

Прибор ЧЗ ЭМС ГГ 1075

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. Назначение

1.1. Метод электромагнитного индукционного частотного зондирования (ЧЗ), реализованный в аппаратуре ЭМС, предназначен для исследования пространственного распределения кажущегося удельного сопротивления грунтов, расположенных на малой глубине под дневной поверхностью.

Использование ЭМС позволяет решать следующие задачи:

- археологические исследования;
- качественная оценка водонасыщенности грунта;
- поиск источников соленой и пресной воды;
- контроль состояния подземных сооружений;
- обнаружение и локализация захоронений промышленных отходов;
- поиск источника и оценка объема утечки нефтепродуктопроводов из подземных емкостей;
- поиск коммуникаций и т.п.

1.2. Аппаратура ЭМС удовлетворяет требованиям технического задания на опытно-конструкторскую работу ИГФ СО РАН от 28.04.2000 г. По условиям эксплуатации предназначена для работы в условиях:

- температура окружающей среды $-10 \div +60$ °С;
- повышенная влажность до 95 % при температуре до +30 °С.

2. Состав комплекта

В комплект аппаратуры входят:

Таблица 1

Наименование	Обозначение	Кол., шт.	Примечание
Прибор ЧЗ ЭМС	ГГ 1075	1	На фото не показан ремень для переноски
Чехол матерчатый		1	
Упаковочный ящик		1	
Кабель соединительный ЭМС-IBM/PC		1	
Кнопка управления с индикатором и кабелем		1	
Ремень для переноски прибора		1	
Зарядное устройство VANSON		1	
Техническое описание, инструкция по эксплуатации и паспорт	ГГ 1075 ПС	1	
Компакт-диск с обрабатывающей программой и текстами		1	
Пульт управления на базе КПК		1	
Беспроводной GPS приемник		1	

3. Технические характеристики

3.1. Генератор аппаратуры излучает электромагнитное поле на следующих частотах:

Таблица 2

# f	Частота, кГц	# f	Частота, кГц
1	2.500	8	15.626
2	3.088	9	20.409
3	3.907	10	27.779
4	5.103	11	40.000
5	6.945	12	62.500
6	10.000	13	111.111
7	12.346	14	222.222

3.2. Магнитный момент генератора оценивается как $M(f)=S \cdot n \cdot I(f)$, где $S=\pi \cdot 0.31^2/4 = 0.075 \text{ м}^2$ – площадь генераторной петли, $n=38$ – число витков генераторной петли, $I(f)$ – ток для каждой частоты, A .

Излучение электромагнитного поля производится магнитным диполем. Синусоидальная форма тока в генераторной петле формируется в резонансном последовательном LC колебательном контуре. Фаза тока в контуре управляется микроконтроллером через цепь накачки.

Измерение тока выполняется таким же фазовым детектором, которым выполняется преобразование сигнала с приемных катушек. Измеряемые компоненты синусоидального сигнала с индукционного датчика тока записываются в память прибора в виде семиразрядного десятичного числа. На жидкокристаллическом индикаторе прибора значение модуля тока в относительных единицах представляется в виде четырехзначного десятичного числа. Коэффициенты перевода выходных чисел АЦП в величины тока в A , представлены в таблице 3. Чтобы не увеличивать ошибки при обработке данных измерений тока, например при расчете фазы генерируемого первичного поля, коэффициенты применяются только для оценочных вычислений. Нормировка измеряемого сигнала на ток генератора выполняется в обрабатывающей программе в одинаковой большой разрядности.

Таблица 3

# f	K , A/дел. Запись в память
1	4.26E-05
2	3.47E-05
3	2.77E-05
4	2.13E-05
5	1.56E-05
6	1.09E-05
7	8.96E-06
8	7.19E-06
9	5.53E-06
10	4.14E-06
11	2.92E-06
12	1.91E-06
13	1.10E-06

14	5.74E-07
----	----------

С помощью коэффициента K можно определить ток в генераторе на каждой частоте в любом измерении.

3.3. Измеряемый сигнал имеет синусоидальную форму и представляется двумя компонентами как комплексное число. Выделение сигнала производится с помощью метода синхронного детектирования. Этот метод дает возможность проводить фазовую селекцию, и является оптимальным для достижения наивысшей чувствительности в измерении двух компонент сигнала - мнимой, которая синфазна с максимумом тока в генераторной петле, и реальной, которая опережает мнимую на 90° . Полоса пропускания измерительного тракта равна 20 Гц для всех частот.

Число, записываемое в память прибора, имеет двоичную разрядность 19, а число представляемое на жидкокристаллическом индикаторе 12 разрядное.

Модуль значений сигналов, записываемых в приборе, имеет максимальное неискаженное цифровое представление 3 000 000. На ИЖК прибора верное цифровое представление максимального аналогового сигнала меньше в 128 раз и равно 23 437. Коэффициенты преобразования записанных измерений в напряжение на входном усилителе представлены на рис. 1. и в таблице 4.

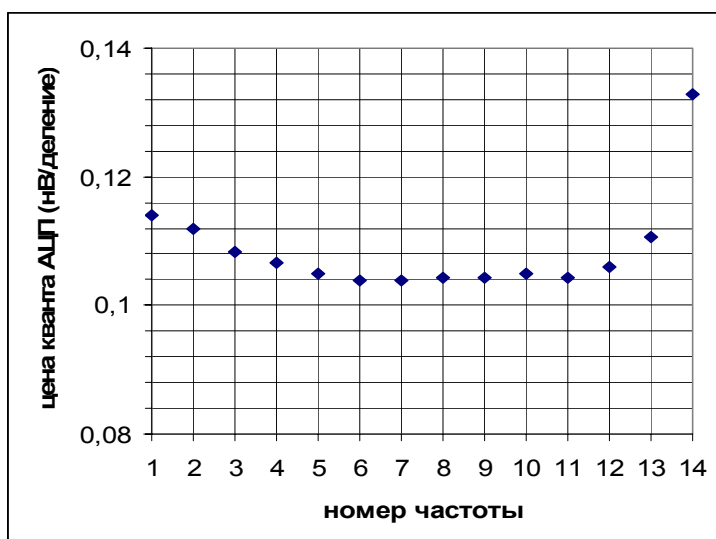


Рис. 1.

Таблица 4

# f	K, нВ/дел.
1	0,113974996
2	0,111926347
3	0,108223744
4	0,106558849
5	0,104994824
6	0,103940657
7	0,103931334
8	0,104357977
9	0,104194365
10	0,105024915
11	0,104295749
12	0,105980512
13	0,110729922
14	0,132723994

3.4. Зарядное устройство VANSON предназначено для зарядки аккумулятора, находящегося в головной части зонда. В аппаратуре используется кислотный аккумулятор типа А500 12V/4.5 А·ч. Данный аккумулятор не обслуживается и не является опасным грузом, допускается к транспортировке воздушным транспортом. Аккумулятор может храниться в температурном диапазоне от –30 до +50 °С. При температуре –15 °С емкость аккумулятора уменьшается на 50%.

Для зарядки батареи соедините кабель зарядного устройства с разъемом ЗУ на головной части зонда и включите ЗУ (см. инструкцию по эксплуатации ЗУ).

3.5. Габаритные размеры прибора – 140×350×2740 мм.

3.6. Масса прибора – не более 10 кг.

3.7. Потребляемый ток – в режиме излучения 1.6 А, в режиме "включено" 0.3 А.

3.8. Излучение прибора во время измерений не представляет опасности для здоровья человека.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725–2002 выведена формула для оценки точности измерений. Формула рассчитывалась для шести уровней экспериментального сигнала, и имеет вид

$$\delta = \pm \left(0.03 + \frac{87.4}{m} \right) \%,$$

где m - измеряемый уровень сигнала в единицах АЦП пятиразрядного десятичного представления (показания на ИЖК прибора).

4. Конструкция

4.1. Блок-схема прибора представлена на рис. 2.

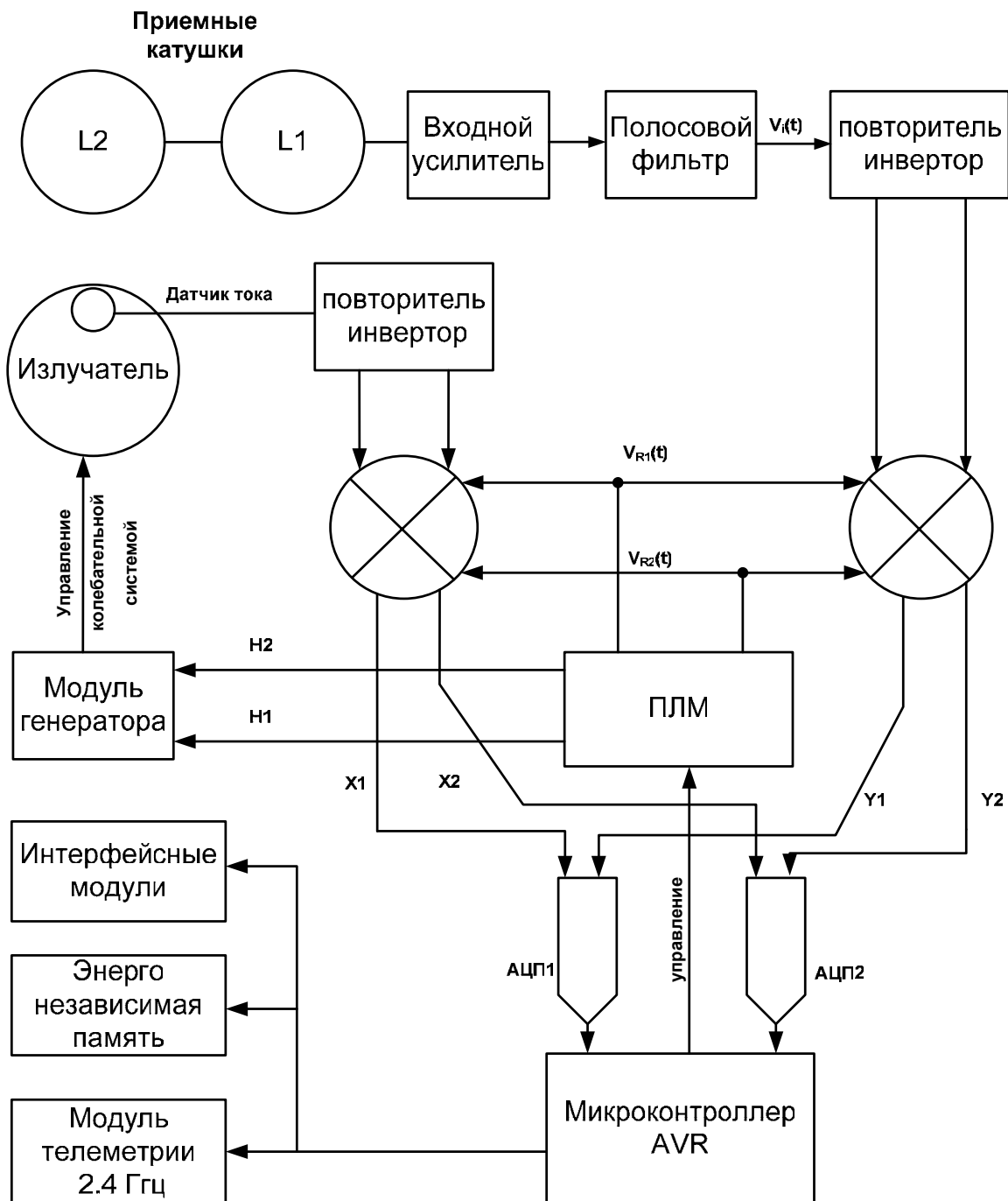


Рис 2.

4.2. Корпус прибора изготовлен из высокопрочного стеклопластика. Прибор разбирается на две составные части по разъему. Длина частей 1270 мм и 1470 мм.

Генераторная часть прибора имеет съемную крышку, под которой размещены: аккумулятор, клавиатура, монитор и другая электроника. Слева от аккумулятора, на плате питания находится предохранитель цепи аккумулятора Пр1 – 3 А. В трубе размещен блок процессора.

Предварительный усилитель измерительного тракта прибора закреплен в конусном соединении антенной части прибора. На трубе имеется люк, под которым находится ближний измеритель. Дальний измеритель находится в торцевой части трубы под заглушкой. Монтаж выполнен на печатных платах. Исполнение прибора брызгозащитное, не герметичное.

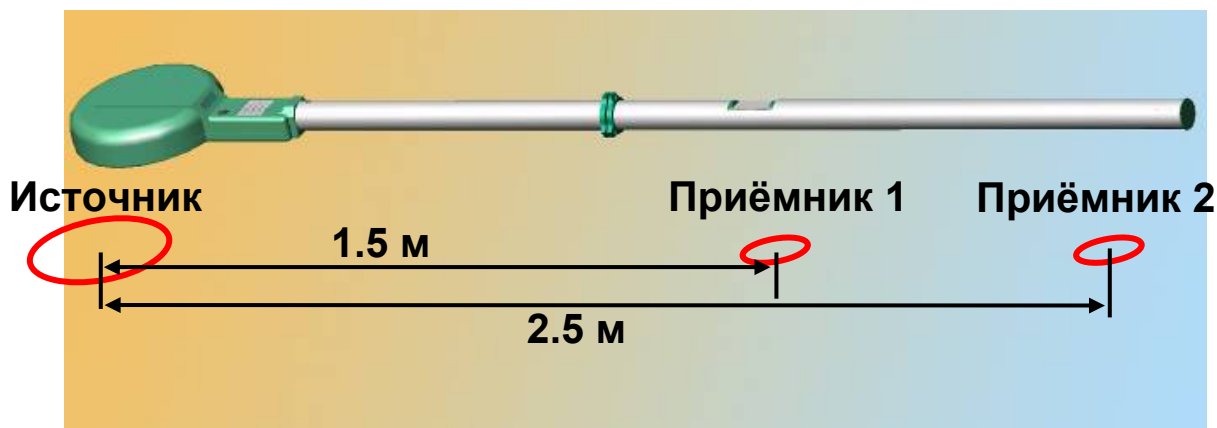


Рис. 3

5. Принцип действия и инструкция пользователю

5.1. Основы теории работы прибора ЭМС

Основные компоненты аппаратуры показаны на рис. 3.

Приемные диполи (M_1 и M_2) спроектированы таким образом, чтобы соблюдалось равенство соотношений M_j/r_j^3 приемных диполей в положении зонда "в воздухе".

$$M_j = \mu_c \cdot n_j \cdot S_j, \quad j=1,2.$$

где μ_c – магнитная проницаемость сердечников приемных диполей; n_j – количество витков в приемной катушке; S_j – площадь приемной катушки; r – расстояние между центрами приемных и генераторной катушек.

Каждое измерение происходит в два этапа: 1) измерение прямого поля от генератора для определения тока; 2) измерение вторичного поля. В аппаратуре ЭМС измеряется разница эдс в двух приемных катушках

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2.$$

Принимая во внимание только вертикальную компоненту магнитного поля, для каждого приемника имеем $\varepsilon_j = -i\omega\mu_0 ((M_i M_r)/(4\pi r_j^3))h_{zj}$, $j=1,2$. Здесь $\omega=2\pi f$; f – частота генераторного сигнала (Гц); M_r – момент генераторного диполя; M_1 и M_2 – моменты приемных диполей; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; h_{zj} – магнитные числа среды для каждого приемника $h_{zj}=2/(k^2 r_j^2)[9 - e^{ikr}(9 - 9ikr_j - 4k^2 r_j^2 + ik^3 r_j^3)]$; $k=(i\omega\mu_0\sigma)^{1/2}$ – волновое число среды; σ – удельная электропроводность среды (См/м). Таким, образом, существует однозначная связь между сигналом, измеряемым ЭМС, и электропроводностью среды.

5.2. Процедура зондирования:

- 1) генераторный магнитный диполь излучает первичное (прямое) поле на некоторой частоте и индуцирует ток в среде;
- 2) вторичное электромагнитное поле порождается токами, существующими в определенном объеме среды;

- 3) от двух приемных диполей измеряется разностная э.д.с., возбужденная магнитной компонентой переменного вторичного поля. Измеренный сигнал записывается в память;
- 4) повтор пунктов 1-3 на следующей частоте в соответствии с выбранным набором частот.

5.3. Полевые работы

5.3.1. Подготовка аппаратуры к работе.

Убедитесь в том, что аккумулятор заряжен.

Соберите зонд.

Подключите пусковой пульт.

5.3.2. Подготовка рабочей площадки.

Если объектом изучения являются профили, необходимо лишь положить вдоль профиля мерную неметаллическую ленту.

Если объектом изучения является площадка, ее необходимо разбить на квадраты согласно желаемой плотности измерений. Самая плотная сетка $1 \times 1 \text{ м}^2$. Дальнейшее уменьшение шага между профилями и пикетами не прибавляет информативности полученным данным.

Сбор данных на площадке осуществляется "змейкой", как показано на рис. 4.

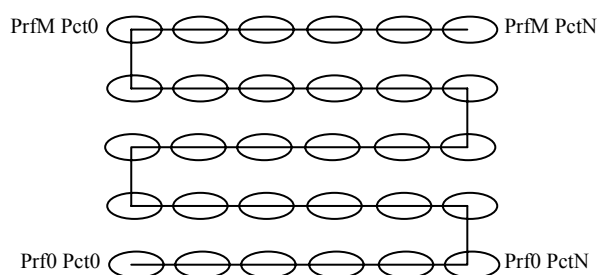


Рис. 4.

5.3.3. Сбор данных.

Подключите пусковую кнопку к разъему. Включите прибор. С помощью клавиатуры выберите параметры измерений, руководствуясь таблицей режимов.

Затем расположите прибор на первом пикете первого измеряемого профиля. В случае площадной съемки это будет левый нижний угол площадки (см. рис. 4). Точкой пространственной привязки измерения аппаратуры считается место сочленения половин корпуса. Для начала работы нажмите на пусковую кнопку. Во время работы прибора на пусковой кнопке мигает светодиод, на монитор выводится слово MEASURING... По окончании работы (светодиод погас, слово MEASURING...исчезло, номер точки увеличился на единицу) переходите на следующую точку.

Обратите внимание на то, что при работе на участке прибор должен быть одинаково пространственно ориентирован на пунктах измерения.

При работе на одной частоте прибор можно передвигать безостановочно.

Запишите номер последней заполненной ячейки данных.

Теперь можно переходить на следующий объект. Задайте первый номер ячейки данных большим, чем тот, что был использован на предыдущем объекте.

При транспортировке зонд можно выключать, записанные данные будут сохранены.

По окончании полевых работ подключите компьютер к выключенному прибору ЭМС, затем включите прибор, запустите программу *ISystem*, загрузите данные и приступайте к обработке.

Данные о работе с клавиатурой и дисплеем прибора приведены ниже в виде таблицы режимов.

5.4. Применение пульта беспроводного дистанционного управления.

Для работы с беспроводными устройствами по каналу связи BlueTooth в аппаратуре ЭМС предусмотрено запоминание последнего подключения. В данном комплекте аппаратуры пульт опознается как HP_iPAQ.

Для работы с пультом включите КПК, затем включите ЭМС. По последовательному нажатию клавиш <2> и <F2> произойдет обращение на открытие соединения с последним подключенным устройством.

Если требуется переход на новое управляющее устройство, нужно провести процедуру его подключения. Для этого включите аппаратуру, дождитесь, пока прибор опросит все доступные Bluetooth устройства (на месте мигающего символа * в нижней строке индикатора появится @). Выведите список обнаруженных Bluetooth устройств нажатием клавиш <2> и <F1>. Листая список стрелками вверх и вниз, выберите нужное и нажмите <Enter>. Теперь прибор будет обращаться к выбранному устройству.

ТАБЛИЦА РЕЖИМОВ

Нормальный режим

1	F1	F2	Fen	P		IS	I4	I3	I2	I1	I0		C3	C2	C1	C0
	M3	M2	M1	M0		RS	R4	R3	R2	R1	R0		A2	A1	.	A0

из 7 десятичных цифр мнимой и реальной компонент отображаются старшие 5

M0-M3: номер измерения (0000 - 9999)
 F0-F1: индекс частоты (01-14)
 Fen: + частота задействована, - отключена
 I0-I4: мнимая компонента, IS - знак
 R0-R4: реальная компонента, RS - знак
 C0-C3: ток контура (мВ)
 A0-A2: напряжение батареи (В)
 P: индекс режим мощности накачки (1-3)

ENTER старт измерения, переход в 2 (если M0-M4 = 9999 переход в 11)
 + включение текущей частоты
 - отключение текущей частоты
 ▼ переход к следующей частоте
 ▲ переход к предыдущей частоте
 ► переход к следующему измерению
 ◄ переход к предыдущему измерению
 * Установить интервал срабатывания биппера
 . Задать число накоплений
F1 задать частоту, переход в 3
F2 задать измерение, переход в 4
F3 запуск таймера, переход в 5
SHIFT непрерывное измерение, переход в 9

Если поля I0-I4, R0-R4 заполнены "*****" - эта частота в данном измерении была отключена, если 'OVF' - переполнение. При включении, а также после непосредственного (►, ◄, F2) задания номера отображаемого измерения запись измеренных по нажатию ENTER данных производится в текущую позицию, после этого перед каждым измерением позиция инкрементируется

Измерение

2				M	E	A	S	U	R	I	N	G	.	.	.	
---	--	--	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

По окончании измерения переход в предыдущее окно

Задание отображаемой частоты

3	F	:		F1	F2										
---	---	---	--	----	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

F0-F1: индекс частоты (01-14)

ENTER выбор частоты, переход в предыдущее окно
0-9 выбор 0-9 в текущей позиции курсора, переход к следующей
SHIFT переход к следующей позиции
ESC переход к предыдущей позиции

По срабатыванию таймера (если был вызван из 6): инкремент номера записи, запуск измерения, переход в 2 (если M0-M4 = 9999 переход в 11)

Задание отображаемого измерения

4	M	:		M3	M2	M1	M0								
---	---	---	--	----	----	----	----	--	--	--	--	--	--	--	--

M0-M4: номер измерения (0000 - 9999)

ENTER выбор заданного измерения, переход в 1
0-9 выбор 0-9 в текущей позиции курсора, переход к следующей
SHIFT переход к следующей позиции
ESC переход к предыдущей позиции

Задание и запуск таймера

5	T	:		T2	T1	.	T0		s						
			S	T	A	R	T		T	I	M	E	R	?	

T0-T2: период измерения (сек.)

ENTER запуск таймера с заданным периодом, переход в 6
F3 отмена запуска, переход в 1
0-9 выбор 0-9 в текущей позиции курсора, переход к следующей
SHIFT переход к следующей позиции
ESC переход к предыдущей позиции

по умолчанию - минимально возможное значение периода

Режим измерений по таймеру

6	F1	F2	Fen	P		IS	I4	I3	I2	I1	I0		C3	C2	C1	C0
	M3	M2	M1	M0	>	RS	R4	R3	R2	R1	R0		A2	A1	.	A0

M0-M4: номер измерения (0000 - 9999)
 F0-F1: индекс частоты (01-14)
 Fen: + частота задействована, - отключена
 I0-I4: мнимая компонента, IS - знак

F3 просмотр периода измерения, переход в 7
ESC стоп таймера, возврат в норм. режим, переход в 1

По срабатыванию таймера: инкремент номера записи,

запуск измерения, переход в 2 (если M0-M4 = 9999 переход в 11)

R0-R4: реальная компонента, RS - знак
C0-C3: ток контура (мВ)
A0-A2: напряжение батареи (В)

Просмотр периода измерений														F3	переход в предыдущее окно (6)	
7	T	:		T2	T1	.	T0		s						T0-T2: период измерения (сек.)	

По срабатыванию таймера (если был вызван из 6): инкремент номера записи, запуск измерения, переход в 2 (если M0-M4 = 9999 переход в 11)

Режим непрерывного измерения														ESC	возврат в нормальный режим, переход в 1		
8	F1	F2		P		IS	I4	I3	I2	I1	I0		C3	C2	C1	C0	F0-F1: индекс частоты (01-14)
						RS	R4	R3	R2	R1	R0		A2	A1	.	A0	I0-I4: мнимая компонента, IS - знак
																	R0-R4: реальная компонента, RS - знак
																	C0-C3: ток контура (мВ)
																	A0-A2: напряжение батареи (В)
																	P: индекс режим мощности накачки (0-3)

Запрос о возврате в начало массива измерений														ENTER	переход в 2 (измерение 0000)			
9				M	E	M	O	R	Y		E	N	D				ESC	возврат в нормальный режим, переход в 1 (измерение 9999)
	S	T	A	R	T		F	R	O	M		0	0	0	0	?		

если был запущен таймер, то на время 11 он приостанавливается

Передача данных														Вызывается из 1				
10	D	A	T	A		T	R	A	N	S	F	E	R	.	.	.		

6. Указания по эксплуатации

6.1. Держать сухим.

6.2. Все компоненты, использованные в аппаратуре, предназначены для эксплуатации в температурном диапазоне $-20 \div +60$ °С.

6.3. Выключайте прибор перед тем, как внести его с мороза в теплое помещение.

6.4. При постоянной работе на морозе (ниже -5 °С) во избежание образования конденсата необходимо:

- Перед выходом на улицу обмотать генераторную часть аппаратуры пищевой пленкой, загерметизировав таким образом корпус.
- По окончании рабочего дня в помещении снять пленку, дать аппаратуре прогреться.

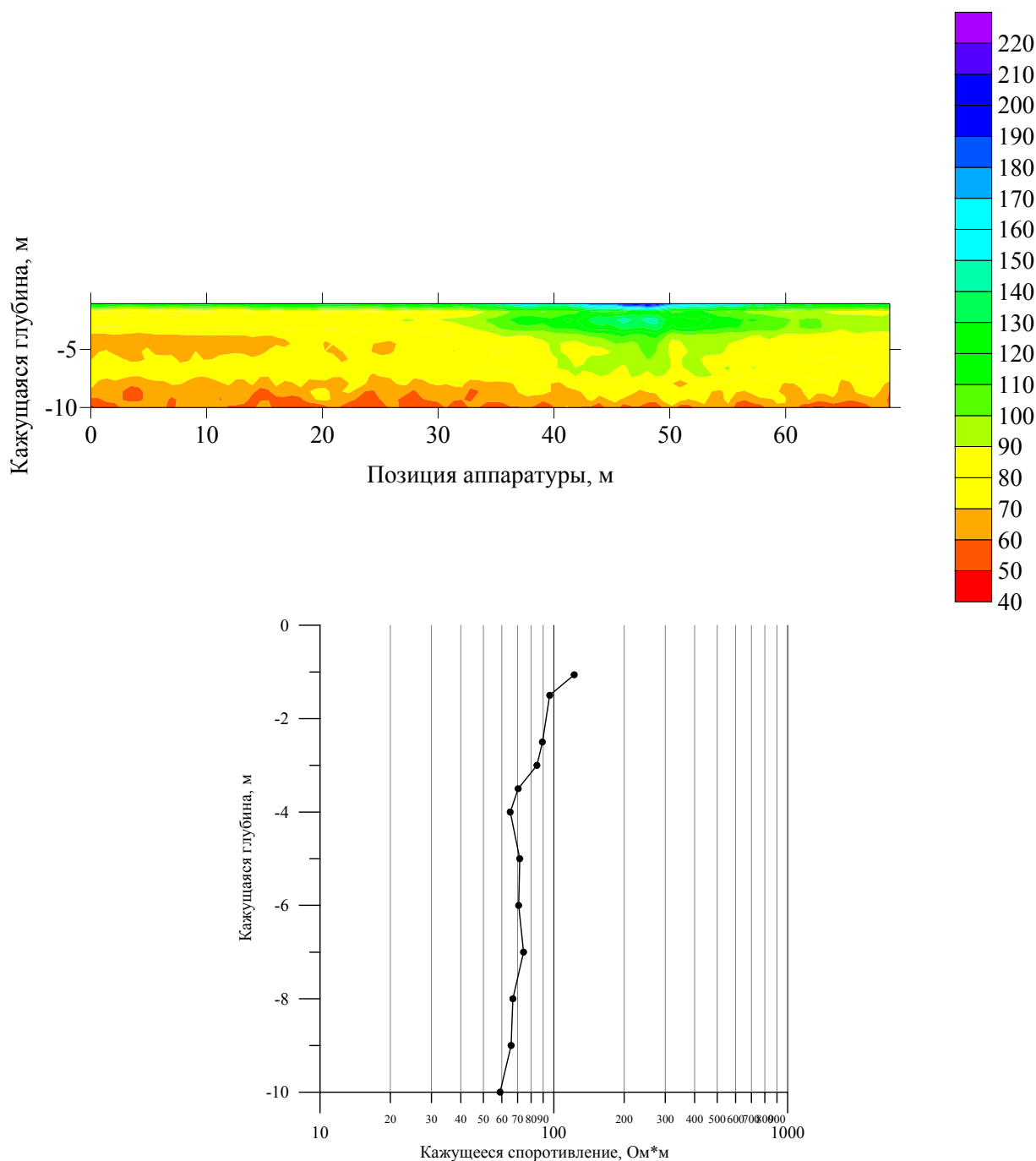
6.5. При попадании влаги (воды, снега) снять крышку, для чего снять ручку поворотного выключателя, отвернуть два винта крепления защелки возле крепления ремня, снять защелку, затем открутить 4 самореза по периметру крышки, снять крышку, отсоединить разъем экранировки и дать аппаратуре просохнуть и прогреться в течении 2 часов.

7. Калибровка аппаратуры ЭМС.

Для проверки качества количественной обработки аппаратуры, был произведен следующий тест. В качестве натурной модели был выбран замерзший участок обского водохранилища. Толщина льда на месте работ составляла примерно 70 см. Мощность воды около 5 метров при сопротивлении 40 Ом*м. Были произведены зондирования вдоль

профиля длиной 70 м. Ниже на разрезе показан результат трансформации сигнала в кажущееся сопротивление. Диаграмма демонстрирует кривую зондирования на наиболее однородном участке разреза (на 5-ом метре). Изолирующая аномалия после центра разреза свидетельствует о неоднородности дна, либо ледяной толщ.

В целом полученные значения сопротивлений близки к ожидаемым теоретическим значениям в модели проводящего полупространства, перекрытого слоем изолятора.



8. Программное обеспечение аппаратуры ЭМС.

Все необходимые средства обработки и визуализации данных собраны в программном пакете *ISystem*. Он позволяет считывать, просматривать, редактировать и сохранять данные, обрабатывать их, подготавливать к визуализации и автоматически визуализировать с помощью графического пакета *Golden Software Surfer*.

Для работы с беспроводным пультом на базе КПК, на поставляемый в комплекте КПК установлено специальное программное обеспечение. С его помощью можно задать параметры работы, управлять прибором, получать визуализацию данных в реальном времени и передавать данные для дальнейшей обработки программой *ISystem* в персональный компьютер.

Описания программного обеспечения приведены ниже.

8.2. Программный пакет *ISystem* (версия 3.2alpha) для обработки данных аппаратуры ЭМС.

ISystem является программным обеспечением, поставляемым вместе с аппаратурой ЭМС, которое обеспечивает считывание данных с аппаратуры, их просмотр, обработку и автоматическую визуализацию в графическом пакете *Golden Software Surfer v8.0X*.

8.2.1. Системные требования:

- *IBM PC* совместимый компьютер
- *OS Windows 98'* или выше
- минимальное разрешение монитора 800x600, рекомендуемое 1024x768
- 20 Mb свободного места на жестком диске
- 16 Mb оперативной памяти минимум, 64 Mb рекомендуется

- графический пакет *Surfer 8.0X* рекомендован для автоматической визуализации результатов (для других графических пакетов автоматическая визуализация не предусмотрена).
- *Adobe AcrobatReader* для чтения описания ЭМС.

8.2.2. Установка *ISystem*

- Для корректной работы *ISystem* с пакетом визуализации, перед установкой или запуском программы установите графический пакет *Surfer 8.0X*. Выберите в нем метрическую систему (*File| Preferences| Page Units*) и, как минимум, один раз запустите *Surfer* для регистрации классов редактора в системе.
- Установите точку в качестве разделителя целой и дробной частей в вашей ОС Windows (*Пуск |Настройка| Панель Управления| Язык и Стандарты| Числа| Десятичный разделитель*) либо (*Start| Settings| Control Panel| Regional Options| Numbers| Decimal Symbol*).
- Вставьте CD-ROM *ISystem* в привод CD-ROM. Автоматически запустится мастер установки, либо же запустите инсталляционный файл *Setup.exe* самостоятельно. Следуйте инструкциям мастера установки. После установки автоматически создастся ярлык программы на рабочем столе и рабочая группа в программной панели (*Пуск |Программы*) либо (*Start |Programs*), содержащая ярлыки программы и справки.
- Для того, чтобы иметь возможности чтения и печати описания ЭМС и справки по *ISystem*, установите пакет *Adobe AcrobatReader*.
- Установите в вашей ОС русский язык в качестве локального (*Пуск |Настройка| Панель Управления| Язык и Стандарты| Общие| Язык*)

либо (*Start | Settings | Control Panel | Regional Options | General | Your locale (location) . .*). В случае установки другого языка, вы будете иметь английский интерфейс *ISystem*.

8.2.3. Считывание данных

Результаты измерений накапливаются во флэш-памяти ЭМС. Структуру памяти можно представить себе в виде таблицы, колонки которой содержат:

Номер записи	Значение синфазной компоненты сигнала на первой частоте	Значение квадратурной компоненты сигнала на первой частоте	Значение тока на первой частоте	Флаг использования первой частоты	Значение синфазной компоненты сигнала на второй частоте	Значение квадратурной компоненты сигнала на второй частоте	Значение тока на второй частоте	И т.д.
--------------	---	--	---------------------------------	-----------------------------------	---	--	---------------------------------	--------

Таким образом, каждой записи соответствует одна строчка в таблице из пятидесяти семи колонок.

!!!Внимание. Перед считыванием данных: выключите прибор, подсоедините соответствующий кабель сначала к компьютеру, затем к прибору, включите прибор.

- 1) Запустите программу *ISystem* (*Start | Programs | ISystem*).
- 2) Из меню *Инструменты*, контекстного меню или с помощью быстрой кнопки на панели инструментов вызовите диалог *Загрузка данных*. При необходимости можно выбрать номер порта с помощью диалога, вызываемого нажатием кнопки *Опции порта*.
- 3) На панели *Установки*, вызвав диалог выбора файла, укажите *Выходной файл*, в котором будут сохраняться данные. Укажите номера первой и последней записей, данные которых будут переданы в компьютер.

4) На панели *Размеры участка* укажите тип сетки зондирования - ортогональная или хаотическая - снятием или установкой соответственно флажка *Хаотическая сетка*.

5.1) В случае ортогональной сетки измерений на панели *Размеры участка* установите минимальные и максимальные номера пикетов и профилей, шаги сетки.

5.2) В случае хаотической сетки измерений на панели *Размеры участка* установите минимальный и максимальный номера пикетов.

6)* На панели *Описание участка* введите название участка, имя оператора и комментарий.

7) Нажмите кнопку *Пуск*. Прогресс передачи данных отображается в левом нижнем углу окна.

* Заполнение полей, описанных в пункте необязательно.

В случае успешного считывания данных и правильного описания участка создается двоичный файл с расширением *.ems, в котором сохраняется вся информация, требуемая для последующей обработки.

Если указанное для считывания число записей не совпадает с числом, рассчитанным из указанных размеров участка и количества записей в воздухе, то будет выведено на экран соответствующее предупреждение и предложено изменить описание участка. После внесения корректировки нажмите кнопку *Сохранить*, для того, чтобы записать файл данных.

8.2.4. Обработка данных

В *ISystem* заложена возможность обработки сигнала по модулю и покомпонентно. **Рекомендуется выполнять трансформацию** сигнала в кажущуюся электропроводность (мСм/м) или кажущееся сопротивление (Ом*м) по модулю. Использовать единицы электропроводности предпочтительнее для контрастной по геоэлектрическим характеристикам среды.

В случае получения неудовлетворительных результатов при обработке по модулю следует провести интерпретацию компонент сигнала. Есть возможность представлять результаты в нормированных единицах АЦП (единицы, которые отображаются на дисплее аппаратуры). При обработке данные ЭМС могут подвергаться коррекции фазы, нормироваться на амплитуду тока в генераторе, из них может вычитаться нормированная на ток недокомпенсация в воздухе. Также можно произвести нормировку на частоту, для того чтобы приблизить измерения на разных частотах к проводимости или просто сократить динамический диапазон измеренного сигнала. Нормировку на частоту следует производить всегда при построении разрезов в единицах АЦП.

Все соответствующие установки выполняются в диалоге *Опции обработки* на вкладке *Обработка*, который можно вызвать из меню *Опции*, контекстного меню или нажатием соответствующей кнопки в окне обработки.

В диалоге *Опции обработки* на вкладке *Выходные параметры* можно изменять формат выходных файлов (группа переключателей *Выходной формат*). В случае использования выходного формата обыкновенной таблицы (данные расположены в виде двумерного массива, без указания координат, но с сохранением положения) исключена возможность автоматической визуализации в *Surfer*, но такой формат удобнее для построения диаграмм в различных редакторах, а также численные данные легче визуально анализировать, по сравнению с *Data* форматом *Surfer*. В случае обработки разрезов, результаты в файле располагаются следующим образом: строки содержат обработанные результаты зондирования на одной частоте, столбцы результаты зондирования на наборе частот на одном пикете (частота убывает сверху вниз).

Если установлен флаг создания файла протокола обработки, будет создан текстовый файл, содержащий сведения об отсутствующих пикетах, профилях и частотах.

В случае построения разрезов, пересекающих объекты типа металлических труб, бывают ситуации, когда аномалия имеет форму вертикальной полосы. Иногда удобно при визуализации подобрать такие весовые коэффициенты для каждой частоты, чтобы аномалия, соответствующая сечению трубы, замыкалась. Для этой цели на вкладке *Масштабн. коэф.* можно установить можно ввести 14 коэффициентов (первый – для самой высокой частоты, последний – для низкой) и установить флаг *Применить*. По умолчанию в поле введены коэффициенты для некоторой типичной ситуации. Если же применение коэффициентов, введенных по умолчанию, дает неудовлетворительные результаты, то возможен их самостоятельный подбор.

На основании площадного зондирования на ортогональной сетке *ISystem* позволяет построить набор карт на всех частотах, ряд разрезов по всем направлениям сетки измерений и всевозможные диаграммы. По данным площадного зондирования на хаотической сетке можно построить набор карт. И, наконец, по данным зондирования вдоль некоторого профиля можно построить разрез и диаграммы на всех частотах.

После установления опций обработки и вывода данных можно приступить к построению карт, разрезов и диаграмм. Для этого вызывается соответствующий диалог из меню *Инструменты*, контекстного меню или с помощью быстрых клавиш.

8.2.5. Построение карт

1) Вызовите диалоги обработки (*Построение карт...*) из меню *Инструменты*, контекстного меню или с помощью горячей кнопки на панели инструментов.

2) Укажите с помощью диалога выбора файла (*Входной файл*) файл данных ЭМС. Автоматически заполняются все необходимые поля окон *Общие настройки* и *Построение карт*. Имя выходного файла сформируется автоматически с учетом опций обработки, но при необходимости его можно

изменить. В нижнем окне появится панель, соответствующая типу сетки измерений.

3) В окне *Построение карт* выберите номер частоты, на которой вы хотите обработать карту (создать выходной файл в выбранном формате для последующей визуализации), либо установите флаг *Все частоты* для того, чтобы обработать карты на всех частотах, начиная с установленной в поле *Номер частоты*.

4)* В окне *Построение карт* можете изменять значения минимального и максимального номеров пикетов и профилей, тем самым, выбирая для обработки подобласть изученного участка.

5)* В окне *Общие настройки* на панели *Информация о данных* можете в соответствующих полях изменить шаги сетки измерений.

6)* В окне *Общие настройки* можно установить флаги зеркального отражения построений по горизонтали и вертикали.

7)* В окне *Общие настройки* можете снять флаг использования *Surfer* для автоматической обработки и визуализации выходных файлов. В случае установленного флага *Использовать Surfer* и снятого флага *Визуализация* автоматически будет создан только Grid файл.

8)* В окне *Общие настройки*, нажав на кнопку *Настройки*, можете вызвать одноименный диалог, где можете изменять настройки обработки, экспорта данных и визуализации в *Surfer*.

9) Нажмите кнопку *Обработать*. В случае использования *Surfer* после появления сообщения об успешном завершении обработки переключитесь в появившееся окно графического редактора для просмотра результатов.

* Пункт не является обязательным.

8.2.6. Построение разрезов

1) Вызовите диалоги обработки (*Построение разрезов...*) из меню *Инструменты*, контекстного меню или с помощью горячей кнопки на панели инструментов.

2) Укажите с помощью диалога выбора файла (*Входной файл*) файл данных ЭМС. Автоматически заполнятся все необходимые поля окон *Общие настройки* и *Построение разрезов*. Имя выходного файла сформируется автоматически с учетом опций обработки, но при необходимости его можно изменить. В нижнем окне кнопка *Обработать* будет доступна только в случае ортогональной сетки измерений.

3) В окне *Построение разрезов* выберите (установив на панели *Параметры обработки* переключатель *Разрез вдоль профилей* или *Разрез вдоль пикетов*), какие разрезы вы будете строить: вдоль направления профилей или вдоль направления пикетов. Установите в соответствующих полях номер профиля или номера пикетов, по которым будет строиться разрез. Либо же установите флаг *Все разрезы* для того, чтобы автоматически обработались все разрезы по выбранному направлению.

4)* В окне *Построение разрезов* можете изменять значения минимального и максимального номеров пикетов и профилей, тем самым, выбирая для обработки подобласть изученного участка.

5)* В окне *Общие настройки* на панели *Информация о данных* можете в соответствующих полях изменить шаг сетки измерений.

6)* В окне *Общие настройки* можно установить флаги зеркального отражения построений по горизонтали.

7)* В окне *Общие настройки* можете снять флаг использования *Surfer* для автоматической обработки и визуализации выходных файлов. В случае установленного флага *Использовать Surfer* и снятого флага *Визуализация* автоматически будет создан только Grid файл.

8)* В окне *Общие настройки*, нажав на кнопку *Настройки*, можете вызвать одноименный диалог, где можете изменять настройки обработки, экспорта данных и визуализации в *Surfer*.

9) Нажмите кнопку *Обработать*. В случае использования *Surfer* после появления сообщения об успешном завершении обработки переключитесь в появившееся окно графического редактора для просмотра результатов.

* Пункт не является обязательным.

8.2.6. Автоматическая визуализация карт и разрезов

После того как появляется сообщение об успешном выполнении обработки, указанные выходные файлы представляют собой готовые выходные файлы для соответствующего графического редактора. В *ISystem* предусмотрена возможность автоматических построений в графическом редакторе *Golden Software Surfer*. Для этого перед запуском обработки (нажатием на кнопку *Пуск*) карт или разрезов в диалоге *Общее окно обработки* на панели *Опции* должен быть установлен флажок *Использовать Surfer* (он установлен по умолчанию). Если при этом снять флажок *Визуализация* (карту / разрез), то построится только грид-файл (см. *Surfer Manual*), это целесообразно при построении рельефного разреза, где нужен только грид-файл разреза для последующего наложения на него рельефа (см. ниже). Итак, при автоматическом использовании *Surfer* после того, как программа создала выходные файлы, автоматически строится грид-файл, создается документ, строится карта, все это сохраняется в установленном каталоге и, в итоге, предстает перед оператором.

Для некоторых настроек редактора *Surfer* при его автоматизации используется вкладки *SurfOpt* и *SurfPage* диалога *Опции обработки*.

На вкладке *SurfOpt* можно задавать редактору количество узлов интерполяции по вертикали (*NumRows*) и горизонтали (*NumColumns*). Это следует делать в случае, если участок имеет существенно различную протяженность по различным направлениям, так как *Surfer* по умолчанию подбирает количество разбиений таким образом, чтобы интервалы сетки по различным направлениям примерно совпадали. При автоматизации всегда используется метод радиальных базисных функций (*Radial basis functions*) для интерполяции данных. Присутствующий на вкладке параметр *RSquared* используется *Surfer* при интерполяции указанным методом и отвечает за

подробность построения. *Major Interval* представляет собой одноименную установку оси (*Axis*) в *Surfer* (см. *Surfer Manual*).

На вкладке *SurfPage* указываются параметры страницы при визуализации: размер, ориентация и ширина полей.

В случае установки выходного формата «простой таблицы» (*Таблица*) визуализацию можно произвести, например, в *Microsoft Excel*.

8.2.7. Построение диаграмм

Для построения диаграмм, специального инструмента в *ISystem* не выделено. Когда вы запускаете диалоги обработки выбором пункта *Построение диаграмм...* из меню *Инструменты*, контекстного меню или с помощью быстрой кнопки панели инструментов, открывается диалог обработки разрезов (см. Построение разрезов), а в диалоге *Опции обработки* переключатель выходного формата автоматически переходит в положение *Таблица* (см. Обработка данных). Таким образом, построения диаграмм на основе обработанных данных можно произвести во множестве программных пакетов, например *Microsoft Excel*.

8.2.8. Построение разрезов с учетом рельефа**

Иногда при построении разреза представляет интерес учет рельефа дневной поверхности. Схема построения следующая:

1) Создать грид-файл разреза (см. Построение разрезов и Автоматическая визуализация карт и разрезов), и текстовый файл, содержащий топографию рельефа, в котором в первой строчке указывается количество точек топографии, а ниже координаты рельефа (два столбца с координатами *X* и *Z*).

2) Откройте из меню *Инструменты*, контекстного меню или с помощью соответствующей быстрой кнопки на панели инструментов диалог *Наложение рельефа*.

3) В окне *Наложение рельефа* на панели *Разрез* откройте диалог выбора файла и укажите грид-файл обрабатываемого разреза. После этого

автоматически заполняются поля $XMin$, $XMax$, $YMin$, $YMax$ на этой панели, *Кол-во интервалов* на панели *Опции* и становится доступной кнопка вызова диалога открытия файла на панели *Рельеф*.

4) Укажите файл, содержащий топооснову. После того, как файл рельефа указан и заполнены поля $XMin$, $XMax$, $YMin$, $YMax$ панели *Рельеф*, установкой флажка *Просмотр рельефа* можно вывести окно, в котором будет представлена интерполяционная кривая рельефа.

5)* Выберите интерполяционный метод, в открывающемся списке *Метод интерполяции*.

6)* В случае, если вертикальный масштаб (единицы измерения) разреза и рельефа не совпадают, их можно уравнивать масштабными коэффициентами, задаваемых на панелях *Разрез* и *Рельеф*.

7)* Имя выходного *Surfer* файла формируется автоматически, однако вы можете изменить его, вызвав соответствующий диалог панели *Общие настройки*.

8)* Заполните на панели *Общие настройки* поле *Расстояние м/у поверхностью и разрезом*. В силу геометрической фокусировки логично отделить разрез от дневной поверхности несколькими сантиметрами.

9)* Укажите на панели *Ноль построения соответствует* точку привязки рельефа к разрезу.

10) Нажмите кнопку *Пуск*. После появления сообщения об успешном завершении обработки переключитесь в появившееся окно *Surfer* для просмотра результатов.

* Пункт не является обязательным.

** Доступно только в случае использования *Surfer*.

8.2.8. Построение набора карт **

В *ISystem* предусмотрена возможность автоматического построения и визуализации в *Surfer* набора карт или разрезов. Для этого должны быть заранее подготовлены файлы (см. Построение карт или Построение разрезов)

в формате данных *Surfer* (эти файлы создаются автоматически при построении карт или разрезов).

1) Вызовите диалог *Создание много-картовых документов* из меню *Инструменты*, контекстного меню или с помощью быстрой кнопки на панели инструментов.

2) На панели *Входные файлы* открыть диалог выбора файлов и указать *.dat файлы, содержащие обработанную *ISystem* информацию в формате *Surfer*. При этом имена выбранных файлов сортируются в обратном порядке (см. Квази 3D представление материала), что указывает и порядок их обработки.

3) Установите флажок *Одно-картовый документ* на панели *Выходные данные*.

4)* Укажите параметры *Surfer* (см. Автоматическая визуализация карт и разрезов) в диалоге, вызываемом кнопкой *Опции Surfer*.

5) Нажмите кнопку *Пуск*. После появления сообщения об успешном завершении обработки переключитесь в появившееся окно *Surfer* для просмотра результатов. Для каждого из указанных в п. 2) файлов данных будет выполнено построение и открыто в отдельном документе окна *Surfer*.

* Пункт не является обязательным.

** Доступно только в случае использования *Surfer*.

8.2.9. Квази 3D представление материала **

ISystem позволяет автоматически разместить несколько карт или разрезов в одном документе. При этом можно расположить карты в пространственной проекции так, что несколько карт в такой проекции будут являться квази трехмерным представлением материала.

1) Вызовите диалог *Создание много-картовых документов* из меню *Инструменты*, контекстного меню или с помощью быстрой кнопки на панели инструментов.

2) На панели *Входные файлы* открыть диалог выбора файлов и указать *.dat файлы, содержащие обработанную *ISystem* информацию в формате *Surfer*. При этом имена выбранных файлов сортируются в обратном порядке, что указывает и порядок их обработки. Обратный порядок сортировки введен именно для квази трехмерного представления материала (наивысшая частота имеет наибольший номер и наименьшую глубину проникновения).

3)* Установите флажок *Много-картовый документ* на панели *Выходные данные*.

4)* Укажите параметры расположения построений на листе в диалоге *Опции много-картового документа*, вызываемом одноименной кнопкой. На панели *Расположение* укажите количество рядов и колонок, в которых будут расположены построение, а также промежутки между ними. Если вы хотите применить 3х мерное представление, установите флажок *Применить* на панели *3D представление*. Параметры этой панели подобраны оптимальным образом. Для более детального ознакомления с их смыслом см. руководство пользователя *Surfer*.

5)* Укажите параметры *Surfer* (см. Автоматическая визуализация карт и разрезов) в диалоге, вызываемом кнопкой *Опции Surfer*.

6) Нажмите кнопку *Пуск*. После появления сообщения об успешном завершении обработки переключитесь в появившееся окно *Surfer* для просмотра результатов.

* Пункт не является обязательным.

** Доступно только в случае использования *Surfer*.

8.2.10. Примеры обработки и визуализации

ISystem включает набор примеров. Они находятся в поддиректории *Samples* и представляют три примера полевых данных и их обработки. Среди них:

Карта на хаотической сетке измерений. В директории *\Samples\Chaotic Grid Maps Sample* находится файл данных зондирования на хаотической сетке измерений. Файл *coordinates.txt* содержит координаты сетки измерений.

Разрез с учетом рельефа дневной поверхности. Грид-файл, построенный по данным зондирования вдоль профиля длиной 105 м, пересекающего канаву с ручьем, находятся в директории *\Samples\Relief Cross Section Sample*. Там же находится файл с топографией поверхности и результат обработки.

Квази 3D представление материала. Папка *\Samples\Multi Map Sample* содержит данные площадного зондирования, результаты построения всех карт по отдельности и результат квази 3х мерного представления.

8.3. Описание программы на КПК для управления аппаратурой ЭМС

8.3.1. Общее описание

Программное обеспечение разработано для платформы карманного компьютера (КПК) и предназначено для управления различными режимами работы аппаратно-программного комплекса частотного электромагнитного индукционного зондирования ЭМС, обработки данных зондирования в режиме реального времени и вывода результатов в удобном для пользователя графическом виде.

Программное обеспечение протестировано на платформах PocketPC 2003 и Windows Mobile 5.0. Передача данных между КПК, аппаратурой ЭМС и GPS приемником осуществляется посредством технологии беспроводной связи Bluetooth.

8.3.2. Порядок выполнения программы

1) При запуске программы выводится последовательность диалогов настроек, регулирующих статические параметры работы, которые не меняются в процессе измерений.

2) Далее выводится последовательность диалогов настроек динамических параметров, которые могут изменяться в процессе измерений. Эти настройки остаются доступными в процессе выполнения зондирований.

3) Программа готова к началу измерений после того, как аппаратура ЭМС откроет Bluetooth соединение с КПК. Выводится окно графического представления данных, при этом остаётся возможность изменить те настройки программы, которые можно изменять в процессе измерений.

4) В случае измерения по GPS треку при первом нажатии на кнопку измерения открывается стандартный Bluetooth менеджер для открытия соединения с GPS приемником.

8.3.3. Технические детали

5) По окончании измерения текущего профиля программа оповещает пользователя звуковым сигналом, по окончании измерения всей площадки программа оповещает пользователя другим звуковым сигналом.

6) В процессе измерений есть возможность просматривать текущую карту, разрезы, профильные диаграммы и кривые зондирования для произвольного пикета.

7) Все настройки автоматически сохраняются после завершения приложения.

8.3.4. Описание интерфейса

8.3.4.1. Статические параметры измерения

The screenshot shows the 'Static Settings' tab of the Ems Control software. The 'Work type' is set to 'Map'. The 'X size' is 20, 'X step' is 1, 'Y size' is 10, and 'Y step' is 1. Under 'Active frequencies', checkboxes for frequencies 1 through 14 are all checked. The 'Select device' dropdown is set to '<no device>'. There are 'Add', 'Del', and 'Next >>' buttons. The 'Session' bar at the bottom shows a keyboard icon and an up arrow.

The screenshot shows the 'Other Settings' tab of the Ems Control software. It displays 'Bluetooth inbound COM port number' set to 5 and 'Bluetooth outbound COM port number' set to 8. There is a 'Next >>' button. The 'Session' bar at the bottom shows a keyboard icon and an up arrow.

К статическим параметрам относятся:

- 1) Тип работ (Work type), не меняется в процессе измерений:
 - Площадка (Map). Зондирования ведутся в узлах сетки. Задаются размер сетки X Size, Y Size и шаги по обеим осям в метрах: X Step, Y Step. По умолчанию данные берутся из последнего эксперимента, либо X Size = 20м., Y Size = 10м., X Step = Y Step = 1м.
 - Профиль (Profile). Зондирования ведутся по профилю. Задаётся количество пикетов X Size и размер шага в метрах X Step. По умолчанию данные берутся из последнего эксперимента, либо X Size = 20, X Step = 1 м.
 - Профиль с произвольным количеством пикетов (Unbounded profile). Зондирования ведутся по профилю. Задаётся размер шага

в метрах X Step. По умолчанию данные берутся из последнего эксперимента, либо X Step = 1 м.

- Трек GPS (GPS Track). Координаты пикетов зондирований определяются внешним GPS приемником. Для передачи данных используется Bluetooth соединение.

2) Набор активных частот:

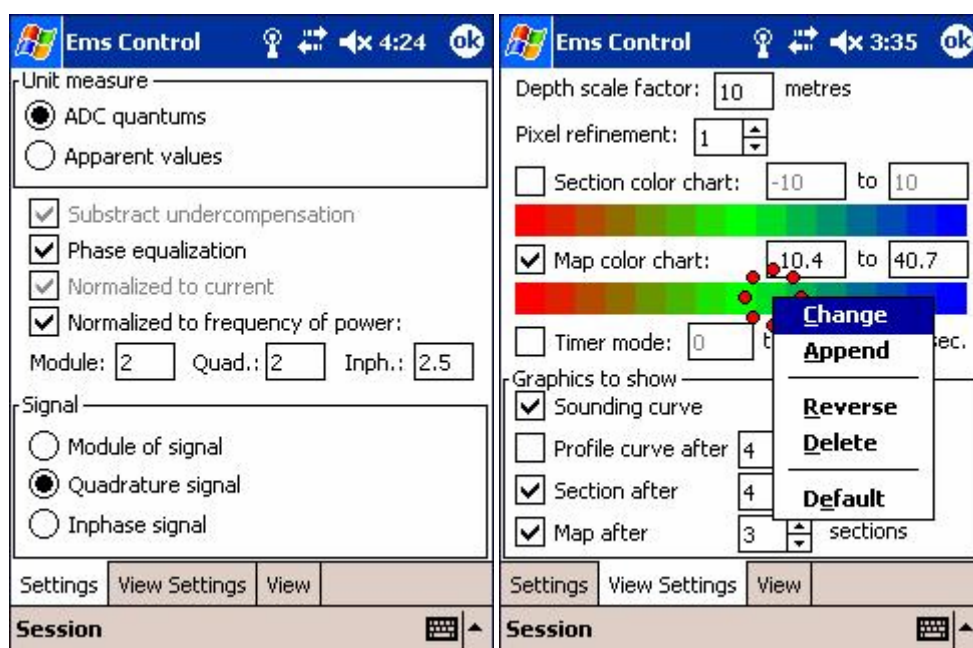
По умолчанию данные берутся из последнего эксперимента, либо все частоты включены.

3) Данные калибровки (Select device):

Позволяет выбрать нужную базу калибровок. По умолчанию (<no device>) используются данные калибровки для прибора ЭМС № 9. Кнопки <Add> и позволяют добавлять и удалять данные калибровки в файлах с расширением ini.

4) Номер виртуального COM порта для входных и выходных соединений Bluetooth (Bluetooth inbound/outbound COM port number): обычно это COM5 и COM8 соответственно. Определить эти параметры можно в настройках Bluetooth менеджера вашего КПК.

8.3.4.2. Динамические параметры измерения



К динамическим параметрам измерений относятся:

1) Единицы измерения сигнала (Unit measure).

- Единицы АЦП (ADC quantum). Сигнал отображается в единицах АЦП. При этом доступны следующие опции коррекции сигнала: вычитание нуля (Subtract undercompensation), фазовая коррекция (Phase equalization), нормировка на ток (Normalized to current), нормировка на частоту в заданной степени (Normalized to frequency).
- Кажущиеся значения (Apparent values). Вычисляются кажущиеся сопротивление в Ом*м и проводимость в милисименсах/м.

2) Измеряемый сигнал (Signal).

Измеряемая компонента сигнала: модуль (Module), реальная или квадратурная компонента (Quadrature), мнимая или синфазная компонента сигнала (Inphase).

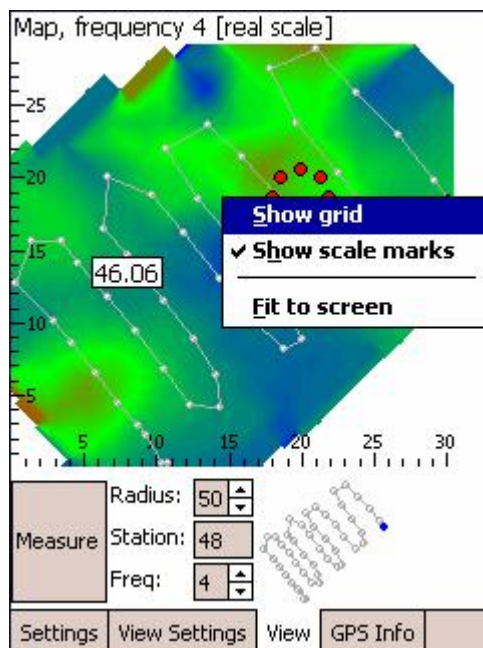
3) Коэффициент K_h (Depth scale factor) в метрах, задающий масштаб глубины по формуле: $H_i = K_h * \sqrt{F_1/F_i}$. По умолчанию данные берутся из последнего эксперимента, либо коэффициент равен 10 метрам.

4) Пиксельная детализация (Pixel refinement). Задает эффективный размер пикселей (чем больше, тем быстрее рисуются двумерные графики, и тем хуже качество).

5) Цветовая палитра для профилей (Section) и карт (Map). Числовой диапазон значений, соответствующий палитре определяется автоматически по данным измерений (по минимальному и максимальному значениям), либо задаются вручную, если выбрана соответствующая опция (на рис. – для карты). Саму цветовую палитру можно менять через контекстное меню (долгим нажатием стилуса на цветовой палитре).

- 6) Измерения по таймеру (Timer mode). Позволяет производить измерения в непрерывном режиме. Задаются количество измерений (0 – неограниченное количество) и временной интервал между измерениями в миллисекундах.
- 7) Формат представления данных в графическом виде (Graphics to show). Задается набор графиков, которые нужно отображать: кривые зондирования (Sounding curve), профильные диаграммы (Profile curve, отображаются после заданного количества измерений), разрезы (Section, отображаются после заданного количества измерений) и карта (Map, отображаются после заданного количества измеренных профилей). Для измерений по GPS треку разрезы и профильные диаграммы строятся с учетом линейного расстояния между последовательными зондированиями. Графики обновляются по нажатию навигационной кнопки Enter на КПК (внизу панели КПК, по середине).

8.3.5. Графическое представление данных



Данные зондирований представляются в графическом виде в реальном времени. При измерении по GPS треку, также отображается трек. Измеренное значение в конкретной точке можно узнать, нажав стилусом в этой точке. При долгом нажатии стилуса появляется контекстное меню. Значения шкалы расстояний отображаются в метрах. В левом нижнем углу рабочей области расположена кнопка запуска измерения (Measure).

8.3.6. Сохранение и загрузка данных

Сохранение и загрузка данных зондирований доступна через основное меню (в левом нижнем углу экрана) приложения.

8.3.7. Горячие клавиши

8.3.7.1.1. Боковая кнопка КПК – кнопка запуска измерения.

8.3.7.1.2. Навигационные кнопки (стрелки) КПК – позволяют установить текущую позицию измерения.

8.3.7.1.3. Центральная навигационная кнопка – меняет графическое представление данных для текущей позиции.

8.3.7.1.4.4 кнопки нижней панели КПК – крайние используются для перехода между диалогами настроек, внутренние – для изменения текущей частоты.

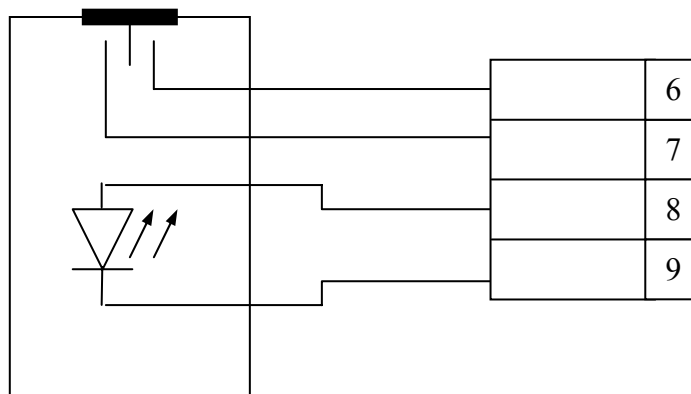


Рис. 1.1. Кнопка управления. Схема принципиальная.

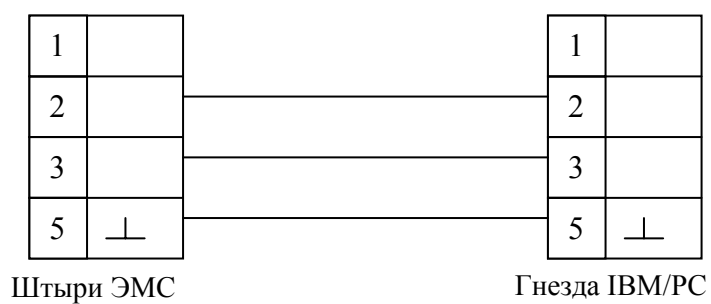


Рис. 1.2. Кабель чтения RS 232. Схема принципиальная.

ПАСПОРТ

Аппаратура ЭМС, инвентарный номер _____, соответствует техническим условиям и признана годной для эксплуатации.

Дата выпуска _____.

Представитель Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН

Представитель Заказчика _____

Аппаратура не содержит драгоценных металлов.