

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«ТЕРРАЗОНД»

ОКП 43 1400

ГЕОРАДИОТОМОГРАФ
ГРТ-XX

Руководство по эксплуатации



03.2020 г.

Инв. № подл.	Полн. и лага	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Полн. и лага
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Содержание

1. Назначение	3
2. Комплектность	4
3. Технические характеристики	4
4. Принцип действия устройства	5
5. Краткое техническое описание устройства	5
6. Общие указания по эксплуатации	7
7. Меры по обеспечению безопасности	7
8. Процедура параллельного (объемного) зондирования	7
9. Техническое обслуживание	7
10. Хранение	8
11. Транспортировка	8
12. Поверка георадиотомографа	8
11. Паспорт	11

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	16335932.431400.001 РЭ					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Георадиотомограф ГРТ-XX			Лит.	Лист	Лист
Разраб.		Л.Рыжков			Инструкция по эксплуатации			И	2	11
Пров.		Д.Романов			НПО «Терразонд»					
Н.контр.										

1. Назначение

Устройство предназначено для обнаружения и пространственной локализации объектов и неоднородностей, скрытых в различных средах (грунт, дорожные покрытия, строительные конструкции и др). Обнаруживаются объекты и неоднородности, диэлектрическая проницаемость которых отличается от фоновой диэлектрической проницаемости среды. Программное обеспечение позволяет получать трёхмерные растровые изображения исследуемого пространства. Имеется возможность представления трехмерных изображений послойно в виде набора изображений, полученных при различных сечениях зондируемого объема вдоль выбранного направления, также возможна трехмерная визуализация неоднородностей. Исходя из полученного изображения, оператор делает вывод о наличии и расположении загубленных объектов и неоднородностей внутри сплошных сред.

Основные сферы применения георадиотомографа:

Строительство

- поиск и локализация различных дефектов в деревянных, кирпичных, железобетонных строительных конструкциях;
- обнаружение арматуры, скрытой проводки, инженерных коммуникаций;
- уточнение инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадок строительства;
- поиск скрытых дефектов в стенах инженерных сооружений, шахт, тоннелей, в опорах и перекрытиях.

Автомобильные дороги, железные дороги, аэродромы

- определение толщин и структуры конструктивных слоев дорожной одежды, железнодорожной насыпи, элементов ВПП, рулевых дорожек аэродромов;
- определение геометрии кровли естественного основания и балластной призмы;
- картирование подземных коммуникаций;
- контроль соответствия строения дорожной одежды, железнодорожной насыпи, взлетно-посадочных полос проектной документации;
- выявление разуплотненных и обводненных участков;
- изучение особенностей армирования бетонных плит покрытия;
- изучение инженерно-геологических условий участков, подверженных деформациям;
- изучение инженерно-геологической обстановки территорий, прилегающих к аэродромам.

Жилищно-коммунальное хозяйство

- определения местоположения подземных коммуникаций трубопроводов, кабелей, коллекторов, дренажных сетей и др.;
- мониторинг состояния подземного пространства при проведении профилактических работ по гидроиспытаниям сетей водоснабжения.

Археология

- локализация и анализ археологических объектов — захоронения, артефакты, предметы быта;
- картирование древних сооружений — выявление расположения фундамента и стен разрушенных зданий;
- определение мощности культурного слоя.

Безопасность

- поиск криминальных захоронений, схронов, взрывных устройств, людей под лавинами;
- выявление несанкционированных врезок в магистральные трубопроводы.

Интв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подп. и дата
---------------	--------------	--------------	---------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

16335932.431400.001 РЭ

Лист

3

2. Комплектность

Комплектность поставки георадиотомографа определена согласно списку:

1. Управляющий компьютер;
2. Основной блок георадиотомографа (ЛЧМ генератор, коммутатор и АЦП);
3. Модуль антенной решетки с элементами крепления и ВЧ разъемами;
4. Металлический профиль для крепления антенных модулей;
5. Комплект кабелей;
6. USB-флеш-накопитель с программным обеспечением и руководством пользователя;
7. Защищенный пластиковый кейс для транспортировки устройства - **опция**;
8. Навигационный блок (энкодер и/или RTK GNSS и/или иной позиционер) - **опция**;
9. Гусеничная платформа для осуществления автономной работы устройства - **опция**.

3. Технические характеристики

Частотный диапазон	0.5-2 ГГц (ГРТ-2Х) / 0.5-3 ГГц (ГРТ-3Х)
Мощность излучения на выходе приемо-передатчика	до 50 мВт
Количество антенн в линейке приемо-передающих модулей	8-16-24-32
Ширина сканирования за один проход	525 мм до 2325 мм
Тип антенны	Решетка, состоящая из линеек широкополосных антенн, комбинированного типа
Допустимый уровень отклонения всех характеристик не более	5 %
Максимальная глубина зондирования	до 3 м
Возможность непрерывного зондирования на скорости	100+ км/ч
Разрешение сканирования вдоль антенной линейки	до 7,5 см
Габариты линеек антенных модулей (без креплений)	67.5x50x24 см
Вес	до 5 кг (один антенный модуль)
Напряжение питания (от внешнего источника)	12.5-13.5 В
Потребляемая мощность	до 20 Вт
Степень защиты	IP54 (антенные модули) IP40 (блок генератора)
Средняя наработка на отказ	Не менее 5000 часов
Температура окружающей среды (эксплуатация)	от - 15 до 40 °С;
Относительная влажность (эксплуатация)	до 80%

Производитель оставляет за собой право изменять комплектацию и характеристики товара, с сохранением функциональных и качественных показателей товара.

Интв.№ подл.	Подп. и дата
Взам. инв.№	Интв.№ дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

16335932.431400.001 РЭ

Лист

4

4. Принцип действия устройства

Для сканирования сплошных сред используется антенная решетка с распределенными приемными и передающими высокочастотными (ВЧ) антеннами широкого диапазона, которая осуществляет зондирование среды с разных ракурсов. Для обнаружения и локализации неоднородностей используется метод математической фокусировки и технология радара с синтезированием апертуры, при котором все зарегистрированные решеткой ВЧ сигналы суммируются в фазе для каждой задаваемой точки фокусировки с коррекцией существующего запаздывания. Таким образом фокусировка осуществляется путем последовательного суммирования принятых сигналов с выравниванием временных задержек импульсов, рассеянных точкой с заданными координатами. В принятый сигнал вносятся задержки, соответствующие суммарному времени прохождения сигнала от передатчика до объекта и обратно от объекта до приемника. После чего амплитуды сигналов, соответствующие рассчитанным задержкам складываются. Полученный результат является точкой радиоизображения с соответствующими координатами. Проведя операцию фокусировки для каждой точки выбранного объема пространства, строится трехмерное радиоизображение. Операция фокусировки проводится в частотной области с применением быстрых алгоритмов обработки, что позволяет реализовывать трехмерные томограммы исследуемого пространства в режиме реального времени.

5. Краткое техническое описание устройства

Устройство представляет собой модульный комплекс, состоящий из блока формирования и приема ВЧ импульсов на основе ЛЧМ генератора и модуля антенной решетки. Кроме блока ЛЧМ генератора ВЧ импульсов и антенных модулей в состав аппаратуры также входит навигационный блок и управляющий компьютер.

Встроенный блок GPS/GLONASS навигации с системой UDR позволяет проводить точную ассоциацию данных с траекторией пройденного пути даже при сканировании в условиях плотной городской застройки.

Антенная решетка имеет модульный принцип построения, каждый модуль состоит из 4-х приемных и 4-х передающих антенн для диапазона 0.5-2 (0.5-3) ГГц. Антенные модули можно каскадно объединять в линейку, таким образом расширять ширину охвата при сканировании сплошных сред от 525мм до 2325мм.

На рис. 1 приведена блок-схема устройства, содержащая основные части системы. Назначение частей и электронных блоков системы представлено в таблице 1.

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

16335932.431400.001 РЭ

Лист

5



Рис. 1. Блок схема устройства

Таблица 1.

№	Название	Предназначение
1	ЛЧМ генератор	Обеспечивает сигнал с перестройкой 0,5-2 ГГц (0,5-3 ГГц) в режиме линейно-частотной модуляции. Частота перестройки до 10 кГц
2	Усилитель	Обеспечивает усиление ЛЧМ сигнала на выходе до 100 мВт
3	Смеситель	Обеспечивает выделение принятого сигнала на промежуточной частоте (ПЧ) для регистрации низкочастотными АЦП
4	Электронные переключатели	Обеспечивают коммутацию приемных и передающих элементов антенной решетки. Время переключения около 50 мкс
5	Антенная решетка	Один антенной модуль содержит 4/8 приемных и 4/8 передающих антенн с линейной поляризацией.
6	Квадратурный приемник	Обеспечивает прием С и S компонент сигнала, по которым рассчитывается амплитуда и фаза сигнала.
7	Блок коммутации каналов решетки	Обеспечивает переключение приемных и передающих антенн в режиме тактирования. В результате реализуется эквивалентная решетка той же апертуры, состоящая из N приемо-передающих антенн.
8	Микроконтроллер	Выдает синхроимпульсы для генерации ЛЧМ, переключения каналов по заданной программе, оцифровку принятого сигнала, первичную обработку ЛЧМ сигнала (БПФ).
9	Ноутбук	Обеспечивает постобработку сигналов, формирует трехмерную томограмму исследуемого пространства.
10	Блок навигации	Обеспечивает позиционирование данных по траектории пройденного пути.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата

16335932.431400.001 РЭ

Лист

6

Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата

10. Хранение

Прибор должен храниться в герметичной таре, обеспечивающей защищенность от агрессивных внешних воздействий различных факторов (атмосферные явления, кинетические воздействия). Условия хранения 1 по ГОСТ 15150-69.

Расположение приборов в хранилищах должно обеспечивать их свободное перемещение и доступ к ним.

Расстояние между стенами, потолком, полом хранилища и приборами должно быть не менее 100 мм.

Расстояние между отопительными устройствами и приборами должно быть не менее 0,5м.

В помещении для хранения не должно быть токопроводящей пыли, примесей агрессивных газов и паров, вызывающих коррозию материалов прибора.

До введения в эксплуатацию приборы должны храниться в упаковке предприятия-изготовителя в условиях хранения 5 по ГОСТ 15150-69.

11. Транспортировка

Приборы могут транспортироваться всеми видами закрытого транспорта в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52931-2008, ГОСТ 15150-69, а также правилами и нормами, действующими для каждого вида транспорта.

Условия транспортировки по характеру воздействия климатических факторов внешней среды должны соответствовать условиям 5 по ГОСТ 15150-69.

Перевозимые приборы должны быть закреплены в транспортных средствах, а при использовании открытых транспортных средств - защищены от атмосферных осадков и брызг воды.

Транспортировка упакованных приборов может производиться на любые расстояния любым видом транспорта без ограничения скорости.

Размещение и крепление в транспортных средствах перевозимых приборов должны обеспечивать их устойчивое положение, исключать возможность ударов о другие предметы, а также о стенки транспортных средств.

При перевозке воздушным транспортом приборы следует располагать в герметизированных и отапливаемых отсеках.

После транспортировки при температурах, отличных от условий эксплуатации, перед эксплуатацией прибора необходима выдержка оборудования в нормальных климатических условиях не менее двух часов.

Внутренние элементы радиоаппаратуры не включают в себя вещества запрещенные или ограничивающие перемещение оборудования воздушным транспортом.

Питание прибора осуществляется от внешних источников, комплектация не

12. Поверка георадиотомографа

Периодичность поверки устанавливается предприятием, использующим прибор, с учетом условий и интенсивности его эксплуатации, но не реже одного раза в два года. При подготовке и проведении поверки следует соблюдать требования безопасности.

Для проведения поверки должны соблюдаться условия окружающей среды:

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

16335932.431400.001 РЭ

Лист

8

- | | |
|--|--------|
| 1. Температура окружающего воздуха, °С | +25±5 |
| 2. Относительная влажность воздуха, % | 70±10 |
| 3. Атмосферное давление, мм. рт. ст. | 760±50 |

Измерительные инструменты и приборы участвующие в определении геометрических размеров должны быть аттестованы в качестве средств измерений.

Поверка осуществляется с проведением двух этапов измерения комплексом георадиотомографии.

Первым этапом рассчитывается относительная погрешность определения расстояния между двумя параллельно расположенными объектами в фокусе антенны (оси X). Вторым этапом рассчитывается погрешность определения расстояния вдоль оси Z перпендикулярно области измерения аппаратурой.

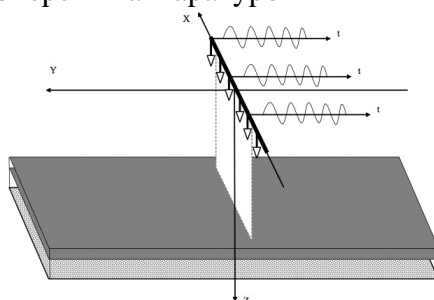


Рис. 2. Направление осей XYZ относительно антенного блока и исследуемой среды.

При проведении первого этапа поверки должны выполняться следующие операции:

1. На диэлектрическом основании (деревянный или пластиковый стол, верстак, пр.) устанавливаются вертикально два алюминиевых цилиндра (трубы) диаметром 3-6 см на расстоянии друг от друга 10-15 см по оси X.
2. Параллельно двум цилиндрам на расстоянии 1 м от отрезка, соединяющего их центры, устанавливается антенный блок георадиотомографа.
3. Далее необходимо произвести цикл измерения и построить с помощью программного обеспечения радиотомограмму исследуемого пространства с цилиндрами.
4. В программном обеспечении с помощью функции «линейка» на томограмме необходимо измерить расстояние между центрами образов цилиндров.
5. Для расчета относительной погрешности определения расстояния между двумя параллельно расположенными объектами в фокусе антенны, следует применять следующую формулу:

$$\delta f1 = 100 |Dm - Drl| / Dr , \text{ где:}$$

Dm - измеренное значение расстояния по томограмме, мм;

Dr - действительное значение расстояния, измеренное аттестованным измерительным инструментом, мм.

Приборы считаются прошедшими поверку с положительным результатом, если:

$$\delta f1 \leq \delta_{\text{доп1}} , \text{ где:}$$

$\delta_{\text{доп1}}$ - предел допускаемой погрешности определения расстояния между двумя параллельно расположенными объектами в фокусе антенны.

При проведении второго этапа поверки должны выполняться следующие операции:

1. На диэлектрическом основании (деревянный или пластиковый стол, верстак, пр.) устанавливается вертикально алюминиевый цилиндр (труба) диаметром 3-6 см.
2. Рядом с цилиндром устанавливается антенный блок георадиотомографа.

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Изн.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

16335932.431400.001 РЭ

Лист

9

3. Далее необходимо произвести цикл измерения и построить с помощью программного обеспечения радиотомограмму исследуемого пространства с цилиндром.
4. В программном обеспечении с помощью функции “линейка” на томограмме необходимо измерить расстояние от условной границы антенного блока и центра образа цилиндра.
5. Для расчета относительной погрешности определения расстояния до цилиндра в фокусе антенны, следует применять следующую формулу:

$$\delta f_2 = 100 |D_m - D_r| / D_r, \text{ где:}$$

D_m - измеренное значение расстояния по томограмме, мм;

D_r - действительное значение расстояния, измеренное аттестованным измерительным инструментом, мм.

Приборы считаются прошедшими поверку с положительным результатом, если:

$$\delta f_2 \leq \delta_{\text{доп2}}, \text{ где:}$$

$\delta_{\text{доп2}}$ - предел допускаемой погрешности определения расстояния от антенны до локализованного объекта.

Прибор считается прошедшим поверку с положительным результатом, если предельно допускаемая относительная погрешность прибора не превышает допустимых предельных значений.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист
										10
					16335932.431400.001 РЭ					
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

11. Паспорт

Георадиотомограф соответствует техническим условиям и признан годным для эксплуатации. Прибор не содержит драгоценных металлов. Комплект аппаратуры не является опасным грузом.

Дата выпуска < ___ > _____ 20__ г.

Модель	ГРТ-
Серийный номер	

Дата продажи < ___ > _____ 20__ г.

Поставщик _____

М.П.

Гарантия на аппаратуру 12 месяцев, с момента ввода в эксплуатацию, но не позже 18 месяцев с момента продажи.

Расшифровка маркировки:

ГРТ-XX

Рабочий диапазон - 2 (0.5-2 ГГц) или 3 (0.5-3 ГГц) _____

Количество антенных модулей - 1-4 _____

^ ^

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подл. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

16335932.431400.001 РЭ

Лист

11

12. Гарантийная политика

Что покрывается гарантией:

Дефект Товара, возникший по вине производителя, вызванный использованием некачественных материалов при производстве или нарушением технологии производства и проявившийся в течение гарантийного срока в процессе эксплуатации Товара. В период действия гарантийного срока владелец вправе потребовать устранения недостатков в товаре на безвозмездной основе.

Что не покрывается гарантией (не является неисправностью):

- естественный износ;
- нарушения правил эксплуатации;
- повреждения, возникшие в результате механического, химического или иного воздействия;
- несоответствие ожиданиям владельца, при условии отсутствия неисправности;
- любые иные косвенные расходы, возникшие в результате или по причине наличия брака в Товаре.

Обязанности владельца:

При возникновении неисправности/обнаружении дефекта в товаре, необходимо обратиться в сервисный центр, проводивший продажу данного Товара. Расходы по доставке Товара для осуществления гарантийного ремонта в сервисный центр и обратно владельцу осуществляется за счет владельца. Срок нахождения Товара на обслуживании по гарантии не включает время затраченное на пересылку в сервисный центр и обратно владельцу.

На момент обращения должны быть предоставлены документы, подтверждающие дату приобретения Товара.

Точная информация о гарантийном периоде и условиях гарантии на конкретный Товар указывается в договоре на поставку и имеет преимущественную силу.

Интв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подп. и дата	16335932.431400.001 РЭ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12