышать уровень значения первого экстремума отраженного сигнала, по умолчанию равен 100 ед. АЦП.

«Временная блокировка для измерительных каналов» устанавливается такой, чтобы отсечь наводку от импульса запуска преобразователя, по умолчанию это 10 мкс.

«Уровень дискриминации для опорного канала», по умолчанию равен 100 ед. АЦП.

«Временная блокировка для опорного канала», по умолчанию равна 5 мкс.

«Номер канала» (0 - все каналы).

«Номинальный диаметр скважины», по умолчанию равен 150 мм.

«Режим вычисление среднего диаметра» («0» – через площадь

поперечного сечения; «1» – с использованием сплайна). Вычисление среднего диаметра производится с учетом смещения прибора относительно оси скважины.

«Величина сдвига АЦП» (ед. АЦП), по умолчанию равна нулю. Параметр введен для возможности чтения данных приборов, имеющих разрядность АЦП, отличающуюся от 12.

«Номер пачки». Порядковый номер пачки измерительных каналов, визуализируемых на планшете.

«Сдвиг измерительных датчиков». Сдвиг окна оцифровки относительно импульса запуска преобразователя, измеряется в микросекундах, считывается из .lis файла.

«Сдвиг калибровочного датчика». Сдвиг окна оцифровки относительно импульса запуска калибровочного преобразователя, измеряется в микросекундах и считывается из .lis файла.

«Нижняя и верхняя граница частотного окна» соответствуют граничным частотам полосы пропускания фильтра Баттерворта, задаются в килогерцах.

«Шаг дискретизации ВК» соответствует шагу оцифровки волновой картины, равен 0,1 мкс.

«Знак экстремума» показывает полярность фазы – положительной фазе соответствует «1», отрицательной – «-1». Этот параметр используется в режиме «Определение времён пороговым методом».

«Скорость звука в жидкости». Используется при отсутствии значения времени прихода отраженного сигнала на калибровочный преобразователь. По умолчанию это значение равно 1500 м/сек.

«Способ выбора максимального значения амплитуды». Если задан «0», то производится автоматическое определение амплитуды первого отражения, по которому нормируются все отражения. Если – «1», то максимальное значение используется из таблицы и его можно поменять.

«Максимальное значение амплитуды». Значение амплитуды первого отражения, по которому производится нормировка амплитуд.

#### **5.2.1.4. Обработка данных имиджера**

Для получения изображения стенки скважины необходимо определить значения радиусов скважины и амплитуд первых отражений. Таким образом, обработка состоит из вычислений времён вступлений первых отражений по измерительным каналам и калибровочному каналу. Временем прихода отраженного сигнала считается время максимального значения амплитуды первого положительного вступления. Как и для данных сканера, используются два способа вычисления времен вступления первых отражений: пороговый и спектральный. Оба способа позволяют получить времена прихода отраженного сигнала для каждого канала. Также имеется возможность профильтровать исходный сигнал полосовым фильтром, задав в таблице технических параметров нижнюю и верхнюю частоту фильтра. Частотная фильтрация данных производится в процессе обработки, если выбран фильтр в окне на основной панели, при этом исходные данные, содержащиеся в файле, остаются

в прежнем виде. Обработка производится из меню раздела «Режим» на основной панели путём последовательного выполнения действий, указанных в меню (рисунок 14).

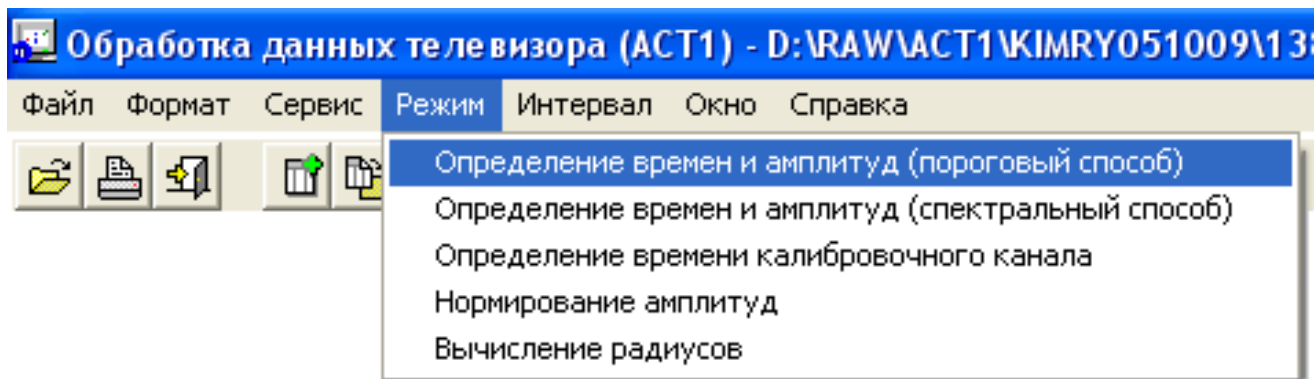


Рисунок 14 – Вид меню раздела «Режим»

#### 5.2.1.5. Определение времён и амплитуд пороговым способом

Этот способ реализует принцип определения времени первого экстремума заданного знака, амплитуда которого превышает уровень дискриминации, а время вступления – значение времени блокировки. Знак фазы, уровень дискриминации (порог) и блокировка по времени заданы в таблице технических параметров. В поле волновых картин уровень дискриминации обозначен синим цветом на волновой картине, задержка – фиолетовой вертикальной линией. В силу особенности способа оцифровки данных в скважинном приборе при работе в режиме имиджера рекомендуется использовать этот способ как основной. Результатом выполнения этого пункта является появления значений в массиве времён (ТТ) и массиве амплитуд (АА).

#### 5.2.1.6. Определение времён и амплитуд спектральным способом

Также, как и при обработке данных сканера, этот способ предпочтителен при высоком уровне помех и слабом сигнале отражения. Результат выполнения этого пункта представляется в виде массивов времён (ТТ) и амплитуд (ААS).

#### 5.2.1.7. Определение времени калибровочного канала

Данный режим введён для отдельного определения скорости звука в промысловой жидкости, чтобы не затрагивать обработку измерительных каналов, его результатом является значение скорости звука в промысловой жидкости (FVEL).

#### 5.1.2.8. Нормировка амплитуд

При выполнении данной процедуры происходит подготовка данных для визуального изображения стенки скважины в форме распределения относительных амплитуд первых отражений. Изображение развёртки появляется в колонке планшета «Амплитуды нормированные» (рисунок 15). Если в строке «Способ выбора максимального значения амплитуды» таблицы



технических параметров был признак «0», то амплитуды нормировались на значение, определённое автоматически и их относительные значения записаны в кривые с мнемониками A1,...,A128. Значение максимальной амплитуды записывается в строке «Максимальная амплитуда» таблицы технических параметров. Если установлен признак «1», то в качестве максимального значения амплитуды берётся значение из таблицы. В этом случае максимальную амплитуду можно задать вручную.

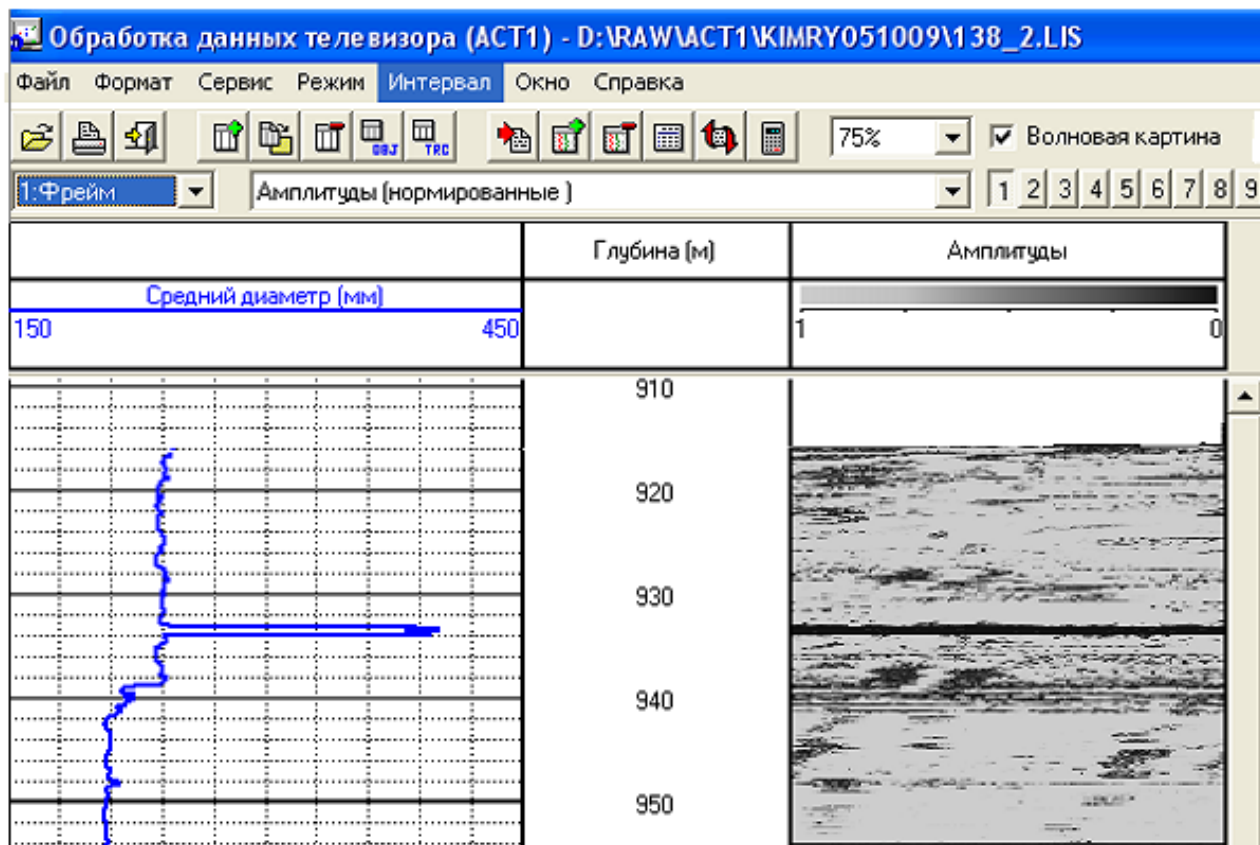


Рисунок 15 – Планшет визуального изображения стенки скважины в форме распределения относительных амплитуд

### 5.1.2.9. Вычисление радиусов

Радиусы вычисляются с использованием времён вступлений по 128-ми измерительным каналам, скорости звука в промывочной жидкости и известного расстояния от оси прибора до излучающей поверхности электроакустического преобразователя.

Результатом выполнения этого пункта меню «Режим», кроме определения размеров радиусов, является определение значений среднего, минимального и максимального диаметров скважины. Кроме того, производится построение изображения стенки скважины в форме распределения радиусов (рисунок 16).

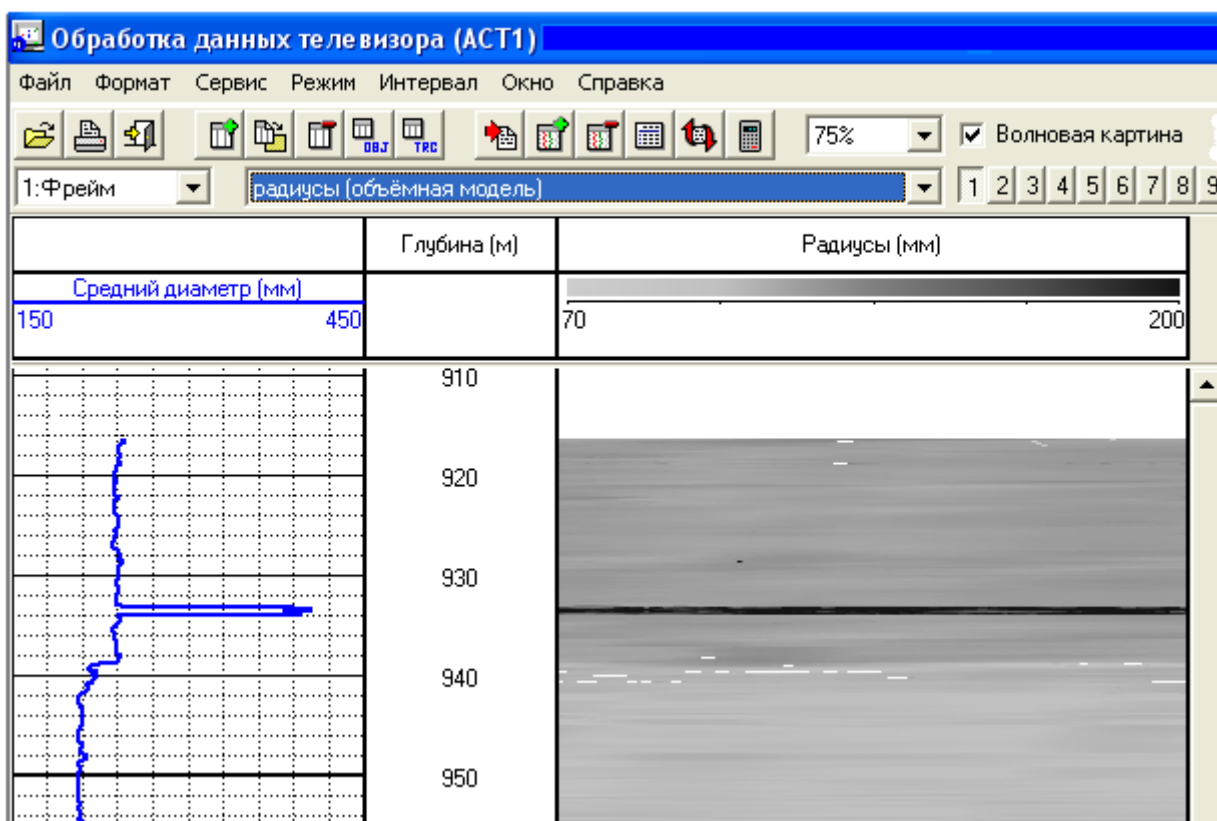


Рисунок 16 – Визуальное изображение стенки скважины в форме «Распределение радиусов»

#### 5.1.2.10. Порядок проведения обработки данных имиджера

Данные имиджера обрабатываются в следующем порядке:

- открыть файл с данными и убедиться, что имеется калибровочная таблица;
- просмотреть и скорректировать таблицу технических параметров;
- определить времена вступления первых отражений измерительных каналов пороговым способом, если сигнал очень слабый – использовать спектральный способ;
- определить время вступления сигнала калибровочного канала (скорость звука в жидкости);
- произвести нормировку амплитуд и получить изображение стенки скважины в форме распределения относительных амплитуд;
- произвести расчет радиусов и среднего диаметра скважины, убедиться, что полученные значения на интервалах номинального диаметра находятся в допустимых пределах; положительный результат указывает на хорошее качество исходных данных; убедиться в наличие качественного изображения стенки скважины.

## **Заключение**

Данное методическое руководство составлено разработчиками скважинного прибора и программного обеспечения регистрации и обработки данных. Оно включает в себя принципиальные моменты, на которые следует обратить внимание при производственной эксплуатации данной аппаратуры. Разумеется, практика привнесёт множество нюансов, но авторы надеются, что их опыт и знания полученные, при создании данной технологии и изложенные выше помогут разрешить хотя бы некоторые проблемы. Опыт применения данной аппаратуры в конкретных геолого-технических условиях может открыть новые перспективы для совершенствования скважинных приборов, программных средств и методик. Авторы будут признательны любым конструктивным замечаниям и предложениям и приложат максимум усилий для их реализации.



## Литература

1. Broding R.A. Application of the Sonic Volumetric Scan Log to Cement Evaluation // SPWLA 25<sup>th</sup> Annual Logging Symposium Transactions (1984), paper JJ.
2. Cathignal D., Sapozhnicov, and Theillere, Y. Comparison of Acoustic Fields Radiated from Piezoceramic and Piezocomposite Focused Radiators // JASA 105(5). May 1999. P 2612 – 2617.
3. Catala G., Stowe I., and Henry D. Method for Evaluation the Quality of Cement Surrounding the Casing of a Borehole. 1987, US patent # 4 703 427.
4. Faraguna J.K., Chace D.M., Schmidt M.G. An improved borehole televiewer system: image acquisition, analysis and integration. // SPWLA 30<sup>th</sup> Annual Logging Symposium Transactions (1989), paper UU.
5. Havira R.M. Ultrasonic Cement Bond Evaluation. // SPWLA 23<sup>d</sup> Annual Logging Symposium Transactions (1982), paper N.
6. Tello L.N., Molder S.D., and Holland R.M. The Fourier Transform Applied to Cased-hole Ultrasonic Scanner Measurements. // SPWLA 49<sup>th</sup> Annual Logging Symposium Transactions (2008), paper OO.
7. Zemanek J., Gleen E.E., Norton L.J., Caldwell R.L. Formation evaluation by inspection with the borehole televiewer. //Geophysics (1970), v.35, pp.254 – 269.
8. Акустический сканер-телевизор АСТ-К-80. Руководство по эксплуатации (техническое описание, инструкция по эксплуатации, методика калибровки). ООО «Нефтегазгеофизика». Тверь. 2010 г.
9. Комплекс программ первичной обработки данных каротажа LogPWin. //Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ, №2005612569.