

# **Эхолот для грунта Геолот- 7.0**

## **Руководство по эксплуатации**

## Содержание

1. Назначение - - - - -	3
2. Устройство - - - - -	3
3. Краткое описание изделия - - - - -	7
4. Начало работы - - - - -	11
5. Проведение измерений в ручном режиме - - - - -	12
6. Проведение измерений в автоматическом режиме. Снятие профиля -	13
7. Просмотр записей - - - - -	18
8. Калибровка - - - - -	22
9. Техническое обслуживание изделия - - - - -	23
10. Приложение 1. Функции кнопок управления - - - - -	24

# Эхолот для грунта Геолот- 7.0

## Руководство по эксплуатации

### 1. Назначение

Эхолот предназначен для поиска в грунте уплотнений и полостей.

### 2. Устройство

Изделие состоит из двух частей, показанных на рисунке 1.

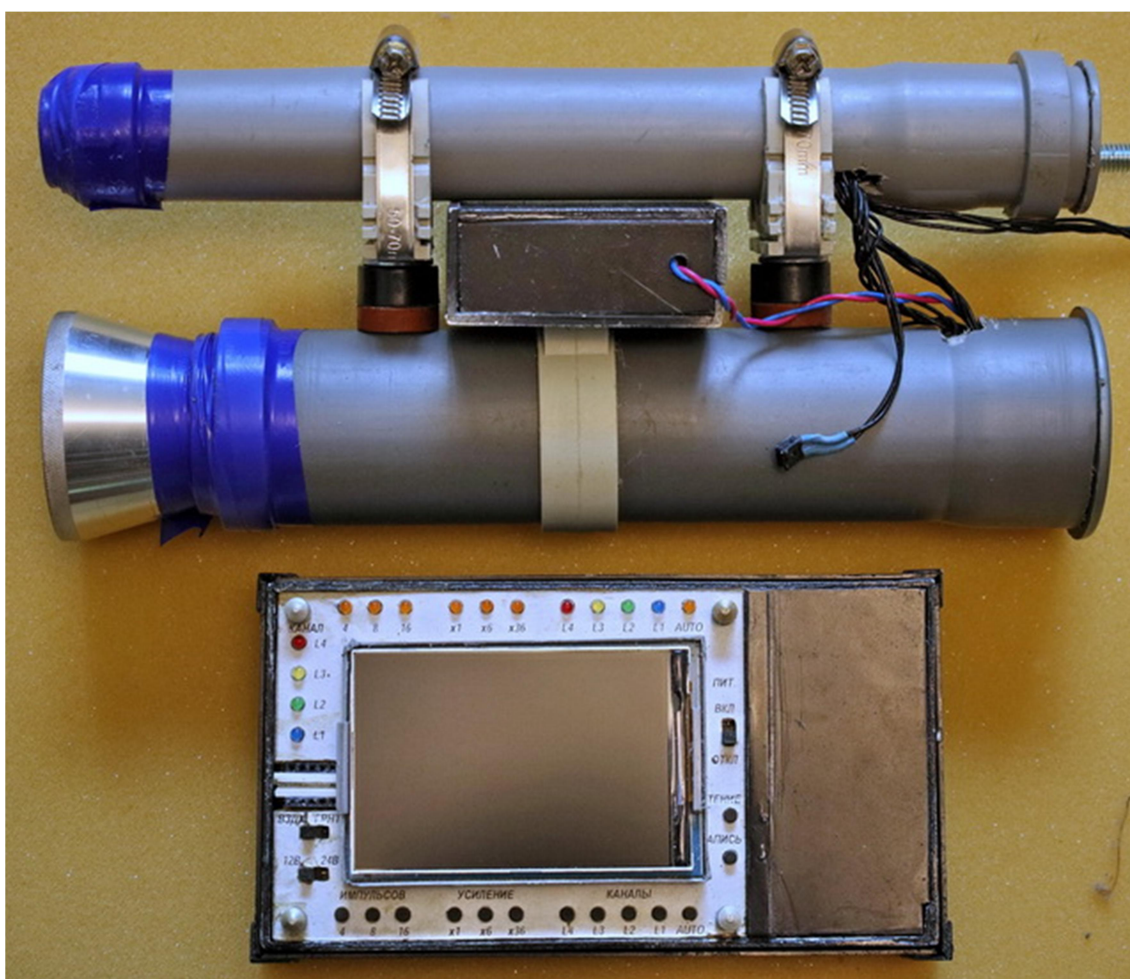


Рис.1. Внешний вид эхолота.

Сверху – Исполнительное Устройство (ISP), (оно же – измерительная головка), внизу – Устройство Управления и Индикации (UUI).

На рисунке 2 показан вид на ISP с правой стороны, которая при работе является верхней.

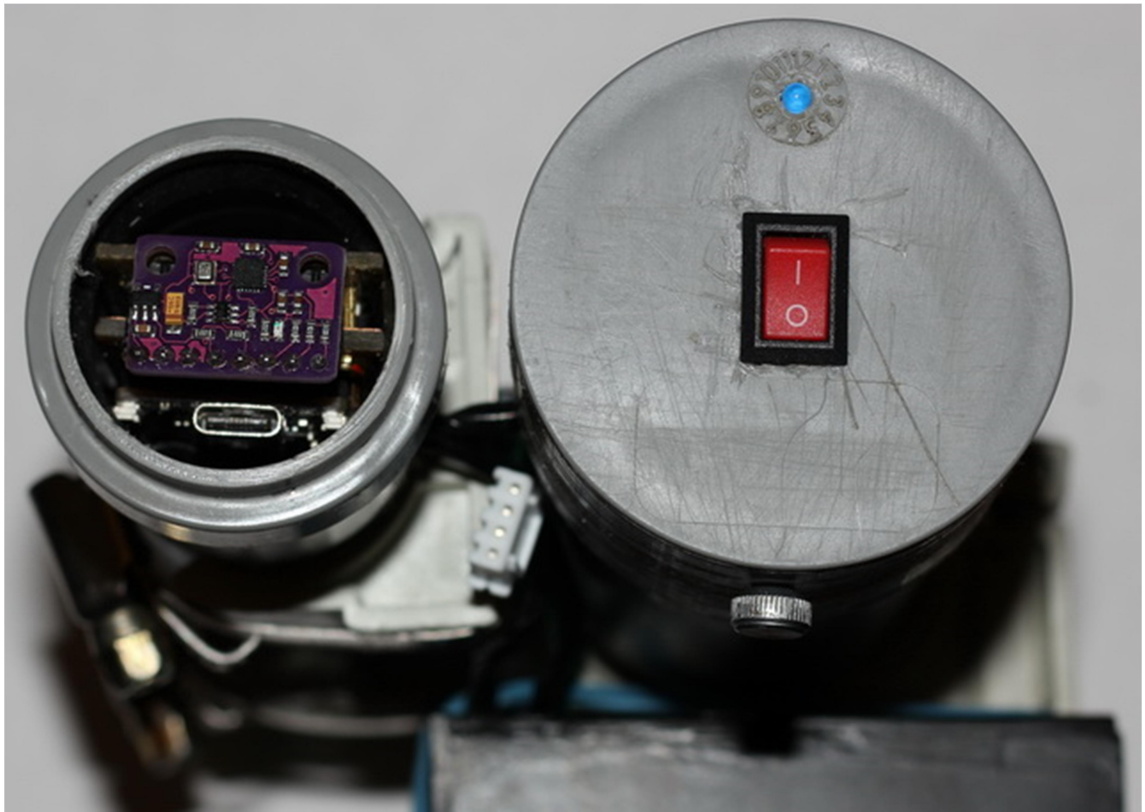


Рис. 2. Вид на ISP с верхней стороны.

Для удобства пользования, ISP имеет ручку, показанную на рисунке 3.



Рис. 3. Вид на ISP полностью.

На верхнем конце ручки установлен крючок для подвешивания выносного пульта управления.

**2.1.** Исполнительное Устройство состоит из двух цилиндрических скреплённых между собой корпусов. На левом торце нижнего на рисунке 1 корпуса расположен пьезоэлектрический излучатель, на правом его торце – выключатель питания и синий светодиод индикации включения, (см. рис. 2, справа). На левом торце верхнего – пьезоэлектрический датчик приёмника, на его правом торце, под крышкой, установлена плата акселерометра – магнитометра (см. рис. 2, слева). Между корпусами расположен контейнер для аккумуляторов, питающих ISP.

Внутри первого (верхнего) корпуса расположен чувствительный усилитель сигналов, поступающих от пьезоэлектрического приёмника, и микроконтроллер ESP32-S2 Mini. Функция микроконтроллера состоит в подаче серии управляющих импульсов на излучатель, обработке принятых от приёмника сигналов, передача результатов обработки в (UUI) по WiFi и приём и исполнение управляющих команд от (UUI). Кроме того, микроконтроллер опрашивает показания акселерометра-магнитометра и передаёт их в UUI.

Внутри второго корпуса находится приёмник управляющих импульсов от микроконтроллера, преобразователь напряжения 12 В в 24 В и формирователь мощных передающих импульсов с усилителем, к выходу которого подключён излучатель.

**2.2. Устройство Управления и Индикации** состоит из панели управления с кнопками управления, светодиодами индикации, LCD-дисплея и микроконтроллера ESP32-S2 Mini. Микроконтроллер принимает информацию от ISP по WiFi, выводит принятую информацию на дисплей и записывает её в карту памяти, обрабатывает нажатия кнопок на панели управления, включает светодиоды, отражающие текущий режим работы и посылает управляющие команды на ISP по WiFi.

Чертёж панели управления показан на рисунке 4.

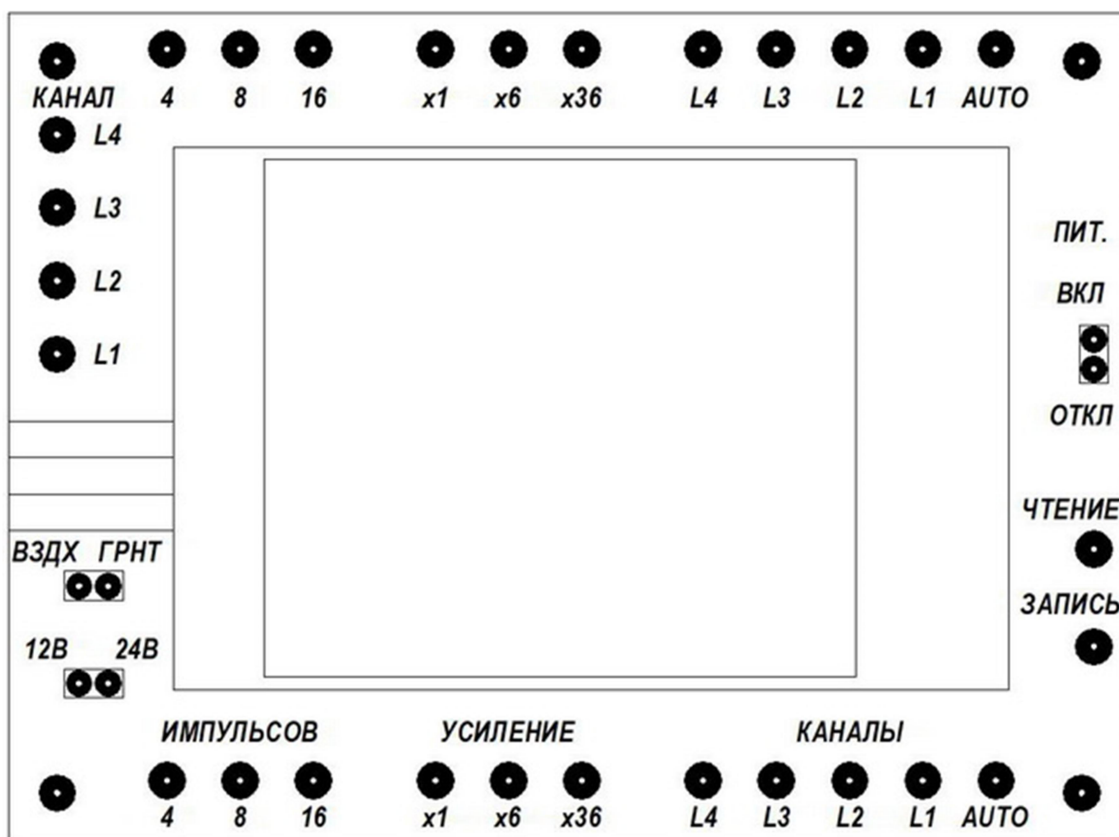


Рис. 4. Чертёж панели управления.

На нижней стороне дисплея слева расположен слот для карты памяти. Вырез, для вставления/изъятия карты памяти в панели управления, сделан слева над переключателями.

### 2.2.1. Панель управления содержит три переключателя:

- ПИТАНИЕ – ВКЛ / ОТКЛ - включает или выключает питание UUI;
- СРЕДА – ВОЗДУХ/ ГРУНТ – устанавливает среду измерения;
- ВЫХОД – 12 В / 24 В – устанавливает напряжение питания выходного каскада усилителя излучателя, изменяя мощность излучения в 4 раза.

### 2.2.2. Кроме того, на панели имеется 12 кнопок и 15 светодиодов.

Верхние светодиоды, расположенные напротив нижних кнопок, показывают состояние режима, который включает расположенная напротив кнопка. Четыре светодиода слева показывают наличие отражённого сигнала в соответствующем канале приёмника. Каждому каналу соответствует свой цвет: L1 – синий, L2 – зелёный, L3 – жёлтый, L4 – красный. Эти цвета имеют светодиоды и точки на экране дисплея, соответствующие каналам,

Кнопки разбиты на три группы.

- Три кнопки слева устанавливают КОЛИЧЕСТВО ИМПУЛЬСОВ в пачке: 4, 8 или 16.
- Три кнопки в середине устанавливают КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ приёмного усилителя: x1, x6 или x36.
- Пять кнопок справа КАНАЛЫ устанавливают номер включённого канала L1, L2, L3, L4 или поочередно в режиме АВТО.

2.2.3. Кнопки ЧТЕНИЕ и ЗАПИСЬ на правой стороне не имеют связанных с ними светодиодов. Реакцию на нажатие этих кнопок мы увидим на экране дисплея.

Короткое нажатие кнопки ЗАПИСЬ включает, выключает режим осциллографа. Осциллограмма появляется в нижней части экрана, как показано на рисунке 5.

Длительное нажатие кнопки ЗАПИСЬ включает, выключает режим записи на карту памяти. В режиме записи короткое нажатие этой кнопки по-прежнему включает, выключает режим осциллографа.

Кнопка ЧТЕНИЕ работает только в режиме записи на карту памяти. Длительное нажатие кнопки ЧТЕНИЕ включает, выключает режим вывода на

экран дисплея геоданных. В режиме вывода геоданных включение осциллографа кнопкой ЗАПИСЬ запрещено.

Другие функции кнопок ЧТЕНИЕ и ЗАПИСЬ будут рассмотрены ниже.



Рис. 5. Внешний вид дисплея с включённым осциллографом.

Цифры в левом верхнем углу экрана показывают расстояние до наиболее удалённого объекта в метрах, в левом нижнем углу – диапазон измерений, тоже в метрах. Цифры в середине сверху – напряжение питания UUI, ниже – напряжение питания ISP, в вольтах. Если напряжение снизится до минимально допустимого, цифры станут красными, что указывает на необходимость замены батарей.

### 3. Краткое описание изделия

Перед тем, как приступить к описанию работы с изделием, для лучшего понимания, разберём некоторые особенности его функционирования.

Имеем изделие, состоящее из Устройства Управления с кнопками, светодиодами, дисплеем и картой памяти. и Исполнительное Устройство, состоящее из излучателя и приёмника ультразвуковых импульсов.

**3.1.** Излучатель может излучать пачки импульсов на частоте 40 кГц, содержащие 4, 8 или 16 одиночных импульсов. После излучения каждой пачки импульсов, излучатель продолжает звенеть примерно такое же время, какое имеет пачка. Длительность пачки и звона вместе определяют "мёртвое время", в течение которого измерения невозможны при коэффициенте усиления приёмника  $\times 36$ , и частично  $\times 6$ , потому, что они напрямую действуют на приёмник и только после снижения амплитуды звона до некоторой величины, приёмник начинает принимать отражённые импульсы. Амплитуда импульсов в пачке возрастает с течением времени, и стремится к

некой предельной величине. Пачка из 4-х импульсов обеспечивает минимальное мёртвое время и максимальную точность измерения, но амплитуда последнего импульса не достигает и половины предела. Эту длительность необходимо использовать, когда расстояние до объекта не велико. Пачка из 8-ми импульсов имеет в два раза большее мёртвое время, но амплитуда последнего импульса достигает величины, большей, чем половина предела. Пачка из 16-ти импульсов имеет максимальное "мёртвое время", в грунте маскируется расстояние порядка метра и более, но амплитуда последнего импульса практически достигает предела. С точки зрения роста амплитуды, дальнейшее увеличение количества импульсов в пачке бессмысленно.

Можно оценить влияние мёртвого времени на маскирование расстояния до объекта. Длительность пачки из 4-х импульсов составляет 100 мкс, плюс 100 мкс время звона, итого 200 мкс. При скорости звука в грунте порядка 2000 м/с = 2000 мм/мс = 2 мм/мкс, за 200 мкс звук пройдёт расстояние  $s = 2 \times 200 = 400$  [мм]. Если учесть, что расстояние до отражающего объекта в два раза меньше, поскольку звук идёт до него и обратно, выясняем, что "мёртвая зона" пачки из четырёх импульсов равна

$$z_4 = s/2 = 400/2 = 200 \text{ [мм]} = 20 \text{ см}$$

(Отдельно заметим, что для коэффициента усиления 1 мёртвого времени не существует. Импульсы напрямую в приёмник не попадают, но минимальное расстояние до отражающего объекта всё равно не равно нулю, потому, что между излучателем и приёмником имеется расстояние порядка 7,5 см, а сигнал под прямым углом не отражается. Измерить минимальное расстояние можно, поднеся прибор, например, к столу сверху, и проследить, при каком минимальном расстоянии он покажет правильный результат.)

соответственно, для 8-ми импульсов:

$$z_8 = 2 \times z_4 = 2 \times 20 = 40 \text{ [см]},$$

а для 16-ти импульсов:

$$z_{16} = 2 \times z_8 = 80 \text{ [см]}.$$

Это теоретически. На практике мёртвая зона меньше для каналов с низкой чувствительностью и больше для каналов с высокой чувствительностью, что вполне объяснимо. Звон прекращается не сразу, а долго стремится к нулю. Для канала с большей чувствительностью порог меньше, и достигается он гораздо позже, чем для канала с меньшей чувствительностью.

**3.2.** Приёмник должен обеспечить нормальное усиление сигнала от пьезодатчика в диапазоне от десятков микровольт до сотен милливольт. Несмотря на наличие каскада с логарифмическим усилением, напрямую обеспечить качественное усиление сигнала во всём диапазоне не представляется возможным. Для решения этой проблемы, в приёмник введён предварительный усилитель с изменяемым коэффициентом усиления, который программно может быть установлен на уровне  $\times 1$ ,  $\times 6$ , или  $\times 36$ . Кроме того, выходной сигнал поступает на четырёхканальный дискриминатор уровней. Первый канал срабатывает при уровне сигнала на выходе усилителя, равном 0,3 В (ниже не позволяют шумы), второй - при уровне 1,0 В, третий - 2,5 В и четвёртый - при уровне 3,5 В. Поскольку коэффициент усиления усилителя нелинейный, благодаря наличию каскада с логарифмическим ограничением усиления, уровни дискриминатора выбраны так, чтобы переход с исходного уровня на следующий, происходил при увеличении уровня входного сигнала в 2,2 - 2,6 раза. Таким образом, четвёртый канал срабатывает при уровне входного сигнала в 12 - 15 раз больше, чем первый канал. Вместе с предварительным усилителем, общее изменение коэффициента усиления усилителя может составлять:  $15 \times 36 = 540$  раз. А если учесть изменение амплитуды входного сигнала при изменении длительности пачки импульсов примерно в 2,5 раза, общий динамический диапазон всей системы можно оценить как

$$D = 540 \times 2,5 = 1350 \text{ раз.}$$

**3.3.** Таким образом, становится понятен смысл использования различных комбинаций длительности импульса и коэффициента усиления приёмника. Если мы используем все возможные комбинации, некоторые измерения вообще не покажут наличия сигнала, а некоторые будут захлаплены помехами. и только часть из них покажет реальную картину.

А для полноты картины желательно перебрать все комбинации. Вручную, конечно, перебирать все комбинации долго. Для достижения этой цели предусмотрен режим, в котором все возможные комбинации перебираются автоматически, за время около 2 сек. Отследить такое количество комбинаций на месте невозможно, поэтому результаты измерений записываются в карту памяти для последующего изучения. Опять же, для отдельно взятых точек такие измерения бессмысленны, поэтому автоматический режим используется только для снятия профиля (вертикального сечения) измеряемого объекта. И для этого наружу вынесен маленький пульт, содержащий две кнопки, и предусмотрен определённый алгоритм действий. А для последующего анализа написана программа Geolot, которая обрабатывает результаты измерений, записанных на карту памяти, и выдаёт рисунки профилей в формате BMP, которые выводятся на экран компьютера. Алгоритм будет указан в разделе описания работы с прибором.

**3.4.** Наличие автоматического режима не умаляет возможностей работы в ручном режиме, когда мы сами устанавливаем различные комбинации и анализируем отражения на экране дисплея UUI. По крайней мере, для того, чтобы снимать профиль, необходимо убедиться, что объект содержит в себе то, что следует снимать. Поэтому, прежде, чем начинать снимать профили, желательно научиться уверенно владеть прибором в ручном режиме.

**3.5.** При измерениях следует знать возможности прибора.

Прибор обрабатывает импульсы, пришедшие после момента излучения с задержкой не более 60 мс.

В воздушной среде, при скорости  $343 \text{ м/с} = 0,343 \text{ м/мс}$ , за 60 мс звук пройдет расстояние  $S = 60 \text{ мс} * 0,343 \text{ м/мс} = 20,58 \text{ м}$ . Расстояние до измеряемого объекта равно половине этой величины, то есть, порядка 10 м. Объекты, расположенные дальше 10 м, в воздушной среде прибор не обнаружит.

В грунте, при скорости  $2000 \text{ м/с} = 2 \text{ м/мс}$ , за 60 мс звук пройдет расстояние  $S = 60 \text{ мс} * 2 \text{ м/мс} = 120 \text{ м}$ . Расстояние до измеряемого объекта равно половине этой величины, то есть, порядка 60 м. Объекты, расположенные дальше 60 м, в грунте прибор не обнаружит. Но в грунте большое затухание и ограничение расстояния вызвано другими причинами. А вот в воде затухание сигнала совсем маленькое. При скорости  $1500 \text{ м/с} = 1,5 \text{ м/мс}$ , предельное расстояние будет  $S = 60 * 1,5/2 = 45 \text{ [м]}$ .

В приборе, при выдаче информации на дисплей, скорость распространения звука в воздушной среде принята равной,  $v = 343 \text{ м/с}$ . Она стабильна и показания прибора соответствуют реальным расстояниям. В грунте скорость звука принята равной,  $v = 1500 \text{ м/с}$ . Это скорость звука в воде и средняя между различными видами грунта. На практике, скорость звука в измеряемом грунте всегда отличается от принятой. В скальных грунтах эта скорость может достигать  $5000 \text{ м/с}$ , а в рыхлых –  $500 \text{ м/с}$ . Отсюда следует, что показания прибора при измерениях в грунте надо принимать, как ориентировочные. В некоторых случаях представляется возможным измерить показания прибора и простой рулетки, что позволяет ввести поправочный коэффициент для грунта, в котором проводятся измерения. И заодно, вводить в программу обработки измерений измеренную скорость. При обнаружении плиты на глубине до 1 м, можно воткнуть стальной щуп до упора в плиту и сравнить показание прибора с глубиной, которую покажет щуп. Например: при исследовании песчаного грунта прибор показал расстояние до объекта 60 см. Щуп показал расстояние 80 см. Вычисляем поправочный коэффициент

$$k = 80 / 60 = 1,33$$

и применяем его для всех измерений в этом грунте. Бывают и другие возможности, надо только вовремя сообразить, что это позволяет измерить расстояние и прибором, и рулеткой. Естественно, рулетку надо при себе иметь, и щуп тоже.

Разрешающая способность – показывает, какие размеры должен иметь объект, чтобы быть обнаруженным. Теоретически она зависит от длины волны. Волна обтекает объекты, если они меньше её длины. Длина волны  $\lambda$  зависит от частоты  $f$  и скорости звука  $v$ , и определяется по формуле:

$$\lambda = v/f$$

Частота излучения  $f = 40000$  Гц.

Скорость звука в воздухе  $v = 343$  м/с, длина волны:

$$\lambda = 343 \text{ м/с} / 40000 \text{ 1/с} = 0,008575 \text{ м} \sim 8,6 \text{ мм.}$$

Скорость звука в грунте примем  $v = 2000$  м/с, длина волны:

$$\lambda = 2000 \text{ м/с} / 40000 \text{ 1/с} = 0,05 \text{ м} = 5 \text{ см.}$$

Надо иметь в виду, что мощность сигнала, отражённого от поверхности такого маленького объекта, будет мизерной и, скорее всего, прибор его не заметит. То есть, надо понимать, что прибор не предназначен для поиска кладов, предметами поиска могут быть пустоты и площадки размерами, как минимум, более метра.

#### **4. Начало работы**

Перед началом работы необходимо убедиться, что напряжение питания обеих частей изделия находится в норме и имеет запас для длительной работы. Нижний предел напряжения UUI равен 7,0 В, а ISP – 10,5 В.

Первым должен быть включен выключатель на Исполнительном Устройстве. Потом – на Устройстве Управления. Иначе прибор не заработает.

Проверить работоспособность можно, проведя измерение до какого-нибудь плоского предмета в воздушной среде, как описано в следующем разделе. В комнате это может быть стена или потолок. В полевых условиях

можно поднять излучатель и направить его в землю. Расстояние, показанное прибором, должно быть близким к реальному.

## **5. Проведение измерений в ручном режиме**

**5.1.** Для проведения измерений в воздушной среде, переключатель Выход перевести в положение 12 В, переключатель СРЕДА перевести в положение ВЗДХ, Нажать кнопки 4, x1 и L4, направить излучатель на объект, до которого измеряется расстояние, и прочитать на экране дисплея (слева вверху) расстояние до объекта. Если объект далеко, и мощности отражённого сигнала недостаточно, на экране будет ноль. Перебирая каналы от L4 до L1 попытаться получить на экране значение расстояния, отличное от нуля. Я рекомендую нажать кнопку AUTO справа внизу, каналы начнут перебираться в автоматическом режиме. На левой стороне панели управления включатся светодиоды, соответствующие каналам, в которых появились отражённые сигналы. На дисплее появятся линии соответствующих цветов. Выбираем по цвету канал, в котором есть только одна линия, включаем его, нажимая соответствующую кнопку, и считываем расстояние до объекта. Некоторые каналы покажут более одной линии. Это значит, что на пути до измеряемого объекта есть предметы, отражающие звуковую волну, или имеет место многократное отражение, например, от потолка затем от пола, потом опять от потолка, и мы видим вторичное отражение. Если мы включим такой канал, то на экране увидим расстояние, соответствующее последнему отражению. Можно также кратковременным нажатием кнопки ЗАПИСЬ включить осциллограф и наблюдать отражённые импульсы как на осциллографе.

Если отражённый сигнал не появился, повышаем мощность сигнала, нажимая поочередно кнопки 8 и 16, потом переводим переключатель Выход в положение 24 В и опять поочередно нажимаем кнопки 4, 8 и 16, наблюдая в режиме автоматического перебора каналов картинку на экране дисплея.

Если возникает необходимость дальнейшего увеличения чувствительности прибора, переводим прибор в исходное состояние, нажимаем кнопку x6 и повторяем процедуру, описанную в начале этого раздела. Кнопку x36 при измерениях в воздушной среде нажимать бессмысленно. Она адекватно работает только при измерениях в грунте.

**5.2.** Для проведения измерений в грунте, переключатель СРЕДА переводим в положение ГРНТ, остальные установки, как описано в пункте 5.1.

Устанавливаем Исполнительное Устройство на грунт таким образом, чтобы был обеспечен надёжный контакт с грунтом, как излучателя, так и приёмника, для этого поверхность места контакта необходимо выровнять, для чего удобно использовать прямоугольный или трапециевидный шпатель, или кельму. Если измерения проводятся в скальном грунте, следует использовать согласующее приспособление в виде мешочка из тонкой, синтетической, не мягкой, ткани с мокрым, просеянным через мелкое сито, песком, чтобы исключить попадание мелких камешков, которые могут проколоть тонкую алюминиевую мембрану приёмного датчика. По этой же причине не следует устанавливать датчик непосредственно на камни. Толщина слоя песка – порядка 1 см.

Следует иметь в виду, что в сухую погоду, если на поверхности грунта имеется слой дёрна, он поглотит все волны ультразвука и никаких измерений не получится. В некоторых случаях, когда слой дёрна небольшой, его можно поднять, если под ним находится слежавшийся грунт, измерения проходят успешно. Иногда полезно смочить верхний слой небольшим количеством воды, подождать, когда верхний слой перестанет быть мокрым, но останется влажным, и начинать измерения. Опыт показывает, что если земля потрескалась от жары и засухи, проводить измерения бесполезно. Лучше всего работать после дождя и особенно после затяжных дождей. Это, конечно, большой недостаток применяемого метода, но альтернативы ему пока нет.

После того, как ISP установлено на грунт, проводим измерения так же, как описано в предыдущем пункте.

**5.3.** Изучение измеряемого объекта всегда надо начинать с измерений в ручном режиме. Сначала следует выявить места, подозрительные на наличие полостей и инородных тел, определить направление, предпочтительное для снятия профиля. Иногда измерений в ручном режиме бывает достаточно, и не требуется переходить к измерениям в автоматическом режиме. Если объект оказался интересным, переходим к снятию профиля.

## **6. Проведение измерений в автоматическом режиме. Снятие профиля**

Снятие профиля всегда рекомендуется производить при положении переключателя ВЫХОД в положении 24 В. В процессе работы напряжение питания батареи 12 В падает и мощность излучения тоже падает, что создаёт нестабильность в результатах измерений. Напряжение 24 В стабильно и не зависит от напряжения батареи.

Переключатель ВОЗДУХ – ГРУНТ не влияет на результат измерений в автоматическом режиме. Он влияет только при выводе показаний на экран дисплея. Естественно, при чтении измерений в грунте с дисплея, он должен быть установлен в положение ГРНТ.

**6.1.** Для снятия профиля используется выносной пульт, показанный на рисунке 6.



Рис. 6. Выносной пульт.

На пульте расположены две кнопки. Слева на торце – кнопка ПУСК. Нажатие на неё запускает процесс перебора всех комбинаций длительности пачки импульсов и коэффициента усиления приёмника, излучения для каждой комбинации пачки импульсов, приёма отражённых сигналов и записи результатов измерения в каждой комбинации на карту памяти.

На боковой стороне сверху находится кнопка ПОЗИЦИЯ. Кратковременное нажатие на эту кнопку увеличивает счётчик позиций на единицу. Длительное нажатие обнуляет счётчик позиций.

**6.2.** Снятие профиля производится в автоматическом режиме. Перед измерением необходимо перевести прибор в режим записи на карту памяти. Для этого необходимо нажать кнопку ЗАПИСЬ и удерживать её не менее 1 секунды. При включении режима на экране средняя полоса между указателями напряжений станет широкой и окрасится в красный цвет. Кроме того, в верхней части экрана между указателями расстояния и напряжения UUI появится указатель имени каталога (папки), куда будут заноситься результаты измерений. В нижней части, между указателями напряжения ISP и диапазона измерений отображается номер последнего записанного файла с результатами измерений. Наглядно это показано на рисунке 7.

Прибор переходит в режим автоматического перебора каналов. Далее можно работать так же, как просто в режиме AUTO - включать и выключать осциллограф, устанавливая длительность импульса и коэффициент усиления и наблюдать наличие или отсутствие отражений на экране дисплея.



Рис. 7. Режим записи.

Если карта памяти отсутствует, или неисправна, красная линия появляется, на 1 сек, на экране высвечивается надпись: NO SD CARD, как показано на рисунке 8, и устройство выходит из режима записи. Если такое случилось, попробуйте выключить и опять включить UUI. Если не помогает, карту памяти надо извлечь, проверить на компьютере, включив устранение ошибок, а при необходимости отформатировать в системе FAT32. Максимальный поддерживаемый объём карты памяти – 32 Гб.

Для извлечения карты памяти, необходимо аккуратно нажать на неё, используя небольшой плоский предмет, например, тыльную часть пинцета, и отпустить. Карта выйдет из слота. Проверенную карту вставить обратно, убедившись, что она попадает в слот, а не под дисплей. Если такое случилось, необходимо аккуратно извлечь дисплей и достать карту памяти, вставить её в слот и вернуть дисплей на место. При манипуляциях с дисплеем надо избегать любых воздействий на его экранную часть. Даже при не сильном нажатии со стороны шлейфа, экран может выйти из строя. Все усилия прилагать только к плате, на которой он смонтирован.



Рис. 8. Отсутствие карты памяти.

После того, как режим записи включен, длительным нажатием кнопки ЧТЕНИЕ включаем режим вывода на дисплей геоданных, как показано на рисунке 9.



Рис. 9. Вывод на дисплей геоданных.

В этом режиме включение осциллографа запрещено. Выключается режим вывода геоданных повторным длительным нажатием кнопки ЧТЕНИЕ.

Выводится: в первой строке слева - номер точки измерения (позиция), справа - географическая широта. Во второй строке слева - дата, справа - географическая долгота. В третьей строке слева - время (московское). следующая позиция S - количество спутников, Z - угол наклона относительно вертикали в градусах (ось Z направлена вверх) и N - направление на север, в градусах. Обновление показаний LAT, LNG, Z и N происходит при нажатии кнопки записи на карту памяти (AUTO на UUI или кнопки ПУСК на выносном пульте).

Для выхода из режима записи необходимо повторное длительное (на 1 сек) нажатие кнопки ЗАПИСЬ. При выключении режима записи вывод геоданных тоже выключается.

Для создания нового каталога необходимо одновременно длительно нажать кнопки x1 и x36. Максимальное количество каталогов на карте памяти – 999.

Переход на старший каталог производится длительным нажатием кнопки x36, на младший – длительным нажатием кнопки x1.

Кнопки КОЛИЧЕСТВО ИМПУЛЬСОВ используются для удаления файлов и каталогов при длительном нажатии. Нажатие кнопки 4 удаляет один последний файл в каталоге. Кнопка 8 – удаляет все файлы в каталоге. Кнопка 16 удаляет каталог. При этом, может быть удалён только последний (старший) каталог, и только тогда, когда из него удалены все файлы. Такие ограничения не позволяют нарушить стройность системы каталогов и затрудняют случайное удаление ранее записанных каталогов.

Для каждой записи создаётся новый файл. В один каталог можно записать не более 999 файлов.

**6.2.** К сожалению, автоматического отслеживания перемещения исполнительного устройства в пространстве, в приборе нет. Для того, чтобы обойти эту неприятность, необходимо вводить расстояние вручную. Делается это с помощью кнопки ПОЗИЦИЯ, расположенной на выносном пульте. Предполагается, что перенос измерительной головки осуществляется на расстояние, кратное некоторому эталону. Например, каждый раз на 0,5 м. Перед началом измерений, длительным нажатием кнопки ПОЗИЦИЯ обнуляем счётчик позиций. После перемещения измерительной головки на следующую позицию, если переместили на 0,5 м, нажимаем кнопку один раз, если 1 м, два раза, и так далее, кратно количеству эталонов. От соблюдения точности перемещения измерительной головки кратно эталону зависит точность отображения профиля в программе обработки измерений. Для каждого профиля необходимо запомнить (записать) эталон, который потребуется ввести в программу обработки. Если в процессе измерений произошла явная ошибка на какой-то позиции, последний файл можно удалить длительным нажатием кнопки 4 и повторить измерения.

На каждой позиции можно производить несколько измерений под разными углами наклона. Это, во-первых, позволяет отсканировать из одной позиции несколько рядом стоящих точек отражения, повышая тем самым точность сканирования, во-вторых, как в случае сканирования объекта, предполагаемой пирамиды, Для того, чтобы узнать, вертикальна ли стена, идёт параллельно склону или представляет собой ряд ступеней, необходимо провести сканирование перпендикулярно поверхности склона холма, в горизонтальном и вертикальном направлениях. Программа обработки нарисует все точки отражения с учётом позиций и углов наклона измерительной головки.

**6.3.** Итак, мы убедились, что отражённые от объекта импульсы присутствуют, каталог, в который будем производить запись, установлен. Можно приступить к снятию профиля. Для этого необходимо пройти по прямой линии, которая начинается до объекта исследования и заканчивается после него. Исходя из расстояния, которое нужно пройти, выбираем эталон перемещения между позициями. Чем больше позиций получится, тем точнее будет профиль.

Включаем прибор, переходим в режим записи на карту памяти, включаем режим вывода геоданных, одновременным длительным нажатием кнопок x1 и x16 создаём новый каталог (если он не создан после создания предыдущего профиля. что рекомендуется делать, во избежание доступа к уже полученным файлам), и дожидаемся появления на экране данных GPS. Поскольку данные высвечиваются на экране только после нажатия кнопки ПУСК на выносном пульте, после того, как появится время, периодически нажимаем кнопку ПУСК и наблюдаем наличие координат на экране. После появления координат удаляем файлы, записанные при нажатиях кнопки

ПУСК, обнуляем текущий каталог длительным нажатием кнопки 8. Индикация номера последнего файла должна показывать 0.

Устанавливаем переключатель ВЫХОД в положение 24 В, делаем длительное нажатие кнопки ПОЗИЦИЯ на выносном пульте до тех пор, пока на дисплее напротив отметки POZ не появится ноль.

Устанавливаем излучатель и приёмник так, чтобы они оба имели хороший контакт с грунтом. Для визуального определения наличия хорошего контакта рекомендуется включить коэффициент усиления х36 и наблюдать светодиоды L1 – L4 слева от экрана. Если некоторые из них вспыхивают, контакт есть. Чем больше светодиодов вспыхивает, тем лучше контакт.

При первом измерении на каждой позиции фиксируем ISP перпендикулярно поверхности грунта в точке измерения и нажимаем на выносном пульте кнопку ПУСК. (По первым измерениям программа строит профиль поверхности, по которой мы проходим). Светодиоды 4, 8, 16, х1, х6 и х36 начинают переключаться в порядке возрастания. По завершении записи индикация возвращается на исходную позицию и количество файлов в указателе увеличивается на единицу. Пока количество файлов не изменилось, излучатель не шевелить. Аналогично делаем необходимое количество измерений, больше не привязываясь к поверхности грунта.

Примечание. Самый первый файл имеет имя 0, при отсутствии файлов индикация номера последнего файла тоже показывает 0, поэтому после записи самого первого файла индикация не изменится. После записи следующего файла появится 1 и далее по нарастающему.

Затем перемещаем ISP на следующую позицию, кратно эталону, нажимая кнопку ПОЗИЦИЯ, увеличиваем счётчик позиций на величину кратности и производим следующие измерения, как описано в предыдущем абзаце. Опыт показывает, что удобным является расстояние, равное длине ботинка, и не больше одного шага человека, если расстояние проходки не превышает 10 - 30 м. В случае больших объектов эталон может иметь несколько метров.

Для следующего профиля создаём новый каталог, желательно сразу после завершения текущего профиля.

## **7. Просмотр записей**

Этот способ был актуален, пока не было программы обработки записей с карты памяти Geolot. После появления программы его актуальность стремится к нулю. Он неудобен и сложен в исполнении. Лучше им не

пользоваться. Но раз он есть, описание приводится. В нём не учитываются позиции, поскольку тогда их не существовало. Не учитываются углы наклона, акселерометра тоже не было. Просмотр записей правильно покажет только в том случае, если измерения проводились в точках, расположенных через равное расстояние, при одном измерении в каждой точке. И точек этих должно быть не менее сотни.

В следующей модификации прибора этот режим будет удалён.

**7.1.** Для просмотра записанной информации необходимо перейти в режим чтения.

Сделать это можно двумя способами.

- Первый: в режиме записи кратковременно нажать кнопку ЧТЕНИЕ. При повторном коротком нажатии кнопки ЧТЕНИЕ происходит возврат в режим записи.

- Второй способ: при выключенном выключателе питания ISP, удерживая кнопку ЧТЕНИЕ, включить питание UUI. Это режим автономного просмотра записей и выйти из него можно только выключив питание.

В режиме чтения на экране всё остаётся, как в режиме записи, только широкая средняя линия слева приобретает зелёный цвет, как показано на рисунке 10, и выключается режим автоматического перебора каналов. Осциллограф в режиме чтения не включается.

Перед выводом на дисплей информации, необходимо вручную установить предел измерений, указанный слева внизу, до которого будет выведена информация. Измерения с расстояниями, больше предела, мы не увидим. Короткое нажатие кнопки х3б при нажатой кнопке хб увеличивает предел, а короткое нажатие кнопки х1 при нажатой кнопке хб уменьшает его.

Все манипуляции с кнопками управления необходимо производить до включения каналов. При включённых каналах они не работают.

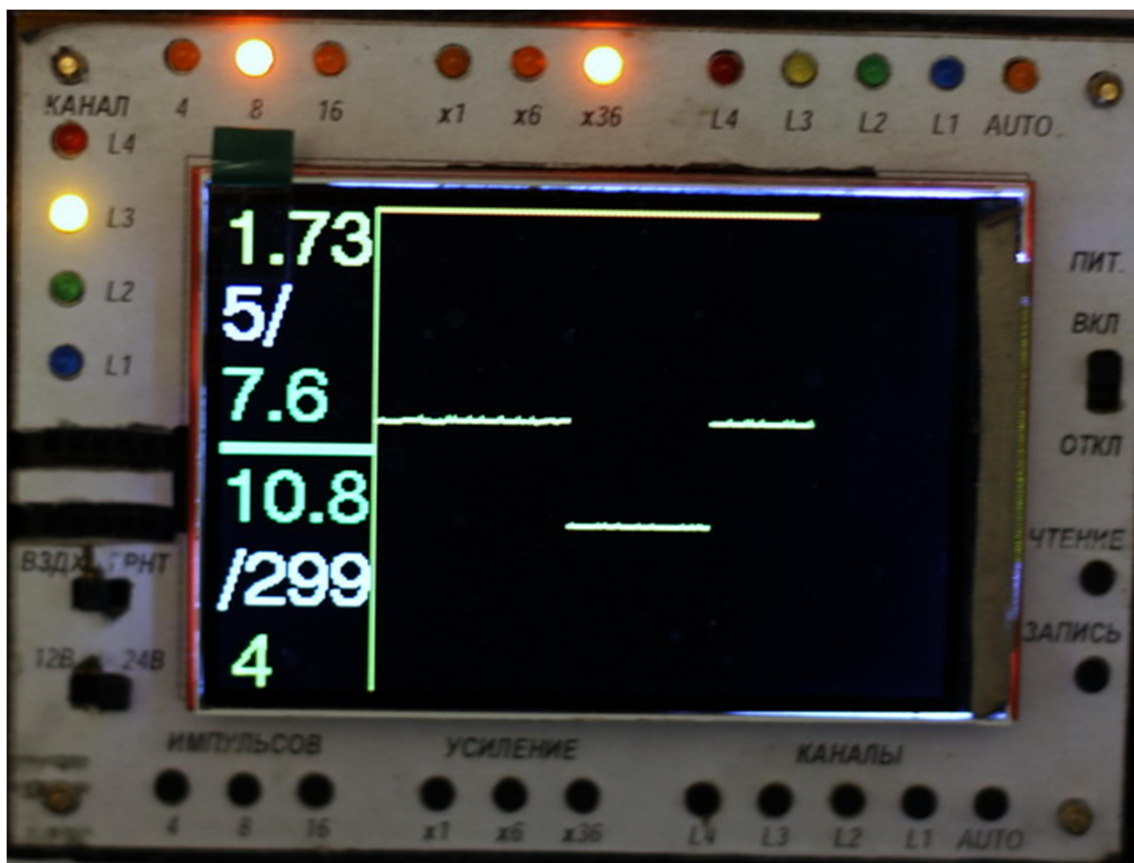


Рис. 10. Работа в режиме чтения.

7.2. Для вывода на экран записанной информации, необходимо выбрать каталог с записью интересующего профиля и включить для просмотра каналы L1 ... L4, для совместного вывода нескольких каналов, или всех каналов в режиме АВТО. На экран будут выведены данные для всех трёх коэффициентов усиления. И если в режиме измерения линия на дисплее показывала расстояние до одного и того же объекта, то здесь каждая точка показывает записанное расстояние. В результате на экране мы видим профиль пройденного участка. На приведённом примере наблюдаем ровную поверхность с ямой в середине. После просмотра включённые каналы необходимо выключить теми же кнопками, которыми включали.

В указанном режиме выводятся данные при всех записанных комбинациях длительности импульса и коэффициента усиления. Если теперь длительно нажать кнопку ЗАПИСЬ, средняя линия слева окрасится в синий цвет и прибор перейдёт в режим отдельного чтения. Читаться будут только измерения, проведённые при установленных режимах длительности импульса и коэффициенте усиления. Например, на рисунке 11 выведен канал L2, измеренный при длительности пачки в 16 импульсов и коэффициенте усиления x6.

В данном случае канал L2 был выключен, когда выводился 299-й файл и картинка застыла, поэтому зелёный светодиод справа сверху – индикатор

включения канала L2 погашен. Но слева индикатор наличия сигнала в канале L2 светится. Если бы канал не был выключен, картинка бы не застыла. При следующем включении любого канала экран обновится и начнётся вывод включённого канала. При достижении максимального файла экран обновляется и начинается вывод сначала.

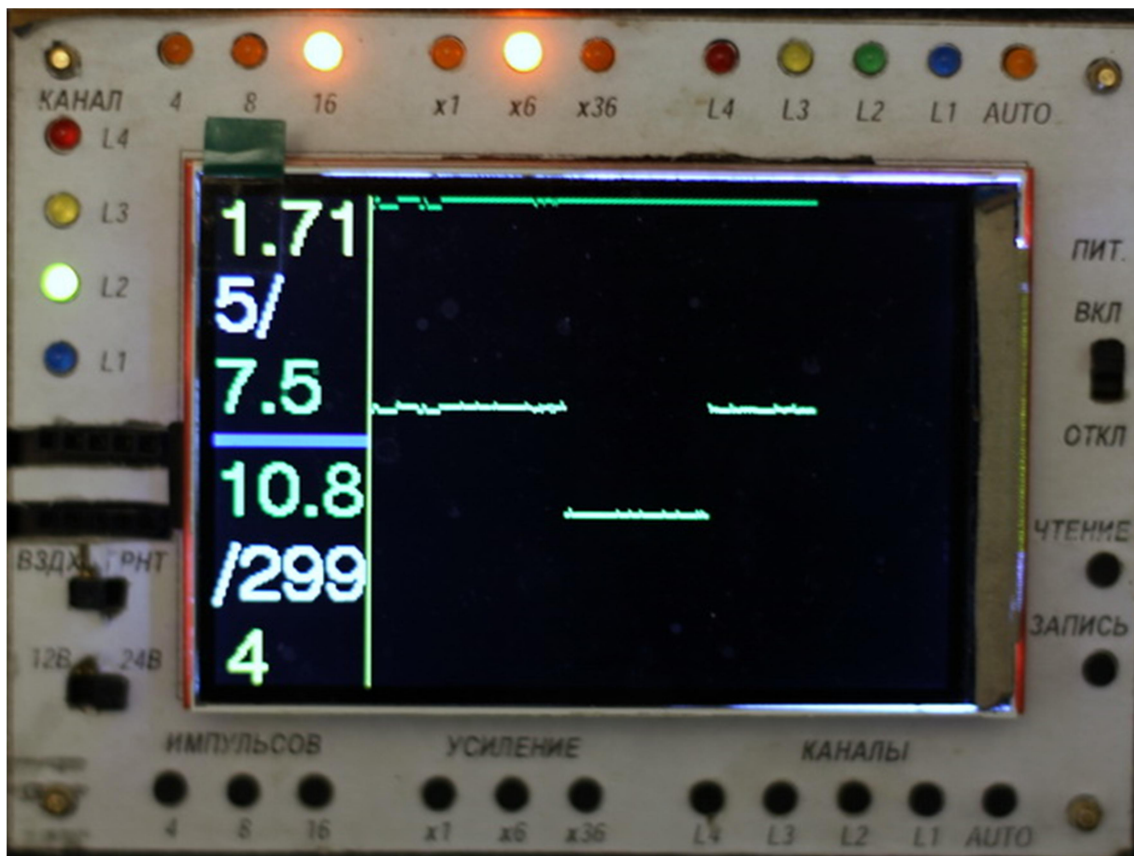


Рис. 11. Работа в режиме отдельного чтения.

Таким образом, имеется возможность анализировать результаты измерений для всех вариантов сочетаний каналов и коэффициентов усиления не в полевых условиях, а в спокойной обстановке.

Все операции с каталогами и файлами в режимах чтения доступны и не отличаются от таковых в режиме записи.

Возврат из режима отдельного чтения осуществляется повторным длительным нажатием кнопки ЗАПИСЬ.

## 8. Калибровка

Проводить калибровку необходимо в случаях, когда есть подозрения на некорректную работу акселерометра или магнитометра.

В случае замены платы акселерометра и магнитометра калибровка обязательна. Без калибровки плата не запустится. Это связано с тем, что начальные установки датчика записываются при включении из флеш-памяти. А они появляются там только после первой калибровки и обновляются при последующих калибровках.

Для выполнения калибровки наружу выведена кнопка СТАРТ, запускающая калибровку магнитометра (компаса) при коротком нажатии, или калибровку акселерометра, при длительном нажатии. Результаты калибровки - коэффициенты корректировки, записываются в энергонезависимую память и применяются при каждом последующем включении прибора.

**8.1.** Для калибровки компаса (магнитометра) необходимо кратковременно нажать кнопку СТАРТ и, дождавшись надписи на дисплее CALIBRATION IN PROGRESS, как показано на рисунке 12, не слишком быстро совершать движения в форме восьмёрки, направляя вперёд по движению переднюю сторону измерительной головки, то есть, совершая вращательные движения. Всего на калибровку отпущено 20 с, из них примерно 6 с располагать восьмёрку в горизонтальной плоскости, 6 сек - в вертикальной плоскости, проходящей с севера на юг и 6 сек в вертикальной плоскости, проходящей с востока на запад.

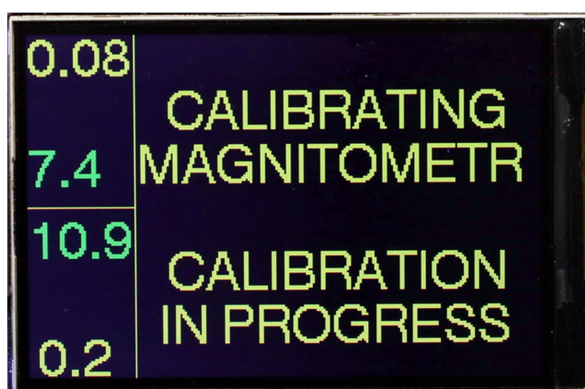


Рис. 12. Калибровка магнитометра.

**8.2.** Для калибровки акселерометра длительно (более 0,7 сек) нажать на кнопку СТАРТ. При появлении надписи SET POZITION N, как показано на рисунке 13, установить измерительную головку в одну из шести позиций и не двигать её, пока на экране не погаснет надпись CALIBRATION IN PROGRESS. Позиции Вы можете определить сами, например, направляя

головку на потолок, затем на пол, на левую стенку комнаты, затем на правую, на переднюю стенку, затем на заднюю. При этом, не допускать вращения головки вокруг собственной оси. Смысл калибровки заключается в том, чтобы каждая из осей датчика (X, Y и Z) за время калибровки поочередно была направлена сначала вертикально вверх, затем вертикально вниз (или сначала вниз, а потом вверх).

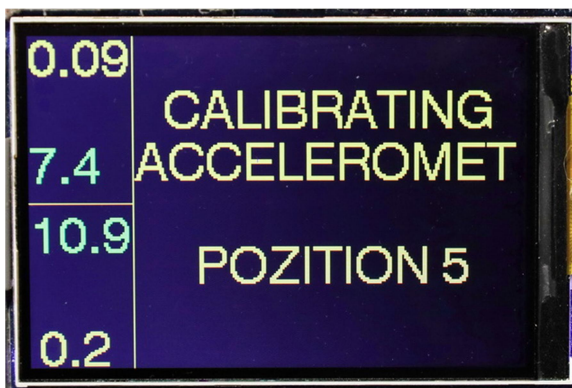


Рис. 13. Калибровка акселерометра.

## 9. Техническое обслуживание изделия

Техническое обслуживание сводится к своевременной замене аккумуляторов и последующей их зарядке в зарядном устройстве.

В Устройстве Управления два аккумулятора расположены справа под пластмассовой крышкой.

В Исполнительном Устройстве для доступа к аккумуляторам необходимо извлечь контейнер с батареями нажимая на него с усилием, снять крышку и извлечь держатель батарей с тремя аккумуляторами.

При установке заряженных аккумуляторов необходимо соблюдать полярность! Пружинный контакт каждого контейнера для аккумулятора должен соединяться с его минусом.

После замены аккумуляторов и сборки изделия, его необходимо включить и убедиться, что напряжения на батареях, показанные на экране, в норме. Для заряженных аккумуляторов напряжение в Устройстве Управления должно быть не ниже 8 В, а в Исполнительном устройстве – не ниже 12 В.

## 10. Приложение 1. Функции кнопок управления

Как следует из описания, функции, выполняемые кнопками в различных режимах, сильно изменяются. Помочь ориентироваться в том, какие кнопки когда нажимать, призвана приведённая ниже таблица 10.1.

Таблица 10.1

№ п/п	Режим, включение / выключение режима	Кнопка или комбинация кнопок	Длительность нажатия
1	<b>Исходный режим</b>		
	осциллограф, вкл. / выкл.	ЗАПИСЬ	короткая
	режим записи, вкл.	ЗАПИСЬ	длительная
2	<b>Режим записи</b>		
	осциллограф, вкл. / выкл.	ЗАПИСЬ	короткая
	запись измерения	АВТО	короткая
	режим записи, выкл.	ЗАПИСЬ	длительная
	вывод геоданных, вкл. / выкл.	ЧТЕНИЕ	длительная
3	<b>Режимы записи и чтения</b>		
	создание каталога	x1 + x36	длительная
	переход на старший каталог	x36	длительная
	переход на младший каталог	x1	длительная
	удаление последнего файла	4	длительная
	удаление всех файлов в каталоге	8	длительная
4	<b>Режим чтения</b>		
	выбор каналов для чтения	L1 – L4, АВТО	короткая
	выбор предела измерения, вверх	x6 + x36	короткая
	выбор предела измерения, вниз	x1 + x6	короткая
	раздельное чтение, вкл. / выкл.	ЗАПИСЬ	длительная
5	<b>Автономный режим чтения</b>		
	включение	ЧТЕНИЕ + ПИТАНИЕ	удержание
	выключение	ПИТАНИЕ	выключение

\* Удаление каталога возможно только после удаления в нём всех файлов.