

**ООО «Нефтегазгеофизика»**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО**  
**по проведению индукционного каротажа**  
**аппаратурой 4ИК**  
**и первичной обработке данных**

Тверь-2006

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНО ООО «Нефтегазгеофизика»

Исполнители: Вержбицкий В.В., Павлова Л.И.,  
Пантюхин В.А., Рудяк Б.В., Снежко О.М., Шеин Ю.Л.,  
Юматова Т.Г.

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

4 РАЗРАБОТАНО ВПЕРВЫЕ

Методическое руководство по проведению индукционного каротажа аппаратурой 4ИК и первичной обработке данных. – Тверь, ООО «Нефтегазгеофизика», 2005г.

Даны физические основы метода, технические характеристики аппаратуры, ее метрологическое обеспечение, изложены методики калибровки, проведения каротажа и обработки результатов измерений. Приведены основные зависимости для учета влияния геолого-технических факторов на результаты каротажа. Методическое руководство предназначено для инженерно-технических работников, использующих аппаратуру 4ИК (ИКЗ-2).

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение	4
1. Общие положения	4
2. Характеристика аппаратуры	7
2.1. Состав аппаратуры и ее программно–методическое обеспечение	8
2.2. Техническая характеристика аппаратуры	9
2.3. Регистрируемые сигналы и измеряемые параметры	10
2.4. Конструкция скважинного прибора	11
2.5. Схема функционирования скважинного прибора	13
3. Методика калибровки аппаратуры	13
3.1. Базовая калибровка аппаратуры	14
3.2. Полевая калибровка аппаратуры	15
4. Методика скважинных измерений	16
4.1. Характеристика программного обеспечения настройки и тестирования аппаратуры	16
4.2. Дискретность данных по глубине, скорость каротажа	17
4.3. Порядок работы на скважине	17
4.4. Оформление и контроль качества измерений	18
5. Первичная обработка результатов измерений	19
5.1. Характеристика программного обеспечения первичной обработки	19
5.2. Основные характеристики зондов	24
5.3. Просмотр и редактирование калибровочных данных аппаратуры	25
5.4. Учет влияния вмещающих пород	25
5.5. Оценка сдвига нулевых линий зондов	26
5.6. Расчет интерпретационных зондов	31
5.7. Учет влияния зоны проникновения и оценка электрических параметров разреза в поточечном режиме	32
5.8. Компоновка кривой сопротивления	34
5.9. Технический контроль качества	35
Список литературы	37

## ВВЕДЕНИЕ

Аппаратура 4ИК (ИКЗ-2) предназначена для проведения индукционного каротажа комплексом из четырех индукционных зондов с одновременной регистрацией активных и реактивных компонент кажущейся проводимости по каждому зонду. Дополнительно регистрируется кривая естественной поляризации (ПС).

Аппаратура выпускается в нескольких модификациях, различающихся конструктивными особенностями, габаритами, термобаропрочностью, рабочей частотой зондов и проходным либо непроходным вариантом исполнения. В табл. 1 и на рис. 1 приведены основные модификации аппаратуры и различающие их параметры.

Методическое руководство составлено по данным научно-исследовательских и опытно-методических работ и содержит сведения, необходимые для настройки аппаратуры перед каротажем, проведения измерений в скважине, обработки результатов измерений и их комплексирования с данными других методов.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Индукционный каротаж (ИК) основан на возбуждении системой генераторных катушек с гармоническим током частотой 10-250 кГц вторичных токов в породах, вскрытых скважиной, и измерении системой приемных катушек ЭДС, наведенной этими токами. Величина измеряемой ЭДС определяется электромагнитными характеристиками (электропроводностью  $\sigma$  и магнитной проницаемостью  $\mu$ ) окружающих зонд ИК горных пород и скважины. При исследовании осадочных пород, характеризующихся незначительной вариацией величины  $\mu$ , в указанном частотном диапазоне (10-250 кГц) показания зондов практически не чувствительны к  $\mu$  пород и зависят лишь от их  $\sigma$ .

В общем случае измеряемый сигнал состоит из двух составляющих: активной, сдвинутой по фазе относительно тока генераторной цепи зонда на  $\pi$ , и реактивной, сдвинутой по фазе относительно активной на  $\pi/2$ . При малых значениях удельной электрической проводимости однородной среды  $\sigma_0$  (когда отсутствует скин- эффект) величина активной составляющей сигнала пропорциональна  $\sigma_0$ , а величина реактивной составляющей, пропорциональная  $\sigma_0^{3/2}$ , пренебрежимо мала.

**Таблица 1.** Основные модификации аппаратуры 4ИК

Аппаратура	ИКЗ-2М	ИКЗ-2/40	ИКЗ-2-О, 4ИК	ИКЗ-2/40-О	4ИК-Т, ИКЗ-2Т	ИКЗ-2Т/40	4ИК-ТБ
Количество модулей	2	2	1	1	2	2	2
Диаметр, мм	73	73	73 (76)	73 (76)	76	76	76
Длина в сборе, мм	4362	4362	3522 (3710)	3522	5340	5340	5750
T <sub>max</sub> , °C	120	120	120	120	175	175	200
P <sub>max</sub> , МПа	100	100	100(120)	100	140	140	160
Рабочая частота, кГц	100	40	100	40	100	40	100
Модуль проходной	нет	нет	да	да	да	да	да

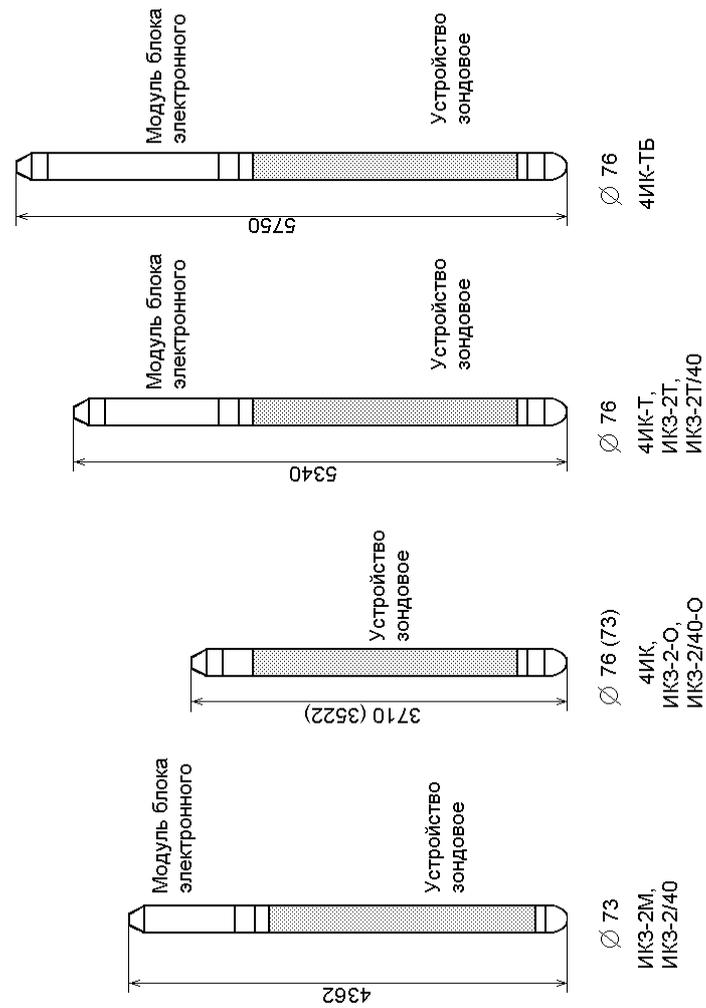


Рис.1. Основные модификации аппаратуры 4ИК.

Традиционно измеряемую величину нормируют из условия совпадения ее активной компоненты с  $\sigma_0$  в области малых значений и называют кажущейся проводимостью.

Основное назначение ИК состоит в определении удельной электрической проводимости неизменной части пласта и зоны проникновения, а также глубины зоны проникновения.

Первичная обработка результатов каротажа аппаратурой 4ИК (ИКЗ-2) предназначена для получения оценок геоэлектрических характеристик исследуемого разреза и основана на использовании характеристик зондов комплекса. Основными характеристиками зондов являются:

- зависимости, связывающие показания прибора с удельным электрическим сопротивлением однородной среды (палетки поправок за скин-эффект),
- геометрические факторы скважины, позволяющие учитывать влияния скважины на показания зондов с учетом ее диаметра, УЭС промысловой жидкости и положения прибора в скважине,
- радиальные характеристики зондов,
- вертикальные характеристики зондов,
- геометрические факторы пласта ограниченной мощности.

Результаты, получаемые с помощью алгоритмов предварительной обработки, являются приближенными, и должны уточняться при последующей обработке с использованием программ, позволяющих определять электрические характеристики разреза по данным всего имеющегося комплекса электрических методов ГИС, основанных на решениях прямой задачи – теоретических зависимостях показаний зондов в модели скважина – пласт ограниченной мощности с зоной проникновения – вмещающие породы (ЭКАР, LOGTOOLS, LOGWIN, ELESTR и т.п.).

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА АППАРАТУРЫ

Здесь и далее под аппаратурой 4ИК понимается аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий измерение активных и реактивных компонент кажущихся удельных электрических проводимостей комплексом четырех индукционных зондов – ЗИ0.5, ЗИ0.85, ЗИ1.26, ЗИ2.05 и потенциала самопроизвольной поляризации.

Аппаратура 4ИК предназначена для исследования открытого ствола нефтяных и газовых скважин, заполненных любым флюидом без содержания магнитных добавок, с номинальным диаметром до 400 мм. Область применения аппаратуры ограничивается ее техническими характеристиками (диапазоном измерений).

Аппаратура 4ИК может комплексоваться со скважинными приборами электрического, акустического, радиоактивного каротажа, кавернометрии, а модификации с проходным исполнением (4ИК, ИКЗ-2-О, ИКЗ-2/40-О, 4ИК-Т, ИКЗ-2Т, ИКЗ-2Т/40, 4ИК-ТБ) могут располагаться в связках не концевыми. Исследования методом ПС аппаратурой 4ИК возможны, когда она является концевой.

## 2.1. Состав аппаратуры и ее программно–методическое обеспечение

В состав аппаратуры 4ИК входят:

- прибор скважинный,
- тест-кольцо с набором вставок,
- комплект запасных частей и инструмента (по согласованию с заказчиком),
- техническое описание и руководство по эксплуатации, включающее инструкцию по проведению базовой калибровки,
- формуляр.

Аппаратура работает в комплексе с регистрирующим оборудованием, обеспечивающим прием и передачу информации в коде Манчестер-2, каротажной станцией с трехжильным грузонесущим кабелем длиной до 8000м.

Программное обеспечение регистратора «КАРАТ» позволяет выполнять:

- настройку и тестирование прибора на базе (для ремонтных служб предприятия),
- базовую калибровку аппаратуры,
- тестирование прибора перед каротажем (для операторского состава),
- регистрацию данных,
- первичную обработку данных зондов 4ИК (получение исправленных за скин-эффект кривых кажущихся сопротивлений зондов и оценку электрических характеристик разреза).

Палеточные данные зондов аппаратуры 4ИК включены в программно-методическое обеспечение ЭКАР, LOGTOOLS, LOGWIN [1], что позволяет проводить полную интерпретацию результатов измерений аппаратуры в комплексе с другими электрическими методами ГИС.

Подробные сведения об аппаратуре приведены в техническом описании и руководстве по эксплуатации [2].

## 2.2. Техническая характеристика аппаратуры

Аппаратура 4ИК (ИКЗ-2) характеризуется следующими параметрами:

Длина скважинного прибора, мм	3710 (5340, 5750)
Макс. диаметр скважинного прибора, мм	73 (76)
Масса скважинного прибора, кг	55 (65, 80)
Макс. рабочая температура, °С	120 (175, 200)
Макс. рабочее давление, МПа	100 (140, 160)
Скорость каротажа, м/час	1200 ÷ 1500
Телеметрия	Манчестер-2, 22кбод
Число регистрируемых цифровых каналов	16
Число регистрируемых аналоговых каналов	1 (ПС)
Число измеряемых параметров	20
Диапазон диаметров исследуемых скважин, мм	90 ÷ 350
Питание скважинной аппаратуры	~ 220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность, Вт	5 (15)

В табл. 2 приведены диапазоны измерений кажущейся удельной электрической проводимости ( $\sigma_k$ ) и исправленного за скин-эффект кажущегося удельного электрического сопротивления ( $\rho_k$ ) зондами комплекса 4ИК.

**Таблица 2.** Диапазоны измерений зондов аппаратуры 4ИК

Зонд	Канал	Диапазон измерений			
		f = 100 кГц (ИКЗ-2М, ИКЗ-2-О, ИКЗ-2Т)		f = 40 кГц (ИКЗ-2/40, ИКЗ-2/40-О)	
		$\sigma_{к}$ , мСм/м	$\rho_{к}$ , Ом·м	$\sigma_{к}$ , мСм/м	$\rho_{к}$ , Ом·м
ЗИ0.5	Активный	3 ÷ 1500	0.3 ÷ 300	10 ÷ 4000	0.2 ÷ 100
	Реактивный	3 ÷ 1500	0.3 ÷ 20	10 ÷ 2000	0.2 ÷ 7
ЗИ0.85	Активный	3 ÷ 1000	0.5 ÷ 300	10 ÷ 3000	0.2 ÷ 100
	Реактивный	3 ÷ 1000	0.3 ÷ 30	10 ÷ 2000	0.2 ÷ 9
ЗИ1.26	Активный	3 ÷ 500	0.8 ÷ 300	10 ÷ 1500	0.2 ÷ 100
	Реактивный	3 ÷ 1000	0.3 ÷ 35	10 ÷ 2000	0.2 ÷ 12
ЗИ2.05	Активный	3 ÷ 300	2.0 ÷ 300	10 ÷ 600	0.2 ÷ 100
	Реактивный	3 ÷ 700	0.3 ÷ 45	10 ÷ 1500	0.2 ÷ 15

Пределы допускаемой основной погрешности измерений активных и реактивных компонент кажущихся проводимостей в диапазоне по табл. 2 составляют 3% от текущего значения  $\pm 1$  мСм/м для аппаратуры ИКЗ-2/40, для ИКЗ-2/40-О –  $\pm 3$  мСм/м). Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерений, вызванные изменением температуры окружающей среды в диапазоне рабочих температур, составляют 0,2 предела допускаемой основной погрешности на каждые 10°C свыше 25°C.

### 2.3. Регистрируемые сигналы и измеряемые параметры

Аппаратура 4ИК обеспечивает регистрацию 16 сигналов (по 4 на каждый зонд ИК):

- **C1A+, C1A-, C1R+, C1R-** - данные зонда ЗИ0.5,
- **C2A+, C2A-, C2R+, C2R-** - данные зонда ЗИ0.85,
- **C3A+, C3A-, C3R+, C3R-** - данные зонда ЗИ1.26,
- **C4A+, C4A-, C4R+, C4R-** - данные зонда ЗИ2.05.

Аппаратура 4ИК обеспечивает измерение 20 параметров (по 5 на каждый зонд ИК):

- $\sigma_{к 1}^a, \sigma_{к 1}^p, \rho_{к 1}^a, \rho_{к 1}^p, ICF1$ - значения активной и реактивной компонент кажущейся проводимости ( $\sigma$ ) и кажущегося сопротивления ( $\rho$ ), и текущее значение относительного коэффициента преобразования зонда ЗИ0.5,
- $\sigma_{к 2}^a, \sigma_{к 2}^p, \rho_{к 2}^a, \rho_{к 2}^p, ICF2$ - значения активной и реактивной компонент кажущейся проводимости ( $\sigma$ ) и кажущегося сопротивления ( $\rho$ ), и текущее значение относительного коэффициента преобразования зонда ЗИ0.85,
- $\sigma_{к 3}^a, \sigma_{к 3}^p, \rho_{к 3}^a, \rho_{к 3}^p, ICF3$ - значения активной и реактивной компонент кажущейся проводимости ( $\sigma$ ) и кажущегося сопротивления ( $\rho$ ), и текущее значение относительного коэффициента преобразования зонда ЗИ1.26,
- $\sigma_{к 4}^a, \sigma_{к 4}^p, \rho_{к 4}^a, \rho_{к 4}^p, ICF4$ - значения активной и реактивной компонент кажущейся проводимости ( $\sigma$ ) и кажущегося сопротивления ( $\rho$ ), и текущее значение относительного коэффициента преобразования зонда ЗИ2.05.

Измерение 4-х активных и 4-х реактивных компонент кажущейся проводимости осуществляется с помощью 16-ти опорных сигналов  $A_{i+}, A_{i-}, R_{i+}, R_{i-}$  ( $i=1 \div 4$ ), поступающих в общую измерительную цепь с генераторной цепи  $i$ -го зонда. Различные для каждого зонда опорные сигналы имеют фиксированную (в мСм/м) амплитуду и фазы  $0, \pi/2, \pi$  и  $3/2\pi$  соответственно относительно активной компоненты полезного сигнала. В приемной цепи регистрируются и оцифровываются абсолютные значения результатов векторного сложения опорных сигналов каждого зонда с его полезным сигналом ( $CiA+, CiA-, CiR+, CiR-, i=1 \div 4$ ). Поскольку опорные и полезные сигналы для каждого зонда имеют общие генераторную и измерительную цепи, то избыточность числа регистрируемых данных позволяет в каждом цикле измерений определять относительные коэффициенты преобразования зондов  $ICF_i$  и корректировать масштаб при определении активных и реактивных компонент кажущейся проводимости зондов  $\sigma_{к i}^a, \sigma_{к i}^p$  ( $i=1 \div 4$ ). Активные и реактивные компоненты кажущихся сопротивлений зондов  $\rho_{к i}^a, \rho_{к i}^p$  определяются по палеткам исправления за скин-эффект.

#### 2.4. Конструкция скважинного прибора

Конструктивно скважинный прибор в модификациях ИКЗ-2М, ИКЗ-2/40, ИКЗ-2Т, 4ИК-Т, ИКЗ-2Т/40, 4ИК-ТБ состоит из модуля блока электронного и устройства зондового.

Устройство зондовое содержит индукционные зонды, размещенные в баропрочном радиопрозрачном корпусе. Основой радиопрозрачного корпуса являются керамические кольца, скрепленные по специальной технологии между собой и с металлическими законцовками. Снаружи корпус имеет слой резины, который служит амортизатором. Снизу к радиопрозрачному корпусу крепится на резьбе пробка, являющаяся электродом ПС. Устройство зондовое содержит 10 катушек, закрепленных на дюралево́м стержне специального профиля. Все катушки представляют собой расположенные на каркасах обмотки, внутрь которых вставлены сердечники, состоящие из набора ферритовых колец. На стержне также установлены электронные платы усилителя, коммутатора и четырех генераторов. Все элементы жестко закреплены на стержне винтами. На нижнем конце стержня через электрический разделитель закреплен наконечник, обеспечивающий электрический контакт третьей жилы кабеля с нижней пробкой, являющейся электродом ПС. Крепеж верхнего конца стержня выполнен с подпружиниванием, что обеспечивает амортизацию зондов.

Модуль блока электронного содержит металлический охранный кожух и собственно блок электронный, состоящий из сварного шасси, на котором крепятся платы:

- питания,
- стабилизатора;
- АЦП;
- контроллера,
- телеметрического трансформатора.

В термостойкой аппаратуре 4ИК, ИКЗ-2Т, ИКЗ-2Т/40, ИКЗ-ТБ шасси блока электронного помещается в сосуд Дюара, обеспечивающий работоспособность аппаратуры в течение 4-х часов при температуре окружающей среды до 175°C (200°C).

В верхней головке модуля блока электронного расположен 7-миконтактный разъем, предназначенный для электрического соединения прибора с кабельным наконечником. Электрический контакт между двумя модулями скважинного прибора осуществляется с помощью 19-ти (26-ти) контактного разъема типа 2РМ (4РТ), а механическое соединение – с помощью резьбовой разрезной втулки.

Герметизация обоих модулей осуществляется с помощью резиновых уплотнительных колец.

При транспортировании и хранении модуль электронного блока и устройство зондовое закрываются специальными колпаками.

Модификации аппаратуры 4ИК, ИКЗ-2-О и ИКЗ-2/40-О конструктивно отличаются тем, что вся электроника размещается в зондовом устройстве, благодаря чему скважинный прибор состоит из одного модуля, заканчивающегося снизу семиштырьковым геофизическим разъемом типа розетка (вилкой типа СН-67-7).

### 2.5. Схема функционирования скважинного прибора

Блок телеметрии скважинного прибора по команде от наземного измерительного комплекса осуществляет выдачу в линию связи следующих 16-ти информационных сигналов:

- C1A+, C1A-, C1R+, C1R-            -        данные зонда ЗИ0.5,
- C2A+, C2A-, C2R+, C2R-            -        данные зонда ЗИ0.85,
- C3A+, C3A-, C3R+, C3R-            -        данные зонда ЗИ1.26,
- C4A+, C4A-, C4R+, C4R-            -        данные зонда ЗИ2.05.

После этого выполняется полный цикл измерений зондами и запись результатов измерений в память прибора для передачи данных наверх по следующему запросу.

По отдельному запросу дополнительно выдается “электронный” номер прибора и версия программного обеспечения прибора (в аппаратуре 4ИК, ИКЗ-2-О, ИКЗ-2/40-О, 4ИК-Т, ИКЗ-2Т, ИКЗ-2Т/40, 4ИК-ТБ).

### 3. Методика калибровки аппаратуры

Калибровка аппаратуры ИКЗ-2 осуществляется аккредитованными метрологическими службами геофизического предприятия в соответствии с прилагаемым к комплекту аппаратуры руководством по эксплуатации [2], в которой регламентированы условия, средства и операции калибровки, описана методика калибровки аппаратуры.

Калибровка осуществляется при вводе аппаратуры в эксплуатацию и периодически один раз в 3 месяца в процессе эксплуатации, а также после каждого ремонта аппаратуры.

Аппаратура предполагает проведение базовой и полевой калибровок. Целью базовой калибровки является измерение 32 калибровочных констант (по 8 на каждый зонд):

- 16 - значения регистрируемых сигналов зондов в воздухе,
- 8 - коэффициенты преобразования активного и реактивного каналов зондов из единиц АЦП в мСм/м,
- 8 - фазовые сдвиги опорных сигналов зондов относительно своих номинальных значений.

На основании данных базовой калибровки по регистрируемым сигналам аппаратуры (16 цифровых каналов) определяются измеряемые физические параметры – активные и реактивные компоненты кажущихся проводимостей зондов.

### **3.1.Базовая калибровка аппаратуры**

Базовая калибровка аппаратуры выполняется с использованием тест-кольца и набора резисторных и конденсаторных вставок, имитирующих заданные значения кажущихся проводимостей зондов для активных и реактивных компонент сигнала.

Особое значение следует уделять выбору места проведения базовой калибровки. Скважинный прибор должен находиться от земли на расстоянии не менее 1.5 м. В грунте не должно быть металлических предметов. Расстояние до ближайших металлических предметов должно быть не менее 5-ти метров.

В процессе калибровки аппаратуры тест-кольцо устанавливается поочередно в точки максимума тест-характеристик зондов, которым соответствуют метки на корпусе скважинного прибора. Порядок выполнения базовой калибровки указан в табл. 3, где в скобках приведены номиналы вставок для аппаратуры, работающей на частоте 40 кГц (ИКЗ-2/40, ИКЗ-2/40-О, ИКЗ-2Т/40).

Результат базовой калибровки документируется в файле базовой калибровки с указанием даты ее проведения и параметров использованного оборудования (номер прибора, номер калибровочной установки, номиналы вставок и др.).

Кроме того, создается протокол базовой калибровки прибора, рекомендуемая форма которого приведена в табл. 4.

Таблица 3. Порядок проведения базовой калибровки

Зонд	Вставки		
	Название	Обозначение	
ЗИ0.5	1.	Разомкнутое тест-кольцо	
	2.	Активная вставка 100 (600) мСм/м	A100 (A600)
	3.	Реактивная вставка 100 (600) мСм/м	P100 (P600)
ЗИ0.85	4.	Разомкнутое тест-кольцо	
	5.	Активная вставка 100 (600) мСм/м	A100 (A600)
	6.	Реактивная вставка 100 (600) мСм/м	P100 (P600)
ЗИ1.26	7.	Разомкнутое тест-кольцо	
	8.	Активная вставка 100 (600) мСм/м	A100 (A600)
	9.	Реактивная вставка 100 (600) мСм/м	P100 (P600)
ЗИ2.05	10.	Разомкнутое тест-кольцо	
	11.	Активная вставка 100 (300) мСм/м	A100 (A300)
	12.	Реактивная вставка 100 (600) мСм/м	P100 (P600)
	13.	Нули в воздухе всех зондов	

Таблица 4. Рекомендуемая форма протокола базовой калибровки

Протокол базовой калибровки аппаратуры 4ИК.								
Дата проведения калибровки: хх.хх.200х					Заводской номер прибора: ххх			
Зонд	Сигнал в воздухе (единицы АЦП)				Сдвиги фаз (радиан)		Кэфф. зонда (мСм/м)	
	A+	A-	R+	R-	Актив	Реакт	Актив	Реакт
ЗИ0.5	ххххх.	ххххх.	ххххх.	ххххх.	±.ххх	±.ххх	.ххххх	.ххххх
ЗИ0.85	ххххх.	ххххх.	ххххх.	ххххх.	±.ххх	±.ххх	.ххххх	.ххххх
ЗИ1.26	ххххх.	ххххх.	ххххх.	ххххх.	±.ххх	±.ххх	.ххххх	.ххххх
ЗИ2.05	ххххх.	ххххх.	ххххх.	ххххх.	±.ххх	±.ххх	.ххххх	.ххххх
Калибровку выполнил:					/ФИО/			

### 3.2. Полевая калибровка аппаратуры

Полевая калибровка аппаратуры 4ИК выполняется с целью установления ее работоспособности и контроля стабильности нулевых уровней зондов. Полевая калибровка выполняется как до каротажа, так и после каротажа.

При проведении полевой калибровки скважинный прибор должен находиться от земли на расстоянии не менее 1,5 м на специальных деревянных стойках. В грунте не должно быть металлических предметов. Расстояние до ближайших металлических предметов должно быть не менее 5-ти метров. Полевая калибровка до и после каротажа должна проводиться на одном и том же месте. Полевая калибровка аппаратуры 4ИК состоит в записи нулевых уровней зондов.

Результат полевой калибровки документируется в файле регистрации (LIS- формат). Кроме того, создается протокол полевой калибровки прибора, рекомендуемая форма которого приведена в табл. 5.

**Таблица 5.** Рекомендуемая форма протокола полевой калибровки аппаратуры

Зонд	Регистрируемые сигналы (единицы АЦП)				Измеряемые параметры		
					$\sigma_k^a$ (мСм/м)	$\sigma_k^p$ (мСм/м)	ICF
	A+	A-	R+	R-			
Полевая калибровка до каротажа							
ЗИ0.5	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	±xxx.x	±xxx.x	x.xxxx
ЗИ0.85	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	±xxx.x	±xxx.x	x.xxxx
ЗИ1.26	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	±xxx.x	±xxx.x	x.xxxx
ЗИ2.05	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	±xxx.x	±xxx.x	x.xxxx
Полевая калибровка после каротажа							
ЗИ0.5	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	±xxx.x	±xxx.x	x.xxxx
ЗИ0.85	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	±xxx.x	±xxx.x	x.xxxx
ЗИ1.26	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	±xxx.x	±xxx.x	x.xxxx
ЗИ2.05	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	xxxxx.	±xxx.x	±xxx.x	x.xxxx

## 4. МЕТОДИКА СКВАЖИННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

### 4.1. Характеристика программного обеспечения настройки и тестирования аппаратуры

Программное обеспечение (ПО) настройки и тестирования аппаратуры 4ИК, функционирующее в составе регистратора “КАРАТ”, предназначено для проверки работоспособности прибора и настройки линии связи, а именно:

- *обеспечения питания прибора;*
- *настройки приема сигнала и параметров опроса прибора;*
- *визуализации принимаемой информации;*
- *чтения и просмотра “электронного” номера прибора, версии программного обеспечения прибора.*

Подробное описание этого ПО поставляется с технической документацией на регистратор “КАРАТ”.

### 4.2. Дискретность данных по глубине, скорость каротажа

Рекомендуемая дискретность записи данных по глубине:

- *10 см при детальных исследованиях,*
- *20 см при общих исследованиях.*

Скорость каротажа при общих исследованиях не должна превышать 2000м/ч, при детальных – 1500 м/ч.

### 4.3. Порядок работы на скважине

Измерения на скважине проводятся в соответствии с [3] и технологической схемой, обеспечиваемой используемым регистратором, в следующей последовательности:

- *развертывание аппаратуры, ее включение, прогрев, настройка и проверка работоспособности;*
- *проверка наличия результатов базовой калибровки (при отсутствии - выполнение базовой калибровки в соответствии с инструкцией);*
- *проведение полевой калибровки до каротажа (выполняется с целью контроля стабильности работы аппаратуры);*

- спуск прибора в скважину;
- проведение каротажа с повторением интервала (не менее 50 м) с наибольшей дифференциацией, либо интервала, представляющего наибольший интерес;
- извлечение прибора из скважины;
- проведение полевой калибровки после каротажа (выполняется с целью контроля стабильности работы аппаратуры);
- выключение и свертывание аппаратуры.

При спуске прибора в скважину и проведении каротажа обязательному контролю (дополнительно к [3]) подлежат стабильность приема данных (количество сбоев по приему данных не должно превышать 1 на 10 метров записи) и параметров питания аппаратуры.

Для качественной регистрации ПС следует согласно [3] уделять особое внимание обратному измерительному электроду («рыбе»). Использование в качестве обратного измерительного электрода ПС общей земли каротажной станции недопустимо, так как это может существенно снижать качество записи ПС.

#### 4.4. Оформление и контроль качества измерений

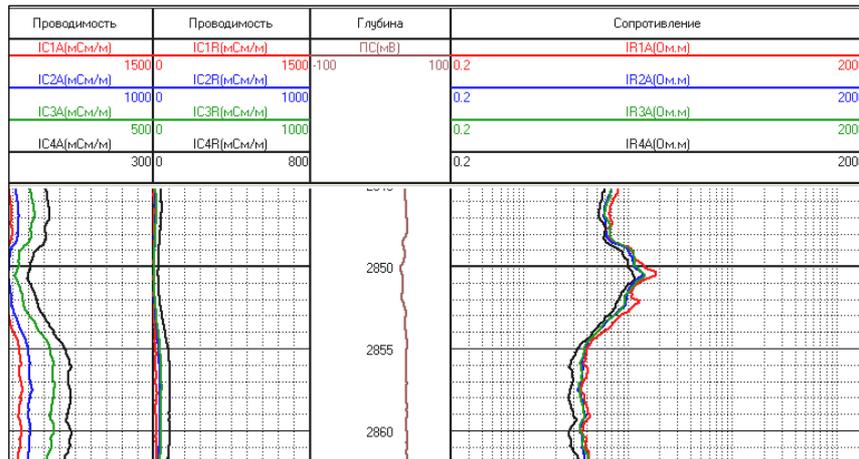
Редактирование результатов каротажа является обязательным этапом, выполняемым оператором на скважине после завершения измерений данным (очередным) прибором. Этап редактирования обеспечивает увязку данных по магнитным меткам с учетом точек записи зондов, а также подготовку файла с последующим проведением контроля качества каротажа. Основные положения контроля качества измерений регламентируются технической инструкцией [3]. Кроме того, должны выполняться следующие требования:

Значения относительных коэффициентов преобразования зондов **ICF1**, **ICF2**, **ICF3**, **ICF4** должны находиться в пределах  $0,7 \div 1,2$  для аппаратуры термостойкостью 120°C и  $0,6 \div 1,3$  для аппаратуры термостойкостью 175°C.

Для каждого зонда измеренные при полевой калибровке значения активных компонент сигналов в воздухе  $\sigma_k^a$  до и после каротажа не должны различаться между собой более чем на 6 мСм/м, а значения реактивных компонент  $\sigma_k^p$  – более чем на 10 мСм/м.

Общие требования к составу и форматам передаваемой Заказчику документации определяются технической инструкцией [3], дополнительные – соответствующими соглашениями заказчика и исполнителя работ.

Рекомендуемые форматы вывода калибровочных данных и результатов каротажа на твердых копиях для аппаратуры 4ИК приведены в табл. 4, 5 и на рис. 2



**Рис. 2** Рекомендуемый формат вывода результатов каротажа на твердых копиях

### 5. ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Первичная обработка результатов каротажа аппаратурой 4ИК предназначена для получения оперативной оценки геоэлектрических характеристик исследуемого разреза и основана на использовании простейших пространственных характеристик измерительных зондов комплекса. Получаемые с помощью программы первичной обработки результаты следует рассматривать лишь как достаточно грубые оценки электрических характеристик разреза.

#### 5.1. Характеристика программного обеспечения первичной обработки

Программное обеспечение первичной обработки данных каротажа аппаратурой 4ИК (ИКЗ-2) [5] предназначено для расчета исправленных за влияние скважинных условий измерений геофизических параметров (кажущихся удельных электрических сопротивлений) и позволяет проводить обработку результатов каротажа, записанных в LIS-формате. Программное обеспечение реализовано в операционных средах WINDOWS-98/2000/XP.

Программы первичной обработки обеспечивают выполнение следующих основных функций:

- просмотр и редактирование калибровочных данных (рис. 3) с возможностью просмотра и выбора результатов одновременных базовых калибровок, записанных в файл базовых калибровок (рис. 4);
- просмотр, корректировку и ввод параметров условий обработки первичных данных (рис. 5);
- графический и цифровой просмотр данных каротажа в выбранном формате представления данных (рис. 6);
- вычисление измеряемых параметров по регистрируемым сигналам с использованием данных калибровки (рис. 7).

Дополнительно программы первичной обработки предоставляют следующие сервисные функции:

- обратную фильтрацию кривых сопротивления;
- оценку сдвига нуля;
- расчет интерпретационных зондов;
- оценку сопротивления пласта;
- компоновку кривой сопротивления
- технический контроль качества данных измерений.

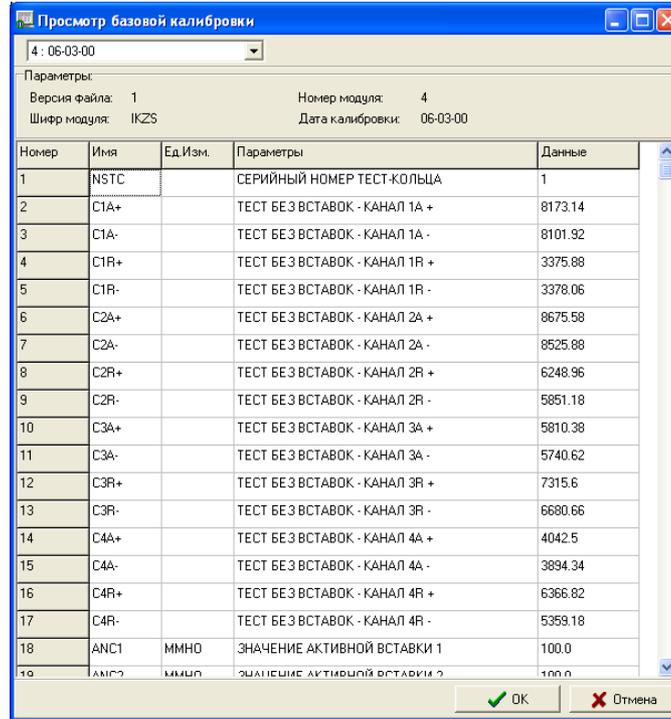
Подробное описание этого программного продукта поставляется вместе с ПО.

Калибровочные данные модуля ИКЗ-2

Шифр модуля: **IKZS: 1A**

Калибровка	Зонд	Сигнал в воздухе (единицы АЦП)				Сдвиги фаз (радиан)		Козф. зонда (мСм/м)		Прямое поле (мСм/м)		Опорный сигнал (мСм/м)	
		A+	A-	R+	R-	Актив.	Реакт.	Актив.	Реакт.	Актив.	Реакт.	Актив.	Реакт.
базовая	ЗИ0.5	8130.80	8072.80	3160.40	3244.60	-0.011	0.009	0.3233	0.3233	9.38	-13.61	2619.52	1035.45
	ЗИ0.85	8550.40	8478.00	6096.20	6053.00	0.018	0.009	0.1640	0.1640	5.94	3.54	1396.38	996.27
	ЗИ1.26	5851.20	5890.80	7096.00	7172.80	0.007	-0.006	0.1495	0.1495	-2.96	-5.74	877.96	1066.90
	ЗИ2.05	4077.40	4015.20	6107.60	6042.20	0.038	0.012	0.1379	0.1379	4.29	4.51	557.97	837.71
до каротажа	ЗИ0.5	8130.80	8072.80	3160.40	3244.60	---	---	---	---	9.38	-13.61	---	---
	ЗИ0.85	8550.40	8478.00	6096.20	6053.00	---	---	---	---	5.94	3.54	---	---
	ЗИ1.26	5851.20	5890.80	7096.00	7172.80	---	---	---	---	-2.96	-5.74	---	---
	ЗИ2.05	4077.40	4015.20	6107.60	6042.20	---	---	---	---	4.29	4.51	---	---
после каротажа	ЗИ0.5	8130.80	8072.80	3160.40	3244.60	---	---	---	---	9.38	-13.61	---	---
	ЗИ0.85	8550.40	8478.00	6096.20	6053.00	---	---	---	---	5.94	3.54	---	---
	ЗИ1.26	5851.20	5890.80	7096.00	7172.80	---	---	---	---	-2.96	-5.74	---	---
	ЗИ2.05	4077.40	4015.20	6107.60	6042.20	---	---	---	---	4.29	4.51	---	---
рабочая	ЗИ0.5	8130.80	8072.80	3160.40	3244.60	-0.011	0.009	0.3233	0.3233	9.38	-13.61	2619.52	1035.45
	ЗИ0.85	8550.40	8478.00	6096.20	6053.00	0.018	0.009	0.1640	0.1640	5.94	3.54	1396.38	996.27
	ЗИ1.26	5851.20	5890.80	7096.00	7172.80	0.007	-0.006	0.1495	0.1495	-2.96	-5.74	877.96	1066.90
	ЗИ2.05	4077.40	4015.20	6107.60	6042.20	0.038	0.012	0.1379	0.1379	4.29	4.51	557.97	837.71

Рис. 3. Просмотр и редактирование данных калибровок аппаратуры 4ИК



**Рис. 4.** Просмотр и выбор данных базовых калибровок, задокументированных в файле базовой калибровки

Таблица технических параметров обработки

Условия обработки	Название	Мнемоника	Ед.Изм.	Значение
	Номинальный диаметр скважины, мм	BS	ММ	200.0
	Сопротивление ПЖ на подошве инт., Ом/м	PM	ОНММ	1.0
	Температура на подошве интервала, °С	BHT	DEGC	20.0
	Сдвиг нуля - IC1A, мСм/м	I1AZ	ММНО	0.0
	Сдвиг нуля - IC1R, мСм/м	I1RZ	ММНО	0.0
	Сдвиг нуля - IC2A, мСм/м	I2AZ	ММНО	0.0
	Сдвиг нуля - IC2R, мСм/м	I2RZ	ММНО	0.0
	Сдвиг нуля - IC3A, мСм/м	I3AZ	ММНО	0.0
	Сдвиг нуля - IC3R, мСм/м	I3RZ	ММНО	0.0
	Сдвиг нуля - IC4A, мСм/м	I4AZ	ММНО	0.0
	Сдвиг нуля - IC4R, мСм/м	I4RZ	ММНО	0.0

Сохранить       

Рис. 5 Просмотр, корректировка и ввод условий обработки первичных данных

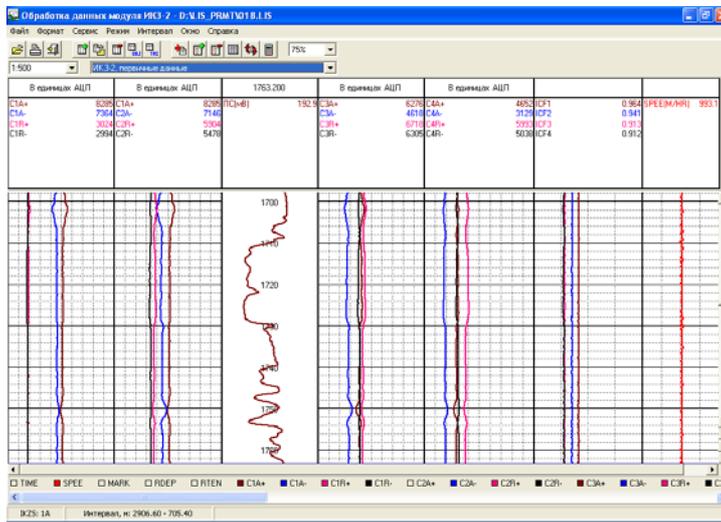


Рис. 6 Графический и цифровой просмотр данных каротажа

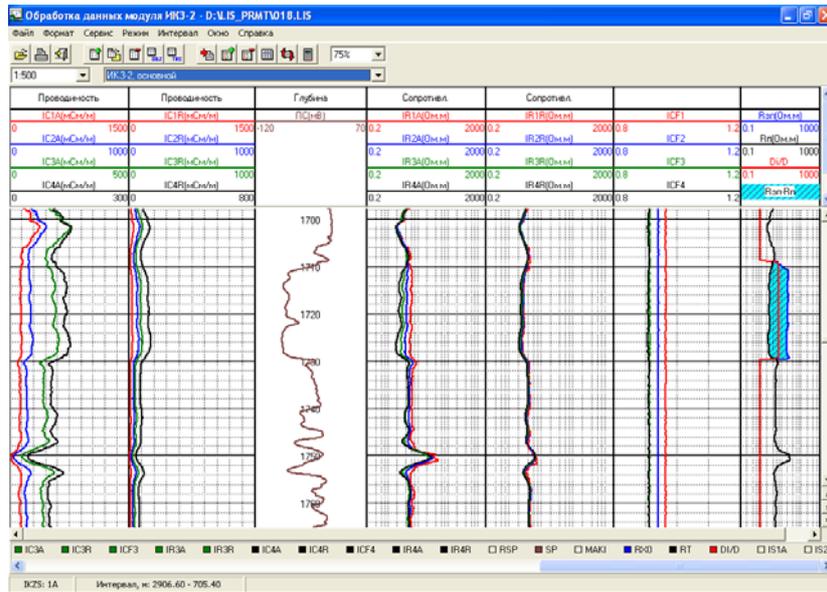


Рис. 7 Вычисление измеряемых параметров по регистрируемым сигналам с использованием данных калибровки

### 5.2. Основные характеристики зондов

Основными характеристиками зондов аппаратуры 4ИК являются:

- зависимости, связывающие показания зондов с удельным электрическим сопротивлением однородной изотропной среды (рис.8 для аппаратуры с рабочей частотой 100 кГц и рис.9 для аппаратуры с рабочей частотой 40 кГц);
- геометрические факторы скважины для центрированного и лежащего на стенке скважины прибора (рис.10);
- интегральные радиальные характеристики зондов (рис.11);
- дифференциальные вертикальные характеристики зондов (рис.12);
- геометрические факторы пласта ограниченной мощности (рис.13).

Основные характеристики зондов используются в программах предварительной обработки и отражают реальные свойства аппаратуры – диапазон измерений кажущихся проводимостей зондов, чувствительность показаний зондов к параметрам скважины, глубинность зондов в радиальном направлении и их разрешающую способность в вертикальном направлении.

### 5.3. Просмотр и редактирование калибровочных данных

Данные калибровочной таблицы, хранящейся в LIS-файле, получены с использованием результатов базовой калибровки (рис.3), с которой проводились измерения аппаратурой. Результаты данной базовой калибровки можно просмотреть при нажатии на кнопку “**Базовая калибровка**”.

В программе предусмотрена возможность изменения табличных данных и дальнейшего их использования для вычисления измеряемых параметров по регистрируемым сигналам (первичной обработки). Для этого можно ввести нужные величины вручную или выбрать интересующие результаты калибровки из файла базовых калибровок (пункт меню “**Сервис/ Базовая калибровка**”, рис.4).

Первичная обработка с использованием новых калибровочных данных предполагает выбор так называемой “**рабочей калибровки**” (рис.3).

### 5.4. Учет влияния вмещающих пород

Для эффективного учета влияния вмещающих пород на показания зондов и симметризации исходно несимметричных кривых профилирования зондов используются фильтры, построенные на основе вертикальных геометрических факторов, рассчитанных в низкочастотном приближении Долля [4]. Процедура фильтрации исходных кривых кажущихся проводимостей выражается простой алгебраической формулой:

$$\sigma_k^\Phi(j) = \sum_{i=-N}^N \alpha_i \cdot \sigma_k^{ac}(i+j),$$

где  $\sigma_k^{ac}$  – исправленная за скин-эффект активная компонента кажущейся проводимости зонда,  $\sigma_k^\Phi$  – результат фильтрации,  $\alpha_i$  – заранее найденные коэффициенты фильтра зонда для шага квантования 10 см,  $j$  – порядковый номер записи, а величина  $N = 20$  соответствует общей длине фильтра 4 м (одинаковой для всех зондов). В том случае, когда шаг записи не совпадает с шагом фильтра 10 см, процедуре фильтрации предшествует процедура интерполяции данных для определения данных в точках через 10 см.

Процедура фильтрации позволяет повысить вертикальное разрешение в 1,5 – 2,5 раза, одновременно симметризуя кривые профилирования, однако ее применение в низкоомных разрезах с контрастными границами может приводить к эффектам «псевдорасчленения». Этот факт связан с тем приближением, в рамках которого строились фильтры, – приближением Долля, хорошо работающим в высокоомной области.

#### **5.5. Оценка сдвига нулевых линий зондов**

Для оценки сдвига нуля нужно предварительно выделить опорные непроницаемые пласты (глин). Если выделенных пластов два или более, то предполагается автоматический режим оценки, если один – ручной. В ручном режиме оператор (интерпретатор) имеет возможность установить на выбранное им значение удельного электрического сопротивления опорного пласта вертикальный маркер. По этому значению УЭС пласта и вычисляются сдвиги нулей всех кривых кажущихся проводимостей (активных и реактивных). Найденные сдвиги заносятся в таблицу параметров условий обработки (рис. 5). Для внесения изменений в кривые кажущихся проводимостей (и соответствующих кривых сопротивлений) необходимо после получения сдвигов нулей заново выполнить процедуру “Первичная обработка”. В результате, будут получены кривые кажущихся проводимостей, сдвинутые относительно исходных на значения, обратные по знаку указанным в таблице рис. 5, а также соответствующие им кривые сопротивлений.

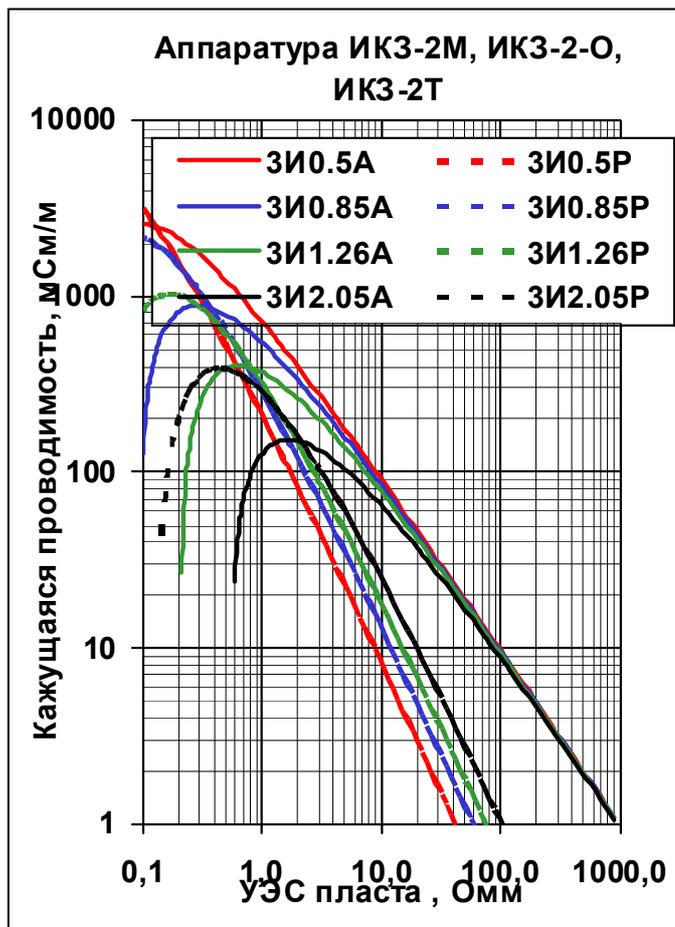


Рис. 8 Зависимости кажущихся проводимостей зондов от удельного электрического сопротивления однородной среды ( $f = 100$  кГц)

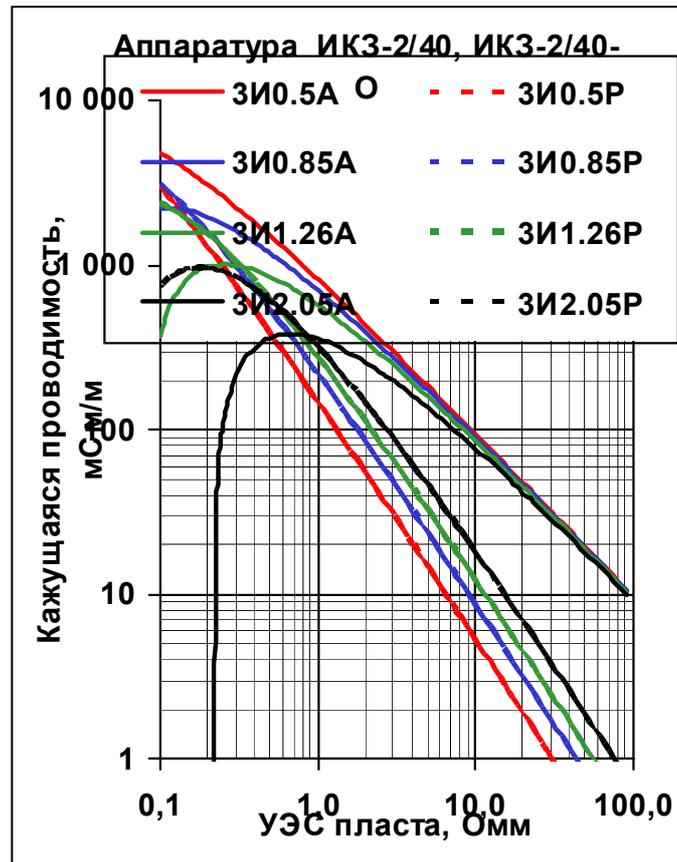


Рис. 9 Зависимости кажущихся проводимостей зондов от удельного электрического сопротивления однородной среды ( $f = 40$  кГц)

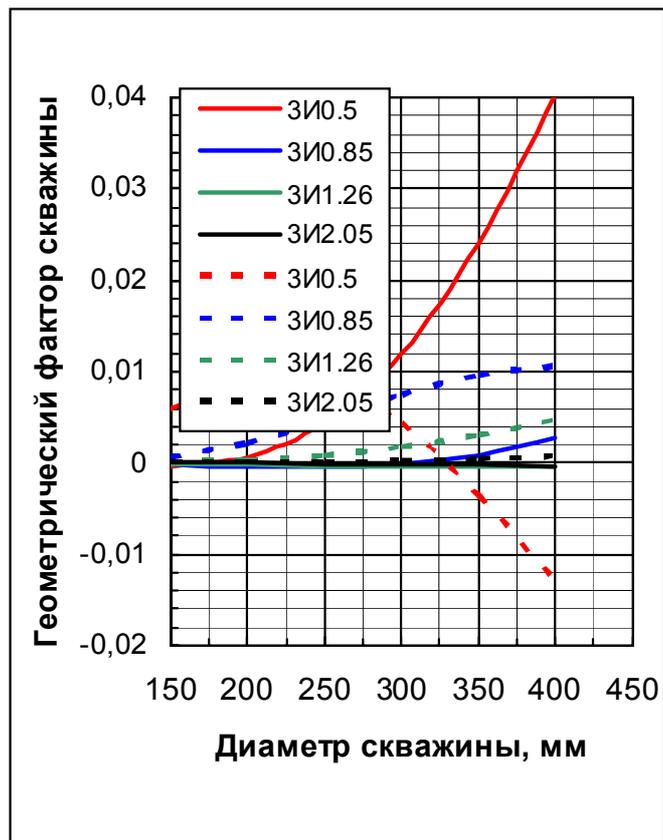


Рис. 10 Геометрический фактор скважины

Сплошная линия — прибор на оси скважины  
 Пунктирная линия — прибор на стенке скважины

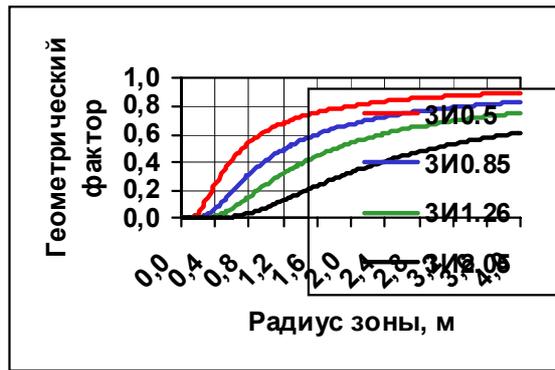


Рис. 11 Интегральные радиальные характеристики зондов

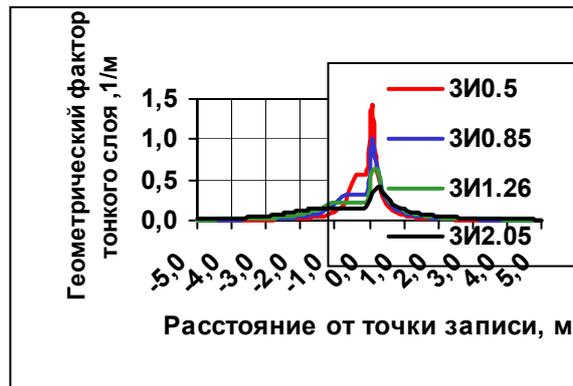


Рис. 12 Дифференциальные вертикальные характеристики зондов

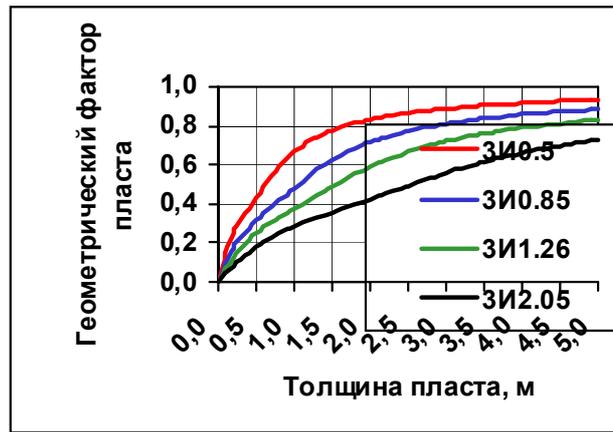


Рис. 13 Геометрические факторы пласта ограниченной мощности

### 5.6. Расчет интерпретационных зондов

Идея построения так называемых «интерпретационных зондов» основана на весовом сложении кажущихся проводимостей физических зондов с целью исключения влияния вмещающих пород. Дифференциальная вертикальная характеристика  $g(z)$  зонда ИК при  $|z| \rightarrow \infty$  имеет следующую асимптотику [4]:

$$g(z) \rightarrow L_{\phi} / (8z^2), \text{ где}$$

$$L_{\phi} = \sum M_i N_j / \sum M_i N_j / L_{ij}.$$

Здесь  $M_i$  - относительный магнитный момент  $i$ -ой генераторной катушки,  $N_j$  - относительный магнитный момент  $j$ -ой измерительной катушки,  $L_{ij}$  - расстояние между этими катушками, а суммирование ведется по всем генераторным ( $i$ ) и всем измерительным ( $j$ ) катушкам зонда.

Если имеется  $N \geq 2$  зондов ИК, кажущуюся проводимость интерпретационного зонда  $\sigma_k^{\text{инт}}$  представим в виде линейной комбинации кажущихся проводимостей физических зондов  $\sigma_k^s$  ( $s = 1 \div N$  - номер зонда):

$$\sigma_k^{\text{инт}} = \sum \beta^s \sigma_k^s,$$

причем весовые коэффициенты  $\beta^s$  очевидно должны удовлетворять условию нормировки  $\sum \beta^s = 1$ , обеспечивающему «правильные» показания интерпретационного зонда в пласте неограниченной мощности. Кроме того, для исключения влияния вмещающих пород наложим следующее дополнительное условие на величины коэффициентов  $\beta^s$ :

$$\sum (\beta^s / L_{\phi}^s) = 0,$$

где суммирование ведется по зондам  $s$ , а  $L_{\phi}^s$  - определенная выше эффективная длина  $s$ -го зонда. Как следует из приведенной выше формулы для асимптотики дифференциальной вертикальной характеристики физических зондов, последнее условие обеспечивает исчезновение основного члена ( $\sim 1/z^2$ ) в асимптотике соответствующей характеристике интерпретационного зонда. Этим и обеспечивается эффективное исключение влияния вмещающих пород, приводящее также к уменьшению радиуса исследования.

Для двух физических зондов два коэффициента  $\beta^1, \beta^2$  однозначно определяются из двух условий. В случае большего числа физических зондов существует, вообще говоря, бесконечное множество коэффициентов  $\beta^s$ , удовлетворяющих этим условиям, поэтому для выбора значений  $\beta^s$  следует привлекать дополнительные физические соображения.

В программе первичной обработки строятся 2 достаточно близких по характеристикам интерпретационных зонда. Первый интерпретационный зонд (кривая IS1A) построен с использованием 3-х обычных зондов (ЗИ0.5, ЗИ0.85 и ЗИ1.26) и обладает радиальной глубиной 0,35м и разрешением по вертикали 0,33м. Второй интерпретационный зонд (кривая IS2A) построен с использованием 2-х коротких зондов (ЗИ0.5 и ЗИ0.85) и обладает радиальной глубиной 0,4м и разрешением по вертикали 0,37м.

### 5.7. Учет влияния зоны проникновения и оценка электрических параметров разреза в поточечном режиме

Принципиальная возможность оценки электрических параметров разреза по данным комплекса 4ИК основана на существенно разной радиальной глубинности входящих в комплекс зондов, следствием чего является существенно различное в количественном выражении влияние параметров зоны проникновения на показания зондов. Представленные на рис. 10 интегральные радиальные характеристики зондов ( $Q_i(r)$ ) характеризуют их чувствительность к зоне проникновения. Значения радиусов исследования зондов ( $R_{1/2}$ ) приведены в табл. 6. Стандартно радиус исследования зонда определяется из условия  $Q(R_{1/2}) = 1/2$ , где  $Q$  – его интегральная радиальная характеристика.

Таблица 6. Радиусы исследования зондов аппаратуры 4ИК

Зонд	ЗИ0.5	ЗИ0.85	ЗИ1.26	ЗИ2.05
$R_{1/2}$ (м)	0,72	1,23	1,82	2,97

При оценке электрических параметров разреза в поточечном режиме используются исправленные за скин-эффект показания активных компонент кажущихся сопротивлений зондов (4 значения в каждой точке). На усмотрение оператора кривые кажущихся сопротивлений могут быть предварительно отфильтрованы. При оценке сопротивления пласта предоставляется возможность выбора модели разреза:

- **двухслойная;**
- **трехслойная;**
- **автоматический выбор.**

**Двухслойная** модель разреза. Удельная электрическая проводимость разреза  $\sigma_n$  в каждой точке определяется как среднееарифметическое значение исправленных за скин-эффект активных компонент кажущихся проводимостей зондов  $\sigma_k^{ac}(\mathbf{i})$ :

$$\sigma_n = \frac{1}{4} \sum_{i=1,4} \sigma_k^{ac}(\mathbf{i}).$$

**Трехслойная** модель разреза. Определение параметров разреза – проводимостей неизменной части пласта  $\sigma_n$ , зоны проникновения  $\sigma_{zn}$  и радиуса зоны проникновения  $r_{zn}$  - выполняется в приближении Долля в модели пласта неограниченной мощности. В этом случае теоретические отсчеты зондов  $\sigma_k^A(\mathbf{i})$  связаны с параметрами среды следующим образом:

$$\sigma_k^A(\mathbf{i}) = G_c^i \cdot \sigma_c + G_{zn}^i \cdot \sigma_{zn} + G_n^i \cdot \sigma_n,$$

где  $\sigma_c$  - удельная электрическая проводимость промывочной жидкости скважины радиуса  $r_c$ , а геометрические факторы скважины ( $G_c^i$ ), зоны проникновения ( $G_{zn}^i$ ) и неизменной части пласта ( $G_n^i$ ) связаны с интегральной радиальной характеристикой зонда ( $Q^i(\mathbf{r})$ ) соотношениями:

$$G_c^i = Q^i(r_c); \quad G_{zn}^i = Q^i(r_{zn}) - Q^i(r_c); \quad G_n^i = 1 - Q^i(r_{zn}).$$

Искомые параметры  $\sigma_n$ ,  $\sigma_{zn}$  и  $r_{zn}$  определяются из условия минимума функционала невязок:

$$\phi = \sum \{ [\sigma_k^A(\mathbf{i}) - \sigma_k^{ac}(\mathbf{i})]^2 / \sigma^2(\mathbf{i}) \} = \min,$$

где  $\sigma(\mathbf{i})$  - априорно заданная абсолютная погрешность измерений  $i$ -го зонда, суммирование ведется по всем зондам комплекса ИК, а параметры скважины  $\sigma_c$ ,  $r_c$  полагаются известными.

Так как выражение для  $\sigma_k^A$  линейно по двум искомым параметрам ( $\sigma_{zn}$  и  $\sigma_n$ ) и нелинейно лишь по одному ( $r_{zn}$ ), то поиск минимума функционала  $\phi$  сводится к тривиальной задаче решения одного нелинейного уравнения, что позволяет быстро оценивать параметры среды.

При хорошем качестве записи сопротивление неизменной части мощного пласта определяется достаточно надежно, зоны проникновения – на уровне грубой оценки, а диаметра зоны – ненадежно.

**Автоматический выбор** модели разреза. В каждой точке оценивается дисперсия исправленных за скин-эффект кажущихся проводимостей зондов  $\sigma_k^{ac}(\mathbf{i})$  и по величине этой дисперсии принимается либо «двухслойная» (дисперсия мала), либо «трехслойная» (дисперсия велика) модель.

### 5.8. Компоновка кривой сопротивления

Компоновка кривой сопротивления предназначена для построения оценочной кривой сопротивления неизменной части пласта  $\rho_n$  в ручном режиме. Она позволяет интерпретатору выделяя поочередно интервалы выбирать в качестве кривой  $\rho_n$  на выделенном интервале одну из предложенных кривых кажущихся сопротивлений (в том числе и интерпретационных зондов), которая, по мнению интерпретатора, представляется наиболее близкой к истинному сопротивлению  $\rho_n$ . Для компоновки кривой  $\rho_n$  в интервале можно также использовать сопротивление, найденное в процессе “Оценка сопротивления пласта”, где предусмотрен еще и выбор модели среды (см. п. 5.). Режим “Оценка сопротивления пласта” при компоновке кривой сопротивления рекомендуется использовать в пластах толщиной более 2÷4 м при наличии в них глубоких зон проникновения, характеризующихся существенным расхождением кривых кажущихся сопротивлений длинных зондов. При компоновке кривой  $\rho_n$  рекомендуется использовать отфильтрованные кривые кажущихся сопротивлений при условии их удовлетворительного качества.

### 5.9. Технический контроль качества

Выполнение данного этапа обеспечивает проведение технического контроля качества каротажных данных по интервалам перекрытия и выдачу погрешностей и заключения по качеству полученных данных на твердую копию. При выполнении технического контроля качества каротажа необходимо убедиться в правильности увязки основного и повторного замеров по глубине.

Этап начинается с выбора файлов основного и повторного замеров. При наличии разувязки данных каротажа по глубине необходимо ее устранить, прежде чем выполнять технический контроль качества. Далее выполняется расчет расхождений между основным и повторным измерениями (пункт меню “Расчет погрешностей”).

В соответствии с требованиями “Технической инструкции по проведению ГИС и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах” расхождения между основным и повторным замерами зондов ИК в интервалах с номинальным диаметром скважины не должны превышать  $\pm(3 \text{ мСм/м}$  плюс 5% от текущего значения для активной компоненты сигнала) и  $\pm(5 \text{ мСм/м}$  плюс 5% от текущего значения для реактивной компоненты сигнала).

Значения допустимых пределов расхождений рассчитываются по формулам:

доп. предел слева =  $-(3+0.05 \times X_i)$  – для активной компоненты сигнала;

доп. предел справа =  $+(3+0.05 \times X_i)$  – для активной компоненты сигнала;

доп. предел слева =  $-(5+0.05 \times X_i)$  – для реактивной компоненты сигнала;

доп. предел справа =  $+(5+0.05 \times X_i)$  – для реактивной компоненты сигнала,

где  $X_i$  – значение основного замера.

Заключение по качеству каротажа (пункт меню “**Заключение по качеству каротажа**”) выдаётся в виде таблиц для каждого выделенного интервала.

Интервал оценки качества каротажа 1679.60 – 1689.20 м		
Прибор ИК20 Номер 48		
Интервал 1	:	1679.60 1689.20
Кривые	Повторяемость записи в допустимых пределах	Среднеквадратичное расхождение
IC1A - Зи0.5 (акт. комп.)	98.0 %	9.2 мСм/м
IC1R - Зи0.5 (реакт. комп.)	95.9 %	1.8 мСм/м
IC2A - Зи0.85 (акт. комп.)	100.0 %	5.0 мСм/м
IC2R - Зи0.85 (реакт. комп.)	100.0 %	1.9 мСм/м
IC3A - Зи1.26 (акт. комп.)	100.0 %	3.0 мСм/м
IC3R - Зи1.26 (реакт. комп.)	100.0 %	1.8 мСм/м
IC4A - Зи2.05 (акт. комп.)	100.0 %	1.4 мСм/м
IC4R - Зи2.05 (реакт. комп.)	100.0 %	1.4 мСм/м
Дата: 13.10.2005		

**Рис.14.** Фрагмент заключения по качеству каротажа

В первой колонке таблицы выводятся имена кривых, качество которых оценивается.

Во второй колонке выводится повторяемость записи в допустимых пределах расхождений для каждой кривой. Повторяемость записи рассчитывается как:

$$P = (N_{\text{доп}} / N_{\text{общ}}) \times 100\%,$$

где  $N_{\text{доп}}$  – число точек записи на интервале, где значения расхождений между основным и повторным измерениями не превышают заданных пределов,  $N_{\text{общ}}$  – общее число точек записи на исследуемом интервале.

В третьей колонке выводится значение среднеквадратичного расхождения для каждой кривой. Среднеквадратичное расхождение между основным и повторным замерами кривой на интервале рассчитывается как корень квадратный из средней суммы квадратов расхождений.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. LogWin-ЭК система комплексной обработки данных ЭК и ЭМК. Руководство пользователя. ООО «Нефтегазгеофизика». Тверь 2005 г.
2. Прибор индукционного каротажа 4ИК. Техническое описание и руководство по эксплуатации. Тверь. 2005.
3. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах.- М., 2001г.
4. Кауфман А.А. Теория индукционного каротажа. Наука. Новосибирск. 1965г.
5. Log PWin – пакет программ первичной обработки данных каротажа. ООО «Нефтегазгеофизика». Тверь 2005 г.