



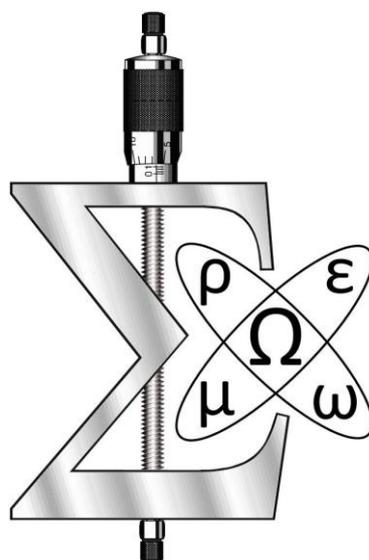
Разработано в ИНГГ СО РАН

---

# АППАРАТУРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

## АЭМП-14

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ  
ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ПАСПОРТ



ООО «КБ Электронетрии»

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ

1.1. Аппаратура АЭМП-14, работающая по методу электромагнитного индукционного частотного зондирования (ЧЗ), предназначена для измерения кажущейся удельной электрической проводимости грунтов на частотах в диапазоне от 2.5 до 250 кГц, в том числе при наличии электромагнитных помех. Аппаратура применяется для изучения состава, строения и условий залегания горных пород в археологических исследованиях, при контроле состояния подземных сооружений, для обнаружения и локализации захоронений промышленных отходов, при поиске источника и оценки объема утечки нефтепродуктопроводов из подземных емкостей, при поиске коммуникаций и т.п.

1.2. Рабочие условия эксплуатации: 1) температура окружающего воздуха от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ ; 2) относительная влажность воздуха до 80 % при температуре  $+20^{\circ}\text{C}$ ; 3) атмосферное давление  $750 \pm 30$  мм рт. с.; 4) напряжение питания  $12 \pm 2$  В от встроенной аккумуляторной батареи.

1.3. Аппаратура АЭМП-14 удовлетворяет требованиям технического задания на опытно-конструкторскую работу ИНГГ СО РАН от 28.04.2000 г. По условиям эксплуатации относится ко II группе ГОСТ 9763 - 67.

## 2. СОСТАВ КОМПЛЕКТА

2.1. Состав базового комплекта приведен в таблице 1.

Наименование	Кол-во, шт.
Прибор АЭМП-14 (генераторная и приемная части) 1	
Чехол матерчатый	1
Упаковочный ящик	1
Ремень для переноски прибора	1
Крепление для ремня	2
Зарядное устройство	1
Инструкция пользователя ПО	1
Техническое описание, инструкция по эксплуатации, паспорт (единый документ)	1
Компакт-диск с ПО и документами	1

Табл. 1.

## 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

3.1. Диапазон измеряемой удельной электрической проводимости горных пород от 10 до 1 000 мС / м (соответствует удельному электрическому сопротивлению от 100 Ом · м до 1 Ом · м).

3.2. Диапазон частот электромагнитного поля, излучаемого генератором аппаратуры, приведен в таблице 2.

3.3. В соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725 – 2002 выполнена оценка точности измерений. Формула рассчитывалась для шести уровней экспериментального сигнала, и имеет вид  $\delta = \pm (0.03 + 87.4 / m) \%$ , где  $m$  - измеряемый уровень сигнала в единицах АЦП пятиразрядного десятичного представления

(показания на ИЖК прибора). Точность измерения в кажущейся удельной электропроводности  $\pm 5\%$  от 20 мС / м.

Номер частоты	Частота, кГц	Номер частоты	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	250.000

Табл. 2.

3.4. Уровень собственных шумов аппаратуры АЭМП-14 не превышает 0,2 мС / м и не зависит от уровня электромагнитных помех в районе работ.

3.5. Аппаратура обеспечивает свои технические характеристики после 10 рабочих запусков.

3.6. Потребляемый ток в режиме излучения 1.6 А, в режиме «включено» 0.3 А. Аппаратура допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течение 10 часов при сохранении своих технических характеристик.

3.7. Управление работой аппаратуры и визуализация данных при работе осуществляется с помощью карманного персонального компьютера (КПК) с поставляемым ПО. Предусмотрено определение координат точек измерений в автоматическом режиме с помощью GPS-приемника.

3.8. Ток в генераторной петле на частоте 2.5 кГц около 9 А и линейно убывает для соответствующих частот до 0.1 А на частоте 250 кГц. Излучение прибора во время измерений не представляет опасности для здоровья человека.

3.9. Нарботка на отказ не менее 1100 ч.

3.10. Габаритные размеры прибора 2720 x 350 x 140 мм.

3.11. Масса прибора не более 9 кг.

3.12. Исполнение прибора брызгозащитное, не герметичное.

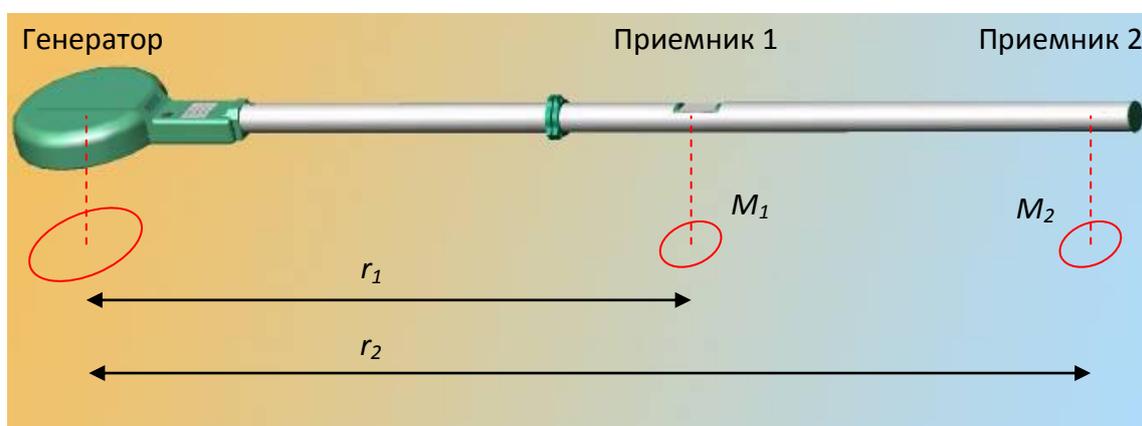


Рис. 1

## 4. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

4.1. Основные компоненты аппаратуры показаны на рис. 1. Приемные диполи ( $M_1$  и  $M_2$ ) спроектированы таким образом, чтобы соблюдалось равенство соотношений  $M_j / r_j^3$  в положении зонда «в воздухе». Момент приемной рамки равен  $M_j = \mu_c \cdot n_j \cdot S_j$ ,  $j = 1, 2$ , где  $\mu_c$  – магнитная проницаемость сердечников чувствительных элементов;  $n_j$  – количество витков в приемнике;  $S_j$  – площадь приемной рамки;  $r$  – расстояние между центрами приемных и генераторной рамок.

4.2. Каждое измерение происходит в два этапа: 1) измерение прямого поля от генератора для определения тока; 2) измерение вторичного поля. Сигнал вторичного поля равен разности ЭДС в двух приемных катушках  $\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$ . Принимая во внимание только вертикальную компоненту магнитного поля, для каждого приемника имеем сигнал в виде  $\varepsilon_j = -i \omega \mu_0 ((M_j / M_r) / (4\pi r_j^3)) h_{zj}$ ,  $j = 1, 2$ , где  $\omega = 2\pi f$ ;  $f$  – 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;  $h_{zj} = 2 / (k^2 r_j^2) [9 - e^{ikr} (9 - 9ikr_j - 4k^2 r_j^2 + ik^3 r_j^3)]$  – магнитные числа среды для каждого приемника,  $k = (i\omega \mu_0 \sigma)^{1/2}$  – волновое число среды;  $\sigma$  – удельная электропроводность среды (См / м). Таким образом, существует однозначная связь между сигналом, измеряемым АЭМП-14, и электропроводностью среды.

4.3. Аппаратура работает по принципу трехкатушечного индукционного электромагнитного зонда на поверхности земли с вертикальными моментами генераторной и двух приемных петель, расположенных на одной прямой. Расстояние между генератором и ближней петлей 1.5 м. Дальняя петля находится от генератора на удалении 2.5 м. Диаметры петель малы по сравнению с расстояниями до генератора и потому принято дипольное приближение описания генератора и приемников. Приемники являются преобразователями переменного магнитного поля в ЭДС. Схема электрическая структурная, приведенная на рис. 2, позволяет проследить путь излучаемого и приемных сигналов аппаратуры и понять работу составных ее частей.

4.4. Аппаратура состоит из следующих сборочных единиц:

- приемная антенна из двух катушек;
- входной усилитель с полосовым фильтром и буферным инвертором;
- катушка датчика тока и повторитель с инвертором;
- двухканальный синхронный детектор с двумя двухканальными АЦП;
- программируемый логический модуль;
- микроконтроллер;
- интерфейсы связи с клавиатурой, ИЖК и с ПК по кабелю;
- энергонезависимая память;
- модуль телеметрии по радиоканалу;
- плата питания;
- модуль генератора.

4.5. Магнитный момент генератора равен  $M(f) = S \cdot n \cdot I(f)$ , где  $S = \pi \cdot 0.31^2 / 4 = 0.075$  м<sup>2</sup> – площадь генераторной петли,  $n = 38$  – число витков генераторной петли,  $I(f)$  – ток для каждой частоты, А. Излучение электромагнитного поля производится магнитным диполем, в котором течет синусоидальный ток. Ток формируется в резонансном последовательном LC колебательном контуре. Фаза тока в контуре управляется микроконтроллером через цепь накачки. Измерение тока выполняется с помощью малой петли-датчика тока и фазового детектора, где также выполняется преобразование сигнала с приемных катушек.

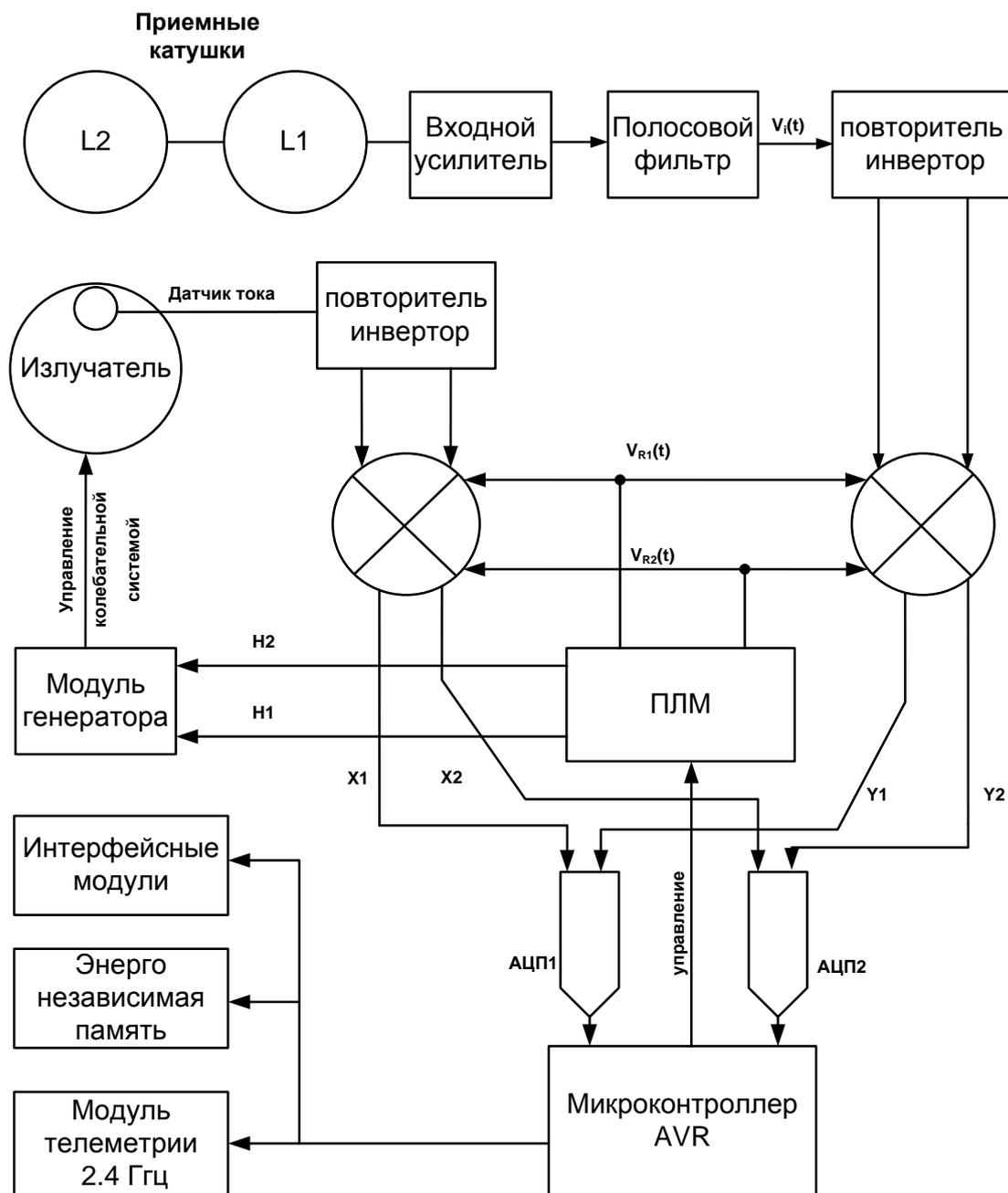


Рис 2.

4.6. В аппаратуре два измерительных канала. В первом измеряется величина, пропорциональная напряженности гармонического поля внутри генераторной петли. ЭДС регистрируется в виде двух компонент и в дальнейшем применяется для контроля фазы излучаемого поля. Диапазоны измерений магнитного поля генератора от 0.3 до 24 А / м. Во втором канале измеряется разностная ЭДС от двух приемных датчиков, соединенных в схему компенсации прямого поля генератора. Глубина компенсации настраивается при изготовлении аппаратуры. Сигнал регистрируется в виде двух компонент в диапазоне от 0.5 до 450 мкВ. Точность измерения сигнала величиной  $1 \text{ мкВ} \pm 5 \%$ . Измеряемый полезный сигнал имеет синусоидальную форму и представляется двумя компонентами как комплексное число. Выделение сигнала производится с помощью 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  $90^\circ$ . Полоса пропускания измерительного тракта равна 20 Гц для всего частотного диапазона аппаратуры.

4.7. Число, записываемое в память при работе, 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.

## **5. КОНСТРУКЦИЯ**

5.1. Основой конструкции аппаратуры АЭМП-14 является корпус, который состоит из двух стеклопластиковых частей. Прибор соединяется конусным разъемом с тремя стягивающими болтами на фланцах. Длина частей 1370 мм и 1403 мм.

5.2. Генераторная часть закрывается съемной верхней крышкой, которая фиксируется 4 винтами. В генераторной части установлены: плата процессора, плата реле, плата питания. В антенной части находится плата входного усилителя. Электрический монтаж выполнен на печатных платах. Межблочные соединения выполнены жгутами с разъемами.

5.3. На передней панели установлены: жидкокристаллический цифровой индикатор, клавиатура, разъем для подключения зарядного устройства и внешних устройств, выключатель напряжения питания. Внутри генераторной части кроме печатных плат расположен аккумулятор. На плате питания установлен держатель предохранителя 3 А. Вся генераторная часть закрыта электростатическим экраном.

5.4. 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.

## **6. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

6.1. При получении аппаратуры АЭМП-14 проверяется комплектность согласно таблице 1 и производится внешний осмотр.

6.2. Включается питание аппаратуры. Напряжение аккумуляторной батареи должно быть около 13 В (показано в правом нижнем углу ИЖК). При напряжении менее 11 В работа запрещена. Устанавливается соединение с КПК и запускается ПО.

6.3. Рабочее положение аппаратуры АЭМП-14 горизонтальное на высоте 20 - 30 см над поверхностью земли. При картировании участка с металлическими объектами под поверхностью рекомендуется держать прибор на высоте около 1 м над поверхностью. Точка записи аппаратуры приходится на среднюю часть прибора и отмечена цветной меткой на разъеме.

6.4. Зарядное устройство предназначено для зарядки аккумулятора. В аппаратуре используется кислотный аккумулятор типа А500 12V / 3.2 А·ч. Данный аккумулятор не обслуживается и не является опасным грузом, допускается к транспортировке воздушным транспортом. Аккумулятор может храниться в температурном диапазоне от  $-30^\circ\text{C}$  до  $+50^\circ\text{C}$ . При температуре  $-15^\circ\text{C}$  емкость аккумулятора уменьшается на 50 %.

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

## **7. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ**

7.1. Аппаратура АЭМП-14 не предназначена для работы во время дождя. Для уменьшения воздействия грязи и пыли рекомендуется генераторную часть прибора оборачивать сменной пластиковой пленкой.

7.2. При регулировке и ремонте сборочных единиц аппаратуры АЭМП-14 необходимо соблюдать все меры предосторожности. Наиболее опасным местом является плата реле, где во время работы на элементах колебательного контура напряжение достигает 200 В.

## **8. ПРОЦЕДУРА ЗОНДИРОВАНИЯ**

8.1. Процедура зондирования состоит из следующих пунктов: 1) генераторная петля с током излучает первичное (прямое) электромагнитное поле на некоторой частоте и индуцирует ток в среде; 2) возникает вторичное электромагнитное поле от токов, существующих в определенном объеме среды; 3) измеряется разностная ЭДС от двух приемных рамок, в каждой из которых возбуждается сигнал от соответствующего магнитного переменного вторичного поля, измеренный сигнал записывается в память.

## **9. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ**

9.1. Аппаратура АЭМП-14 является чувствительным измерительным прибором и требует аккуратного обращения. Нельзя допускать попадания в прибор влаги, и складывать на прибор предметы. В процессе эксплуатации требуется не реже 1 раза в год производить чистку прибора. Для чистки снять верхнюю крышку генераторного блока и продуть пыль сжатым воздухом.

## **10. ПОВЕРКА АППАРАТУРЫ АЭМП-14**

10.1. Периодичность поверки устанавливается предприятием, использующим прибор, с учетом условий и интенсивности его эксплуатации, но не реже одного раза в год.

10.2. Поверка выполняется на свободном участке земли размером 10 x 10 м. При проведении поверки должны выполняться следующие операции: 1) на пункте поверки измерителями сопротивления заземления определяется текущее значение удельного сопротивления пород и погрешность данного измерения, 2) определяется основная погрешность измерения грунта аппаратурой АЭМП-14 на всех рабочих частотах.

10.3. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия: 1) температура окружающего воздуха от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+30^{\circ}\text{C}$ ; 2) относительная влажность окружающего воздуха  $65 \pm 15\%$ ; 3) атмосферное давление окружающего воздуха  $750 \pm 30$  мм рт. с.; 4) напряжение питания 13 В.

10.4. Перед проведением поверочного измерения должны быть выполнены следующие подготовительные работы и операции опробования: 1) на выделенной территории предварительно с помощью поверенных измерителей сопротивления заземления, например Ф4103-М1, ИС-10, М-416, должен быть найден однородный по глубине до 10 м и в плане площадью 10 x 10 м участок земли с удельным сопротивлением пород от 20 до 50 Ом · м; 2) аппаратура АЭМП-14 и средства поверки должны быть прогреты в соответствии с указаниями по их эксплуатации. Время прогрева аппаратуры АЭМП-14 не менее 10 пусков зондирований.

## ПАСПОРТ

Аппаратура АЭМП-14 разработана в Институте нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской академии наук им. А. А. Трофимука. Экземпляр аппаратуры изготовлен ООО «КБ Электрометрии» по заказу ООО Группа "Гелион".

Аппаратура соответствует техническим условиям и признана годной для эксплуатации. Прибор не содержит драгоценных металлов. Комплект аппаратуры не является опасным грузом.

Серийный номер прибора \_\_\_\_\_

Дата выпуска \_\_\_\_\_

Представитель ООО Группа «Гелион» :

Ф. И. О. \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

М. П.

Подпись \_\_\_\_\_

## СОДЕРЖАНИЕ

1. НАЗНАЧЕНИЕ	2
2. СОСТАВ КОМПЛЕКТА	2
3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ	2
4. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ	4
5. КОНСТРУКЦИЯ	6
6. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ	6
7. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ	7
8. ПРОЦЕДУРА ЗОНДИРОВАНИЯ	7
9. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	7
10. ПОВЕРКА АППАРАТУРЫ НЕМФИС	7
ПАСПОРТ	8

